



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2022 209 552.9

(51) Int Cl.: **B23K 1/00 (2006.01)**

(22) Anmelddatag: 13.09.2022

G01L 1/22 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 14.03.2024

B23K 31/00 (2006.01)

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27.03.2025

G01B 7/16 (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:
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2013 002 144	A1
EP	2 796 830	B1
EP	3 839 460	A1
WO	2016/ 199 286	A1

(72) Erfinder:
**Lang, Philipp, 23568 Lübeck, DE; Biegger, Erwin,
88239 Wangen, DE; Tenckhoff, Georg, 88361
Altshausen, DE**

(54) Bezeichnung: **Verbindung eines auf einer Montageplatte angeordneten Sensoranordnung mit einem Messobjekt**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Verbindung einer auf einer Montageplatte (17) angeordneten Sensoranordnung (5) mit einem Messobjekt (2), das Verfahren umfassend die Schritte

(100) Bereitstellen

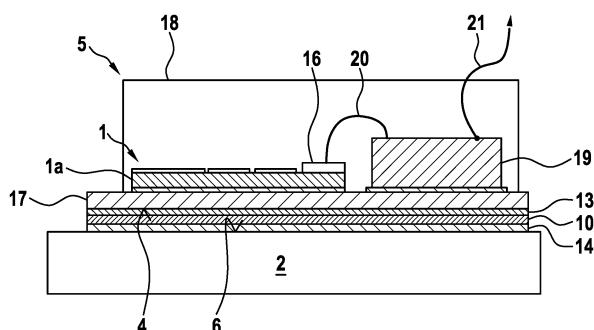
- eines Messobjekts (2),

- einer Sensoranordnung (5), umfassend einen Dehnungsmessstreifen (1), der zumindest dazu eingerichtet ist, dehnende und stauchende Verformungen eines Messobjekts (2) zu erfassen, sowie ein damit verbundenes Elektronikmodul (19), wobei der Dehnungsmessstreifen (1) und das Elektronikmodul (19) jeweils auf der Montageplatte (17) angeklebt sowie in einem Gehäuse (18) eingekapselt sind,

- einer Verbindungsfolie (10), die metallische Materialien (11, 12) enthält, die bei ihrer Aktivierung exotherm reagieren,

(200) Platzieren der Verbindungsfolie (10) zwischen der Montageplatte (17) und dem Messobjekt (2), und

(300) Aktivieren der metallischen Materialien (11, 12) der Verbindungsfolie (10), sodass sich die Verbindungsfolie (10) derart erhitzt, dass zwischen der Montageplatte (17) und dem Messobjekt (2) eine stoffschlüssige Verbindung erzeugt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verbindung eines Dehnungsmessstreifens mit einem Messobjekt. Beansprucht werden in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verfahren zur Befestigung des Dehnungsmessstreifens an dem Messobjekt sowie eine Anordnung des Dehnungsmessstreifens an dem Messobjekt.

[0002] Für verschiedene Anwendungsfälle ist es notwendig, einen Dehnungsmessstreifen an einem größeren mechanischen Bauteil, dem Messobjekt, zu befestigen. Dies ist wichtig für die Platzierung des Sensorsystems und für eine Verschaltung der physikalischen Signale, die gemessen werden sollen. Dehnungsmessstreifen sind Messeinrichtungen zur Erfassung von dehnenden und stauchenden Verformungen. Sie ändern bereits bei geringen Verformungen ihren elektrischen Widerstand und werden als Sensoren zur Dehnungsmessung eingesetzt.

[0003] Sensoren zur Kraft- oder Verformungsmessung sind stark von der Verbindungs- bzw. Klebeschicht zwischen dem Dehnungsmessstreifen und dem Messobjekt abhängig. Das Messobjekt kann aus verschiedenen Materialien wie Metall, Silizium oder einem organischen Material bestehen. Die Verbindungsschicht muss eine starke Haftung bieten und formstabil sein, um eine gute Kraft- und Deformationsübertragung ohne eine (zusätzliche und unvorhersehbare) Dämpfung oder Zeitverzögerungen zu gewährleisten. Die Sensorleistung über die Lebensdauer hängt von der Langzeitstabilität der Verbindungsschicht ab, insbesondere von der Temperatur-/Feuchtigkeits-/Chemikalienstabilität, um Signaldrift, Signalamplitudenschrumpfung und Zeitverzögerungen zu vermeiden.

