

(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
12. Februar 2015 (12.02.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/018619 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G01K 3/04 (2006.01) *G01K 11/06* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2014/065356
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
17. Juli 2014 (17.07.2014)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2013 108 557.1
8. August 2013 (08.08.2013) DE
- (71) **Anmelder:** FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).
- (72) **Erfinder:** MAIER, Mathias; Beuthener Str. 40, 70374 Stuttgart (DE). MARCHUK, Oleksandr; Melanchthonstr. 20, 70374 Stuttgart (DE). TONNER, Friedemann; Ludwigstr. 34b, 70176 Stuttgart (DE).
- (74) **Anwalt:** MAMMEL UND MASER; Tilsiter Str. 3, 71065 Sindelfingen (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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE FOR IRREVERSIBLY DETECTING AN EXCEEDANCE OF A PREDETERMINED TEMPERATURE AND METHOD FOR PRODUCING THE DEVICE

(54) **Bezeichnung :** EINRICHTUNG ZUR IRREVERSIBLEN ERFASSUNG EINER ÜBERSCHREITUNG EINER VORBESTIMMTEN TEMPERATUR SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DER EINRICHTUNG

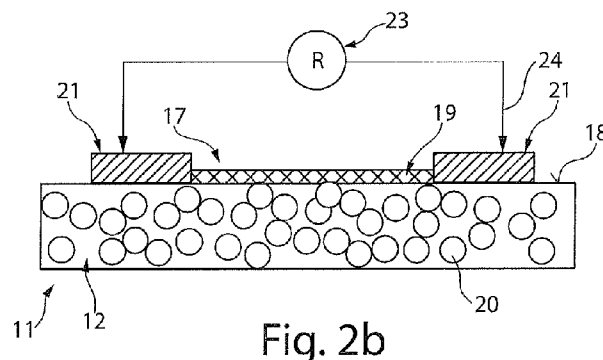


Fig. 2b

(57) **Abstract:** The invention relates to a device for irreversibly detecting an exceedance of a predetermined temperature, and to a method for producing the device, comprising a substrate layer (12), to which a meltable material layer (17) is applied, which upon exceeding a melting point of the material layer (17), transitions from a solid state of aggregation to a liquid state of aggregation. The device further comprises particles (19) introduced into the material layer (17), wherein the substrate layer (14) is made of a porous material, which after exceeding the melting point, accommodates the material layer (17), at least partially, and the particles (19) contained in the material layer (17) are filtered out on the surface (18) of the substrate layer (12), at least partially.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/018619 A1



Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur sowie ein Verfahren zur Herstellung der Einrichtung, 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) zumindest teilweise abgefiltert werden.

Beschreibung

- [0001] **Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur sowie Verfahren zur Herstellung der Einrichtung**
- [0002] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer Temperatur sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Einrichtung.
- [0003] 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. Aufgrund 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.
- [0004] 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.

- [0005] 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.
- [0006] 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.
- [0007] 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.
- [0008] Diese Einrichtungen weisen den Nachteil auf, dass eine oft nicht hinreichende sichtbare Veränderung zur Erkennung einer Temperaturüberschreitung kenntlich gemacht wird.
- [0009] 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. Des Weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren zur Herstellung einer solchen Vorrichtung vorzuschlagen.

- [0010] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch eine Einrichtung gelöst, bei der die Substratschicht aus einem porösen Material besteht, welche die darauf aufgebraute 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 zumindest teilweise abfiltert. Die Partikel verbleiben zumindest teilweise, insbesondere im Wesentlichen oder vollständig, 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 Perkulationszustandes 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.
- [0011] 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.

- [0012] 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.
- [0013] 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 Eicosan-/Icosansäure oder beispielsweise Polyethylenglycol, Polyethylen, Polyamid, Polypropylen, Polybuten, Polylaktid eingesetzt werden, welche einen eng definierten Schmelzpunkt aufweisen.
- [0014] 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.
- [0015] 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.

[0016] 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, da 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.

[0017] 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.

- [0018] 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.
- [0019] 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.
- [0020] Die Einrichtung zur Erfassung einer irreversiblen Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur, wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren hergestellt, bei dem eine Substratschicht bestehend aus einem porösen Material bereitgestellt wird, bei dem die Materialschicht aus Polymeren oder Wachs als Materialmatrix und darin eingebrachten Partikeln hergestellt und diese Materialmatrix auf die Substratschicht aufgebracht

sowie anschließend ausgehärtet wird. Dies ermöglicht eine einfache Herstellung, bei der die Materialschicht separat auf das gewünschte Verhältnis bezüglich der Partikel in der Materialmatrix aus Polymeren oder im viskosen Wachs einstellbar ist, so dass diese anschließend auf die Substratschicht aufgebracht wird.