[0004] Für die Kontaktierung der Dehnungsmessstreifen auf einem größeren Messobjekt ist Kleben bekannt. Die Verbindungsschicht ist also eine Klebeschicht. Dies ist für die industrielle Fertigung relativ einfach zu realisieren, erfordert aber meist einen manuellen Prozess, der zeitaufwendig und nicht kosteneffizient ist. Klebeverbindungen sind mit unterschiedlichen Temperaturgradienten, Feuchtigkeits-/Chemikalienabhängigkeit und Langzeitalterung verbunden. Dies kann die Signalqualität verringern oder den Sensor sogar zerstören. Andere Verbindungstechniken sind aufgrund der Prozessparameter mit hohen Temperaturen, mechanischen Drücken oder hohem Vakuum bzw. Schutzgas unpraktisch. Andere Methoden benötigen starke elektromagnetische Felder. Unpraktisch heißt in diesem Zusammenhang, es könnte den Dehnungsmessstreifen oder das Messobjekt zerstören.

[0005] Aus der DE 10 2013 002 144 A1 geht ein Fügeverfahren für thermisch empfindliche Strukturen

hervor, wobei zwei Bauteile unter Nutzung eines als reaktive Nanofolie ausgestalteten Fügehilfsmittels funktionell in Wirkverbindung gebracht werden, indem die Nanofolie zunächst zwischen zugeordnete Flächenabschnitte der miteinander zu fügenden Bauteile eingebracht wird und hier nachfolgend eine zumindes abschnittsweise Ausbildung einer Verbindungsstruktur bewirkt, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine Aktivierung der Nanofolie zunächst ein Aufschmelzen einer weitgehend festen Lot-Verbindungsschicht auf beiden einander zugeordneten Flächenabschnitten der miteinander zu fügenden Bauteile erfolgt und dass nachfolgend das jeweils lokal auf einen Flächenabschnitt begrenzte Schmelzgut mit dem ebenfalls lokal begrenzten Schmelzgut des gegenüberliegenden Flächenabschnittes und den Resten der Reaktanten des nanoreaktiven Foliensystems derart vermischt wird, dass nach Abkühlung und Verfestigung des gesamten Schmelzgutes eine funktionale Hartlotverbindung ausgestaltet wird, wobei die für das Aufschmelzen notwendige thermische Belastung lediglich innerhalb der Konturabschnitte der zu fügenden Kontakte ausschließlich auf Lotverbindungsschichten des Lotschichtsystems eingebracht wird.

[0006] In der EP 2 796 830 B1 ist eine Dehnungsmessvorrichtung gezeigt. Die Dehnungsmessvorrichtung umfasst einen Halbleiter-Chip mit einer Vielzahl von piezoresistiven Elementen, die auf einer Stirnfläche eines Halbleiter-Substrats ausgebildet sind, eine Verbindungsleitungseinheit, die elektrisch mit einer Vielzahl von Elektroden des Halbleiter-Chips verbunden ist, und ein Plattenbauteil, das mit einer Rückfläche des Halbleiter-Chips verbunden ist.

[0007] In der EP 3 839 460 A1 ist ein Sensorsystem gezeigt, das eine Strukturverbindungsschicht und einen Sensor umfasst. Die Strukturverbindungsschicht ist auf einer Struktur angeordnet. Die Strukturverbindungsschicht ist eine metallische Legierung. Der Sensor umfasst einen nicht-metallischen Wafer und eine Sensorverbindungsschicht, die auf einer Oberfläche des nicht-metallischen Wafers angeordnet ist. Die Sensorverbindungsschicht ist eine metallische Legierung. Die Sensorverbindungsschicht ist mittels einer metallischen Verbindung mit der Strukturverbindungsschicht gekoppelt. Der Sensor ist dazu ausgelegt, Daten der Struktur durch die metallische Verbindung, die Strukturverbindungsschicht und die Sensorverbindungsschicht zu erfassen.

[0008] In der WO 2016/199286 A1 ist ein Dehnungserfassungssystem gezeigt, das ein Halbleiterelement zur Dehnungsdetektion, ein Substrat zur Dehnungsübertragung zum Halbleiterelement und ein Verbindungsmedium, um das Halbleiterelement mit dem Substrat zur Dehnungsübertragung zu verbinden, umfasst. Weiterhin umfasst das Dehnungserfas-

sungssystem eine Dehnungsmesseinheit, in der das Halbleiterelement, das Verbindungsma terial und das Substrat zur Dehnungsübertragung mittels eines ersten Dichtungsmaterials abgedichtet sind. Die Dehnungsmesseinheit und ein Schaltungsubstrat, das mit der Dehnungsmesseinheit verbunden ist, sind mittels eines zweiten Dichtungsmaterials abgedichtet.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine neuartige Verbindung zwischen einem Dehnungsmessstreifen und einem Messobjekt vorzuschlagen, welche den vorstehend beschriebenen Problemen Rechnung trägt sowie Dehnungsmessstreifen für Automobilanwendungen einsetzbar macht. Die Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand des unabhängigen Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche, der folgenden Beschreibung sowie der Figuren.

[0010] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Verbindung einer auf einer Montageplatte angeordneten Sensoranordnung mit einem Messobjekt umfasst die Schritte

(100) Bereitstellen

- eines Messobjekts,
- einer Sensoranordnung, umfassend einen Dehnungsmessstreifen, der zumindest dazu eingerichtet ist, dehnende und stauchende Verformungen eines Messobjekts zu erfassen, sowie ein damit verbundenes Elektronikmodul, wobei der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul jeweils auf der Montageplatte angeklebt sowie in einem Gehäuse eingekapselt sind,
- einer Verbindungsfolie, die metallische Materialien enthält, die bei ihrer Aktivierung exotherm reagieren,

(200) Platzieren der Verbindungsfolie zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt, und

(300) Aktivieren der metallischen Materialien der Verbindungsfolie, sodass sich die Verbindungsfolie derart erhitzt, dass zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt eine stoffschlüssige Verbindung erzeugt wird.

[0011] Die vorliegende Erfindung schlägt einen reaktiven Folienlötprozess vor, um eine insbesondere intermetallische Verbindung für Dehnungsmessstreifen auf einem größeren Messobjekt, auch Target genannt, zu erhalten. Der Fügeprozess basiert auf der Verwendung einer reaktiven Multischichtfolie als lokale Wärmequelle. Die Verbindungsfolie besteht aus einer neuen Klasse von nanotechnologischem Material, in dem sich selbst ausbreitende exotherme Reaktionen bei Raumtem-

peratur durch einen Zündprozess auslösen lassen. Durch das Einbringen einer solchen Folie zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt schmilzt die durch die Reaktion in der Folie erzeugte Wärme beispielsweise Lötschichten oder andere reaktive Schichten auf, sodass die Verbindungen bei Raumtemperatur in etwa einer Sekunde abgeschlossen sind. Die induzierte Wärme während der Reaktion ist aufgrund der schnellen Reaktionsgeschwindigkeit (beispielsweise 10 m/s) und der geringen Materialdicke (beispielsweise <100µm) sehr gering.

[0012] In diesem Sinne wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ein Verfahren zur Verbindung einer auf einer Montageplatte angeordneten Sensoranordnung mit einem Messobjekt bereitgestellt. In einem ersten Schritt (100) des Verfahrens wird ein Messobjekt bereitgestellt. Weiterhin wird eine Sensoranordnung bereitgestellt, umfassend einen Dehnungsmessstreifen, der zumindest dazu eingerichtet ist, dehnende und stauchende Verformungen eines Messobjekts zu erfassen. Die Erfassung weiterer Messgrößen mit dem Dehnungsmessstreifen ist ebenfalls denkbar. Die Sensoranordnung umfasst ferner ein mit dem Dehnungsmessstreifen verbundenes Elektronikmodul. Das Elektronikmodul umfasst insbesondere eine Vorverstärkerelektronik, das mit dem Dehnungsmessstreifen sowie einer Auswerteeinheit in geeigneter Weise verbunden ist. Der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul sind jeweils auf der Montageplatte angeklebt und in einem gemeinsamen Gehäuse eingekapselt. Ferner wird eine Verbindungsfolie bereitgestellt, die metallische Materialien enthält, die bei ihrer Aktivierung exotherm reagieren.

[0013] Durch die Kapselung werden der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul von der Montageplatte und dem Gehäuse räumlich umgeben. Unter „gekapselt“ oder „eingekapselt“ ist zu verstehen, dass der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul im Wesentlichen vollständig von beispielsweise einem Modulgehäuse umgeben sind, insbesondere abdichtend z.B. gegenüber dem Eintritt von Luft und/oder Feuchtigkeit umgeben ist. In einer bevorzugten Ausgestaltungsform sind der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul vollständig und nahtlos sowie insbesondere kontaktelementlos - also frei von Kontakt elementen - gekapselt. Lediglich eine Verkabelung kann aus dem Gehäuse zum Anschluss an die Auswerteeinheit herausgeführt sein. In diesem Sinn liegt ein vollständig umgebener Zustand auch dann vor, wenn aus dem Gehäuse eine Verkabelung herausgeführt ist. Beispielsweise sind der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul von einer Vergussmasse oder einer Spritzgussmasse vorzugsweise vollständig umgeben. In diesem Fall bildet die Vergussmasse das Modulgehäuse bzw. das Gehäuse der Sensoranordnung. Durch diese Ausgestaltung ist eine

mechanische und/oder eine ungewollte elektrische Beeinflussung des Dehnungsmessstreifens und des Elektronikmoduls, beispielsweise durch Feuchtigkeit oder Schmutz, verhindert.