- [0021] Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, dass die Materialschicht als Dispersionsmatrix aus einer Polymerdispersion oder einem viskosen Wachs und einer Partikeldispersion hergestellt sowie diese Dispersionsmatrix auf die Substratschicht aufgebracht und als feste Materialschicht ausgehärtet wird. Eine solche Dispersionsmatrix ermöglicht eine einfache und schnelle Herstellung sowie spezifische Abstimmung der Partikel in der Polymerdispersion oder der im viskosen Wachs erforderlichen prozentualen Gewichtsanteile.
- [0022] Bevorzugt erfolgt das Aufbringen der Dispersionsmatrix zur Bildung der Materialschicht durch Sprühen, Drucken, Rakeln, Dipcoaten, Curtain- oder Spincoating oder dergleichen. Dadurch lässt sich in kostengünstiger Weise eine Herstellung solcher Einrichtungen ermöglichen.
- [0023] Vor dem Aufbringen der Dispersionsmatrix der Materialschicht auf die Substratschicht wird bevorzugt zumindest ein elektrischer Kontakt aufgebracht. Dieser elektrische Kontakt kann durch Auftragen, Aufsprühen, Aufkleben, Aufdampfen, Aufspütern oder dergleichen aufgebracht werden.
- [0024] Des Weiteren wird die Dispersionsmatrix zur Bildung der Matrix mit einer Viskosität eingestellt, so dass ein penetrationsfreies Aufbringen auf die Substratschicht ermöglicht wird. Dabei wird die Dispersionsmatrix vorzugsweise gelförmig eingestellt, so dass jedenfalls ein Eindringen der Materialschicht in die Substratschicht bereits beim Aufbringen der Materialschicht unterbleibt. Bevorzugt kann dabei die wässrige Dispersion mit einem Verdickungsmittel gelförmig oder zähfließend gestaltet werden.
- [0025] Des Weiteren ist bevorzugt vorgesehen, dass die Dispersionsmatrix der Materialschicht mit einer Schichtdicke von weniger als 500 μm , vorzugsweise weniger als 100 μm , aufgebracht wird. Dadurch kann insbesondere auch ein schnelles Abfiltern der Partikel auf der

Substratoberfläche erfolgen.

- [0026] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen derselben werden im Folgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Beispiele näher beschrieben und erläutert. Die der Beschreibung und den Zeichnungen zu entnehmenden Merkmale können einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination erfindungsgemäß angewandt werden. Es zeigen:
- [0027] Figur 1a eine schematische Ansicht von oben auf die erfindungsgemäße Einrichtung im Ausgangszustand,
- [0028] Figur 1b eine schematische Ansicht von oben auf die erfindungsgemäße Einrichtung gemäß Figur 1a nach dem Einwirken einer unzulässigen Temperatur,
- [0029] Figur 2a eine schematische Schnittansicht entlang der Linie II-II in Figur 1a,
- [0030] Figur 2b eine schematische Schnittansicht entlang der Linie III-III in Figur 1b,
- [0031] Figur 3a eine schematische Ansicht von oben auf eine Materialschicht der Einrichtung einer konkreten Ausführungsform im Ausgangszustand,
- [0032] Figur 3b eine schematische Ansicht von oben auf eine Materialschicht der Einrichtung einer konkreten Ausführungsform gemäß Figur 1b,
- [0033] Figur 4a eine schematische Ansicht von oben auf eine alternative Einrichtung zu Figur 1a im Ausgangszustand und
- [0034] Figur 4b eine schematische Ansicht von oben auf die Einrichtung gemäß Figur 4a nach dem Einwirken einer unzulässigen Überschreitung einer Temperatur.
- [0035] Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht von oben auf eine erfindungsgemäße Einrichtung 11 zur Erfassung einer unzulässigen Überschreitung einer auf einen nicht näher dargestellten Gegenstand einwirkenden Temperatur. Die Figur 2a zeigt eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie II-II in Figur 1a.
- [0036] 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. Diese weist beispielsweise eine begrenzte flächige Erstreckung auf, die gegenüber der flächigen Erstreckung der Substratschicht 12 geringer ist. Diese kann auch gleich groß sein.