[0014] Das Messobjekt kann insbesondere deutlich größer sein als die Sensoranordnung. Bei dem Messobjekt kann es sich beispielsweise um ein Target, insbesondere eine Achse, eine Welle für einen Motor, ein Getriebe eines Kraftfahrzeugs, ein Roboterarmsegment für einen Roboter oder ein Kühler, handeln. Die Montageplatte, auf der die Sensoranordnung angeordnet sind, das heißt auf dem der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul aufgeklebt sind, ermöglicht eine einfache und unempfindliche Handhabung der Sensoranordnung. Die Montageplatte kann Teil der Sensoranordnung sein. In diesem Fall bilden die Montageplatte, der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul ein zusammenhängendes Bauteil, nämlich die Sensoranordnung. Die Sensoranordnung kann separat gelagert, transportiert und verarbeitet werden und erst mit dem erfindungsgemäßen Verfahren stoffschlüssig mit dem Messobjekt verbunden werden. Die Montageplatte ist sodann zwischen dem Messobjekt sowie dem Dehnungsmessstreifen und dem Elektronikmodul angeordnet. Die Montageplatte ermöglicht zudem eine sichere Verbindung der Sensoranordnung mit dem Messobjekt, da eine ungewollte Beschädigung des Dehnungsmessstreifens oder des Elektronikmoduls während der Aktivierung der Verbindungsfolie, insbesondere während des Erhitzen der Materialien der Verbindungsfolie, ausgeschlossen werden kann.

[0015] In diesem Sinn werden der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul bevorzugt vor dem Verfahrensschritt (200) von der Montageplatte sowie einer Vergussmasse oder einer Spritzgussmasse vollständig umgeben. Dadurch wird das Gehäuse ausgebildet und die Sensoranordnung ist auch durch spätere Handhabung vor ungewollter Beeinflussung, insbesondere Beschädigung, geschützt. Zudem ist dies vorteilhaft, da die Sensoranordnung unter Reinraumbedingungen herstellbar ist. So können der Dehnungsmessstreifen und das Elektronikmodul auf der Montageplatte aufgeklebt und im Gehäuse eingekapselt werden, ohne dass Verunreinigungen in das Gehäuse gelangen können-

[0016] Der Dehnungsmessstreifen ist insbesondere dazu eingerichtet, eine Dehnung, eine Stauchung und/oder ein Drehmoment zu messen, die bzw. das von dem Messobjekt erzeugt wird bzw. davon ausgeht bzw. damit übertragen wird. Der Dehnungsmessstreifen umfasst vorzugsweise eine dem Messobjekt zugewandte Trägerschicht sowie ein Messgitter. Der Dehnungsmessstreifen, kurz DMS, ist vorzugsweise ein Folien-DMS, das heißt, das Messgitter aus Widerstandsdräht, der vorzugsweise

3 bis 5, vorzugsweise bis 8 µm dick ist, wird auf einen dünnen, ein Polymer umfassenden Kunststoffträger kaschiert und ausgeätzt sowie mit elektrischen Anschlüssen versehen, die eine elektronische Verbindung mit dem Elektronikmodul ermöglichen. Zusätzlich kann das Messgitter durch eine Abdeckschicht bedeckt sein, die mit der Trägerschicht verbunden, insbesondere verklebt ist, und die das Messgitter mechanisch schützt. Auch die Abdeckschicht kann auch verzichtet werden, da der Dehnungsmessstreifen im Gehäuse eingekapselt wird. Es können auch mehrere Messgitter auf der Trägerschicht angeordnet sein. Vorteilhafterweise ist die Trägerschicht und/oder die Abdeckschicht in Form einer Folie ausgebildet. Mithin ist die Trägerschicht bevorzugt eine Trägerfolie und/oder die Abdeckschicht eine Abdeckfolie. Die Trägerschicht ist bevorzugt aus Polyimid ausgebildet. Sofern eine Abdeckschicht vorgesehen ist, kann auch dieses aus Polyimid ausgebildet sein.

[0017] Als Verbindungsfolie kann beispielsweise eine sogenannte NanoFoil® der Indium Corporation zum Einsatz kommen. Die NanoFoil® ist eine reaktive Multischichtfolie, die durch Aufdampfen von Tausenden von abwechselnden nanoskaligen Schichten beispielsweise aus Aluminium und Nickel hergestellt wird. Denkbar sind auch andere binäre Schichtsysteme, wie Titan und Aluminium, Zirkonium und Sizium oder Paladium und Aluminium. Darüber hinaus sind auch ternäre Systeme zur Ausbildung der Multischichtfolie denkbar. Die Ausbildung der Verbindungsfolie, insbesondere die Auswahl der Materialien, ist im Wesentlichen abhängig von der gewünschten Reaktion beim Aktivieren der Verbindungsfolie, insbesondere der Reaktionstemperatur während der Aktivierung. Wenn die Folie durch einen kleinen Impuls lokaler Energie aus elektrischen, optischen oder thermischen Quellen aktiviert wird, reagiert sie exotherm, um in Bruchteilen einer Sekunde präzise lokale Hitze bis zu Temperaturen von 1500 °C zu erzeugen. Die Dicke der Verbindungsfolie kann an die Anforderungen angepasst werden. Insbesondere kann die Dicke der Verbindungsfolie in Abhängigkeit des Materials des Messobjekts und/oder der Montageplatte und/oder der Trägerschicht des Dehnungsmessstreifens angepasst werden. Je dünner die Verbindungsfolie, desto weniger Energie ist erforderlich, um das Aktivieren der Verbindungsfolie einzuleiten bzw. auszuführen. Die Gesamtenergie ist derart einzustellen, dass eine sichere Verbindung zwischen dem Dehnungsmessstreifen und dem Messobjekt erfolgt.

[0018] Die Verbindungsfolie wird in einem zweiten Verfahrensschritt (200) zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt platziert. Das Platzieren kann derart erfolgen, dass die Verbindungsfolie in einer Sandwich-Konfiguration entweder direkt aneinander zugewandten Oberflächen der Montageplatte und

des Messobjekts anliegt. Alternativ kann das Platzieren derart erfolgen, dass die Verbindungsfolie in einer Sandwich-Konfiguration zwischen zwei Lötsschichten angeordnet ist, wobei die Lötsschichten auf gegenüberliegenden Oberflächen der Montageplatte und des Messobjekts aufgetragen sind. Ferner alternativ kann das Platzieren derart erfolgen, dass die Verbindungsfolie in einer Sandwich-Konfiguration zwischen zwei Lötsschichten angeordnet ist, wobei die Lötsschichten auf entgegengesetzten Oberflächen der Verbindungsfolie aufgetragen sind. Diese Oberflächen der Verbindungsfolie sind insbesondere ebene Oberflächen, die im zweiten Verfahrensschritt (200) die Montageplatte bzw. das Messobjekt aufnehmend zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt angeordnet werden, um im nachfolgenden dritten Verfahrensschritt (300) verschweißt oder verlötet zu werden.

[0019] Die Verbindungsfolie bildet im aktivierte Zustand eine Fügefläche zwischen dem Messobjekt und der Montageplatte. Die Verbindungsfolie kann, wenn dies nicht bereits am die Fügefläche bildenden Fügeabschnitt erfolgt, ferner einen Aktivierungsabschnitt aufweisen, an dem die Aktivierung des metallischen Materials der Verbindungsfolie erfolgt. Am Aktivierungsabschnitt können Aktivierungsmittel angeordnet sein, um die Verbindungsfolie aktivieren zu können. Der Fügeabschnitt und ggf. der Aktivierungsabschnitt sind zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt ausgebildet. Die aktivierte Verbindungsfolie verbindet das Messobjekt mit der Montageplatte zumindest in der Fügefläche, vorzugsweise in der Fügefläche sowie ggf. im Aktivierungsabschnitt stoffschlüssig. Sofern ein Aktivierungsabschnitt vorgesehen ist, liegt dieser damit außerhalb der Fügefläche zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt.

[0020] Mit der Verbindungsfolie, insbesondere mit dem Aktivierungsabschnitt, sofern ein solcher vorgesehen ist, ist wenigstens ein, vorzugsweise mehrere Aktivierungsmittel elektrisch verbunden. Das Aktivierungsmittel kann einen oder mehrere Drähte aufweisen, vorzugsweise zwei Drähte, einer mit positivem Pol, also einem Pluspol, und einer mit negativem Pol, also einem Minuspol, wobei zwischen den Polen eine Potentialdifferenz vorliegt. Die Drähte können separat ausgebildet sein und hantiert werden. Alternativ können die beiden Drähte an ihren Enden zu einer Art Stecker zusammengefasst sein, um einen definierten Abstand der Drähte beizubehalten bzw. nicht zu unterschreiten. Das Aktivierungsmittel kann ferner eine Spannungsquelle, insbesondere eine Batterie, oder eine Wärmenadel sein oder umfassen. Alternativ kann das Aktivierungsmittel dazu ausgebildet sein, zur Aktivierung der Verbindungsfolie mit der Spannungsquelle verbunden zu werden. Das Aktivierungsmittel und/oder

die Spannungsquellen kann bzw. können mit dem Elektronikmodul verbunden sein.