- [0037] Die Materialschicht 17 umfasst Partikel 19, welche zufällig verteilt in der Materialschicht 17 vorgesehen sind. Bei dieser Ausführungsform gemäß den Figuren 1a und 2a sind beispielsweise elektrische Kontakte 21 auf die Substratschicht 12 aufgebracht. Sofern diese elektrischen Kontakte 21 aufgebracht sind, erstreckt sich die Materialschicht 12 zumindest bis an die elektrischen Kontakte 21 heran oder überdeckt diese vorteilhafterweise teilweise, so dass die elektrischen Kontakte 21 mit der Materialschicht 17 in Verbindung stehen.
- [0038] 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.

- [0039] 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.
- [0040] 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.
- [0041] In Figur 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 Figur 2b zeigt eine schematische Schnittansicht entlang der Linie III-III in Figur 1b.
- [0042] Bei einer solchen Temperaturüberschreitung erfolgt eine Aggregatsänderung 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.

[0043] In den Figuren 3a und 3b sind lichtmikroskopische Aufnahmen einer Oberfläche einer Materialschicht 17 gemäß den Figuren 1a und 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 Figur 3a in einen Endzustand gemäß Figur 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.

[0044] In den Figuren 4a und 4b ist eine alternative Ausführungsform zu den Figuren 1a und 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 Figuren 1a und 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.

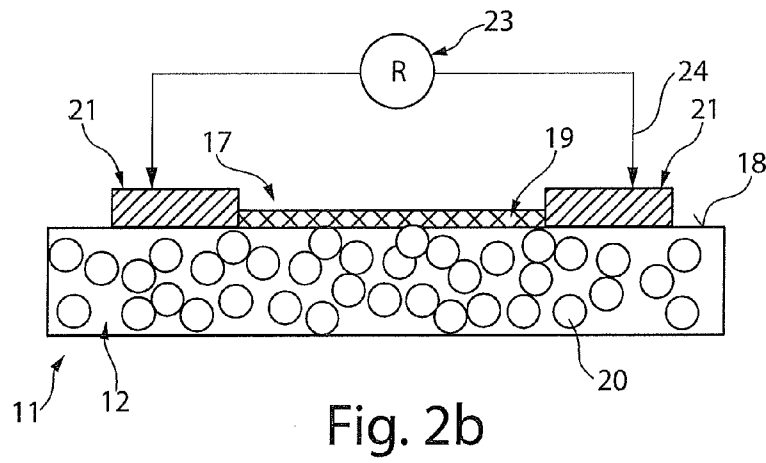
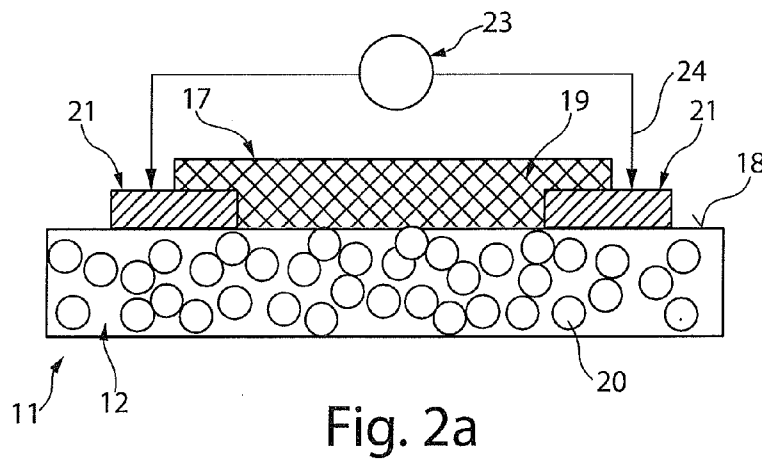
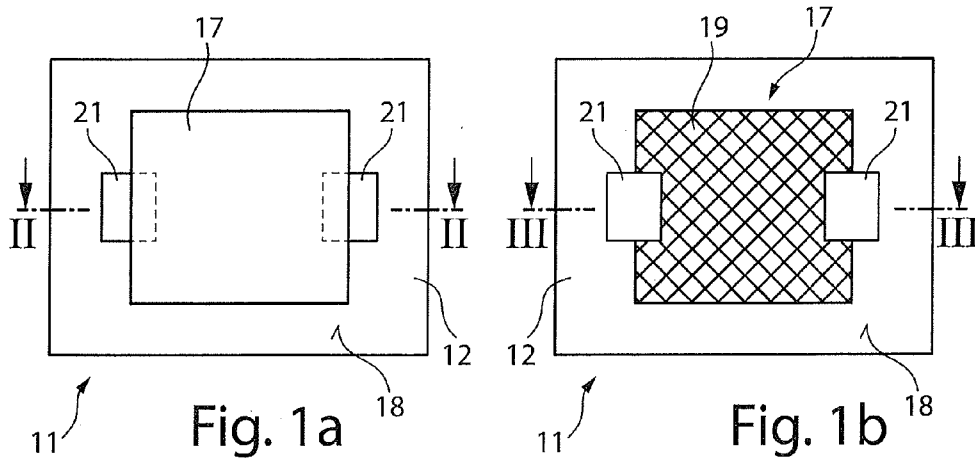
Ansprüche