[0021] In einem dritten Verfahrensschritt (300) erfolgt ein Aktivieren der metallischen Materialien der Verbindungsfolie über das jeweilige Aktivierungsmittel, sodass sich die Verbindungsfolie derart erhitzt, dass die Montageplatte mit dem Messobjekt stoffschlüssig verbunden wird. Zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt liegt nach dem Aktivieren der Verbindungsfolie eine stoffschlüssige Verbindung vor. Das Aktivieren kann beispielsweise durch eine Zündung erfolgen. Das Verfahren benötigt keine besondere Hitze, kein Vakuum und keine Gasatmosphäre. Die Zündung der Verbindungsfolie kann beispielsweise mit einer handelsüblichen 9V-Batterie erfolgen, wobei die Batterie über das jeweilige Aktivierungsmittel zumindest mittelbar mit der Verbindungsfolie verbunden ist. In dem Verfahrensschritt (300) kann das Material des Messobjekts und/oder der Montageplatte aufgeschmolzen oder angeschmolzen werden, sodass die Montageplatte direkt mit dem Messobjekt verschweißt wird. Alternativ kann die Montageplatte durch Aufschmelzen von Lötsschichten am Messobjekt und/oder an der Montageplatte und/oder an der Verbindungsfolie indirekt mit dem Messobjekt verlötet werden.

[0022] Während des Bonding-Verfahrens müssen keine hohen Drücke und keine hohen Temperaturen auf die Sensoranordnung und/oder die Montageplatte und/oder das Messobjekt ausgeübt werden. Auch auf hohe elektromagnetische Felder kann verzichtet werden. Die durch das Aktivieren der metallischen Materialien der Verbindungsfolie entstehende durchgängige, metallische Verbindungsschicht oder Bondfläche zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt weist aufgrund der verbesserten Kontaktierung insbesondere eine hohe Formstabilität sowie eine hohe Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit auf. Weiterhin vereinfacht sich der Herstellungsprozess bzw. der Bondprozess, was eine besonders kostengünstige Produktion ermöglicht.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch geringere Temperaturen und Spannungen während des Verbindens aus. Diese geringeren Spannungen induzieren weniger Vorspannungen im Dehnungsmessstreifen und der Montageplatte und erhöhen die Leistung und die Stabilität des Dehnungsmessstreifens. Darüber hinaus ermöglichen die niedrigen Temperaturen und der niedrige Druck einen breiten Einsatz von Materialien, wie beispielsweise Polymere. Der durch das erfindungsgemäße Verfahren erzeugte Verbund zwischen Montageplatte und Messobjekt altert nicht mit der Zeit und Temperaturen. Dampf, Druck oder ähnliches bewirken keine Veränderung von Parametern der Verbindung. Das Verbundmaterial (Metall) ist insbesondere beständig gegen Feuchtigkeit, Chemikalien, hohe/n-

iedrige Temperaturen und schnelle Temperaturwechsel. Der Verbund verändert deshalb seine Parameter nicht, insbesondere durch Temperatur, Feuchtigkeit, Druck oder Ähnliches. Das Verbundmaterial (insbesondere Metall) bietet weiterhin eine elastische Verformung für Wiederholbarkeit.

[0024] Vorteilhafterweise kann die elektrische Verbindung zwischen dem Aktivierungsmittel und der Verbindungsfolie mit der gleichen Vorrichtung erfolgen, mit der die Montageplatte auf dem Messobjekt platziert und der Druck zur stoffschlüssigen Verbindung ausgeübt wird.

[0025] Die Verbindungsfolie wird durch Laserschneiden derart bearbeitet, dass die Verbindungsfolie eine Form und Maße annimmt, die eine vorgesehene Fügefläche zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt abdeckt. Die Verbindungsfolie kann damit besonders genau und effizient in den gewünschten Abmessungen geformt werden, bevor die Verbindungsfolie zwischen den beiden Oberflächen platziert wird.

[0026] Mithin erfolgt das Laserschneiden bevor die Verbindungsfolie in dem Schritt (200) zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt platziert wird.

[0027] Das Verbindungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eignet sich aufgrund der Eliminierung oder Reduzierung von Druckspannungen besonders für Sensoranordnungen mit Dehnungsmessstreifen. Die Montage des DMS an das Messobjekt kann dadurch vereinfacht und beschleunigt werden sowie mit reproduzierbarer Qualität erfolgen. Insbesondere kann die Montage der Montageplatte mit der daran angeordneten Sensoranordnung am Messobjekt zumindest teilautomatisiert, vorzugsweise vollautomatisiert werden.

[0028] Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird eine oder mehrere Lötschichten auf der Verbindungsfolie und/oder der Montageplatte und/oder dem Messobjekt aufgetragen. Vorzugsweise weist die Montageplatte und/oder die Verbindungsfolie eine metallisierte erste Lötschicht auf, die im Schritt (200) zwischen der Montageplatte und der Verbindungsfolie angeordnet ist. Die erste Lötschicht ist als erste Beschichtung der Montageplatte und/oder der Verbindungsfolie zu verstehen, die in mehrere Einzelschichten unterteilt sein kann.

[0029] Bevorzugt weist die Verbindungsfolie und/oder das Messobjekt ein metallisierte zweite Lötschicht auf, die im Schritt (200) zwischen dem Messobjekt und der Verbindungsfolie angeordnet ist. Die zweite Lötschicht ist als zweite Beschichtung des Messobjekts und/oder der Verbindungsfolie zu verstehen, die ebenfalls in mehrere Einzelschichten unterteilt sein kann. Die jeweilige Lötschicht ist eine

metallisierte Schicht, die eine wirksame stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Dehnungsmessstreifen und dem Messobjekt ermöglicht.

[0030] Die jeweilige Lötschicht wird insbesondere aufgetragen, bevor die Verbindungsfolie in dem zweiten Verfahrensschritt (200) zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt platziert wird. Durch anschließendes Aktivieren der Verbindungsfolie entsteht ausreichend Wärme, um die jeweilige Lötschicht aufzuschmelzen und die Montageplatte mit dem Messobjekt zu verlöten. In diesem Sinne ist gemäß einer Ausführungsform vorgesehen, dass

- die erste Lötschicht auf der Montageplatte und/oder der Verbindungsfolie aufgetragen wird,
- die zweite Lötschicht auf dem Messobjekt und/oder der Verbindungsfolie aufgetragen wird,
- die Verbindungsfolie mit den Lötschichten in dem Schritt (200) zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt platziert wird, und
- die metallischen Materialien der Verbindungsfolie in dem Schritt (300) aktiviert werden, sodass sich die Verbindungsfolie derart erhitzt, dass die erste Lötschicht und die zweite Lötschicht schmelzen und die Montageplatte durch die aufgeschmolzene erste Lötschicht und die aufgeschmolzene zweite Lötschicht mit dem Messobjekt verlötet wird, um die stoffschlüssige Verbindung zu erzeugen. Die Metallisierung des Messobjekts, der Montageplatte und/oder der Verbindungsfolie, also das Aufbringen der Lötschicht auf das Messobjekt, die Montageplatte und/oder die Verbindungsfolie ist wichtig, um den Nanobond-Prozess zu ermöglichen.

[0031] Mittels der Verbindungsfolie und der Lötschichten kann zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt eine intermetallische, stoffschlüssige Bindung geschaffen werden, die keine hohen Temperaturen, Drücke, elektromagnetische Felder, etc. zur Herstellung benötigt. Durch die intermetallische Verbindung wird eine 1:1-Signalübertragung vom Messobjekt zum Dehnungsmessstreifen ermöglicht.

[0032] Die Lötschichten können als metallische Startschichten (erste und zweite Lötschicht) besonders vorteilhaft durch Plasmaverfahren, Sputterverfahren oder Aufdampfen auf der jeweiligen Oberfläche der zu verbindenden Teile (Montageplatte, Messobjekt, Verbindungsfolie) aufgebracht werden. Weitere Möglichkeiten sind durch Zwei-Schuss-Spritzgießen, additive Fertigung usw. gegeben. Wenigstens eine der Lötschichten, vorzugsweise beide Lötschichten, umfassen bevorzugt Nickel. Fer-

ner bevorzugt umfasst eine der Lötschichten, vorzugsweise beiden Lötschichten, Gold. Auch Kupfer oder Palladium eignen sich als Material für die jeweilige Lötschicht. Das Material der jeweiligen Lötschicht ist an die Abmessungen sowie den Werkstoff der Verbindungsfolie, der Montageplatte und/oder des Messobjekts angepasst.

[0033] Nach einem Ausführungsbeispiel umfasst die jeweilige Lötschicht eine Nickelschicht sowie eine Goldschicht. Mit anderen Worten ist die jeweilige Beschichtung mehrschichtig ausgebildet. Der Schichtaufbau kann beliebig ausgestaltet sein. Vorzugsweise ist die Goldschicht der Verbindungsfolie zugewandt. Bevorzugt ist Nickelschicht dem Messobjekt und/oder der Montageplatte zugewandt und somit der Verbindungsfolie abgewandt.

[0034] Um eine unvorhersehbare Verformung des Verbundes zu verhindern, kann ein Fixierpad mit geringem Druck auf die Schichten gelegt werden. In diesem Sinne wird bevorzugt mittels eines Fixierpads, das zumindest mittelbar auf die Sensoranordnung und/oder die Montageplatte und/oder das Messobjekt einen Druck ausübt, einer Verformung der Lötschichten und der Verbindungsfolie während des Aktivierens und Verbindens in Schritt (300) entgegengewirkt. Der Druck ist dabei derart gering, dass er zu keinen Spannungen innerhalb der Montageplatte und/oder des Dehnungsmessstreifens und/oder des Messobjekts führt, welche die Festigkeit der Verbindung zwischen der Montageplatte und dem Messobjekt oder die Messgenauigkeit beeinträchtigen könnten.