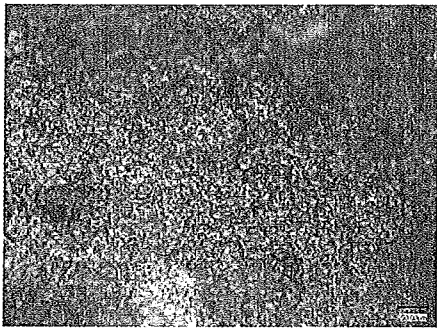
1. Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur, mit einer Substratschicht (12), auf welcher eine schmelzfähige Materialschicht (17) aufgebracht ist, welche beim Überschreiten eines Schmelzpunktes der Materialschicht (17) vom festen Aggregatzustand in den flüssigen Aggregatzustand übergeht und mit in der Materialschicht (17) eingebrachten Partikeln (19), dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Substratschicht (14) 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) zumindest teilweise abgefiltert werden.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratschicht (12) offenporig ausgebildet ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die poröse Substratschicht (12) aus einem natürlichen Filtermaterial, insbesondere Filterpapier, oder einem künstlichen Filtermaterial, insbesondere einem Kunststofffilter oder einem keramischen Filtermaterial, insbesondere einem porösen Aluminiumtrioxid, hergestellt ist.
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,.
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 einer Perkolationschwelle oder geringfügig oberhalb der Perkolationschwelle vorgesehen ist.
8. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel (19) nach dem Abfiltern 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 leitende Rußpartikel, Silber-Nanodrähten oder Glitter ausgebildet sind.
11. Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung (11) zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass eine Substratschicht (12) bestehend aus einem porösen Material bereitgestellt wird,
 - dass die Materialschicht (17) aus Polymeren oder Wachs als Matrixmaterial und darin eingebrachten Partikeln (19) hergestellt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Materialschicht (17) als Dispersionsmatrix aus einer Polymerdispersion oder einem viskosen Wachs und einer Partikeldispersion hergestellt wird und

- dass die Dispersionsmatrix auf die Substratschicht (12) aufgebracht wird und darauf als feste Materialschicht (17) aushärtet.

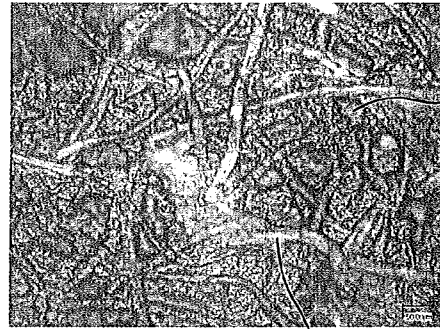
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Dispersionsmatrix der Materialschicht (17) durch Sprühen, Drucken, Rakeln, Dipcoaten, Curtain coating oder Spin coating aufgebracht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der Materialschicht (17) zumindest ein elektrischer Kontakt (21) auf der Substratschicht (12) aufgebracht, insbesondere aufgetragen, aufgesprüht, aufgedampft, aufgesputtert oder aufgedruckt, wird.
15. Verfahren nach Anspruch 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Dispersionsmatrix der Materialschicht (17) mit einer Viskosität zum penetrierfreien Aufbringen auf die Substratschicht (12) eingestellt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Dispersionsmatrix der Materialschicht (17) mit einer Schichtdicke von weniger als 500 μm , vorzugsweise weniger als 100 μm , aufgebracht wird.





17

Fig. 3a



19

17

Fig. 3b

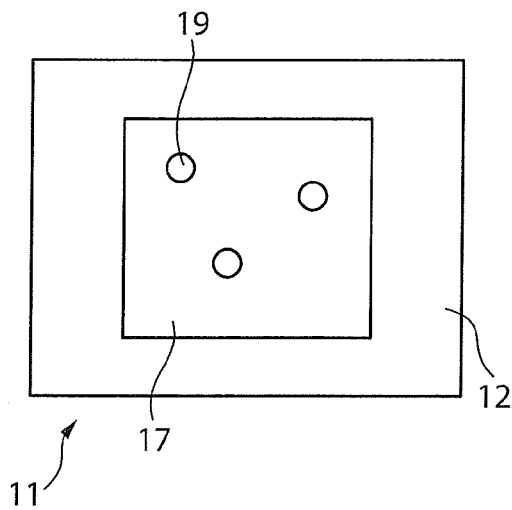


Fig. 4a

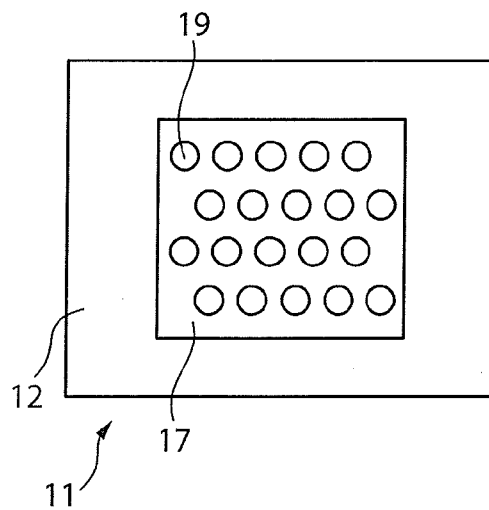


Fig. 4b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/065356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01K3/04 G01K11/06
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)
G01K G01N G04F

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.
Y	US 3 695 903 A (TELKES MARIA ET AL) 3 October 1972 (1972-10-03) column 3, line 57 - column 4, line 75; figure 1	1-16
Y	GB 2 026 737 A (MICRO CIRCUITS CO INC) 6 February 1980 (1980-02-06) abstract; figures 1-4 page 1, line 110 - page 2, line 124	1-16
A	US 4 298 115 A (BRADLEY ROBERT F ET AL) 3 November 1981 (1981-11-03) abstract; figures 1-3 column 2, line 29 - column 3, line 22 column 4, line 66 - column 5, line 17	1,11
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 17 October 2014	Date of mailing of the international search report 24/10/2014
--	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/065356

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2005 041495 A1 (UNIV EBERHARD KARLS [DE]) 8 March 2007 (2007-03-08) cited in the application paragraph [0015]; figures 2,3 -----	1,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/065356

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3695903	A	03-10-1972	NONE

GB 2026737	A	06-02-1980	DE 2927961 A1 14-02-1980
			GB 2026737 A 06-02-1980
			US 4206838 A 10-06-1980

US 4298115	A	03-11-1981	NONE

DE 102005041495 A1		08-03-2007	DE 102005041495 A1 08-03-2007
			EP 1929261 A1 11-06-2008
			WO 2007025589 A1 08-03-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/065356

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01K3/04 G01K11/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01K G01N G04F		
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.
Y	US 3 695 903 A (TELKES MARIA ET AL) 3. Oktober 1972 (1972-10-03) Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 75; Abbildung 1 -----	1-16
Y	GB 2 026 737 A (MICRO CIRCUITS CO INC) 6. Februar 1980 (1980-02-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Seite 1, Zeile 110 - Seite 2, Zeile 124 -----	1-16
A	US 4 298 115 A (BRADLEY ROBERT F ET AL) 3. November 1981 (1981-11-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 29 - Spalte 3, Zeile 22 Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 5, Zeile 17 ----- -/--	1,11
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 17. Oktober 2014		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 24/10/2014
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter de Bakker, Michiel

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2005 041495 A1 (UNIV EBERHARD KARLS [DE]) 8. März 2007 (2007-03-08) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0015]; Abbildungen 2,3 -----	1,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/065356

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3695903	A	03-10-1972 KEINE	
GB 2026737	A	DE 2927961 A1 GB 2026737 A US 4206838 A	14-02-1980 06-02-1980 10-06-1980
US 4298115	A	03-11-1981 KEINE	
DE 102005041495 A1	A1	DE 102005041495 A1 EP 1929261 A1 WO 2007025589 A1	08-03-2007 11-06-2008 08-03-2007