[0035] „Zumindest mittelbar“ heißt in diesem Zusammenhang, dass zwischen dem Fixierpad und der Montageplatte und/oder der Sensoranordnung und/oder dem Messobjekt weitere, insbesondere plattenförmige Bauteile, wie beispielsweise eine Wärmesenke, angeordnet sein können. Das Fixierpad kann auch direkt auf der Montageplatte und/oder der Sensoranordnung und/oder dem Messobjekt angeordnet sein.

[0036] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Anordnung einer auf einer Montageplatte angeordneten Sensoranordnung an einem Messobjekt bereitgestellt, wobei die Sensoranordnung durch ein Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung mit dem Messobjekt verbunden worden ist.

[0037] Die obigen Definitionen sowie Ausführungen zu technischen Effekten, Vorteilen und vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens gelten sinngemäß ebenfalls für die erfindungsgemäße Anordnung gemäß dem zweiten Erfindungsaspekt. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläutern den Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen

Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0038] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche oder ähnliche Elemente mit dem gleichen Bezugszeichen versehen sind. Hierbei zeigt

Fig. 1 eine Längsschnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung einer auf einer Montageplatte angeordneten Sensoranordnung an einem Messobjekt gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Montageplatte mittels einer - hier stark vereinfacht dargestellten - Verbindungsfolie an dem Messobjekt befestigt ist,

Fig. 2 eine detaillierte Längsschnittdarstellung der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß **Fig. 1**,

Fig. 3 eine Explosionsdarstellung von Schichten und Werkzeugen zur Verbindung der Sensoranordnung mit dem Messobjekt mittels der Verbindungsfolie sowie die durch das Verbinden entstehende Anordnung nach der zweiten Ausführungsform,

Fig. 4 einen Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verbindung der Sensoranordnung mit dem Messobjekt nach **Fig. 1** bis **Fig. 3**, und

Fig. 5 eine stark vergrößerte Querschnittsansicht der Verbindungsfolie für die Anordnung nach **Fig. 1** bis **Fig. 4**.

[0039] **Fig. 1** zeigt eine bevorzugte Ausführungsform einer Anordnung einer auf einer Montageplatte 17 angeordneten Sensoranordnung 5 an einem Messobjekt 2. Die Sensoranordnung 5 umfasst einen Dehnungsmessstreifen 1 und ein damit elektrisch verbundenes Elektronikmodul 19, wobei sowohl der Dehnungsmessstreifen 1 als auch das Elektronikmodul 19 auf der Montageplatte 17 aufgeklebt sind und in einem gemeinsamen Gehäuse 18 aus Vergussmaterial eingekapselt sind. Mithin wird durch die Kapselung ein den Dehnungsmessstreifen 1 und das Elektronikmodul 19 aufnehmendes Gehäuse 18 ausgebildet. Die Montageplatte 17 wird durch ein nachfolgend beschriebenes, erfindungsgemäßes Verfahren nach **Fig. 5** mittels einer Verbindungsfolie 10 mit dem Messobjekt 2 verbunden. Der Dehnungsmessstreifen 1 ist in **Fig. 2** näher dargestellt und umfasst eine der Montageplatte 17 zugewandte Trägerschicht 1a sowie ein darauf angeordnetes, mäanderförmiges Messgitter 1b. Das Messgitter 1b ist über eine ebenfalls im Gehäuse 18 gekapselte erste Verkabelung 20 mit dem als Verstärkermodul ausgebildeten Elektronikmodul 19 verbunden. Aus dem Gehäuse 18 ist eine zweite Verkabelung 21 herausgeführt, die das Elektronikmodul

19 mit einer - hier nicht gezeigten - Auswerteeinheit und/oder einer Spannungsquelle, wie beispielsweise die in **Fig. 3** gezeigte Batterie 15, verbindet. Wie ebenfalls in **Fig. 2** zu sehen ist, weist die Montageplatte 17 an einer Montageplatten-Oberfläche 4 eine der Verbindungsfolie 10 zugewandte, metallisierte erste Lötschicht 13 auf und das Messobjekt 2 weist an einer Messobjekt-Oberfläche 6 eine der Verbindungsfolie 10 zugewandte, metallisierte zweite Lötschicht 14 auf. Eine oder beide der Lötschichten 13, 14 können auch an der Verbindungsfolie 10 aufgebracht sein. Das Messobjekt 2 ist vorliegend deutlich größer als die Sensoranordnung 5. Bei dem Messobjekt 2 kann es sich beispielsweise um eine Welle eines Motors, einer Achse oder eines Getriebes für ein Kraftfahrzeug handeln. Der Dehnungsmessstreifen 1 ist dazu eingerichtet, Dehnungen und Stauungen am Messobjekt 2 zu erfassen. Der Widerstand des Dehnungsmessstreifens 1 ändert sich mit einer am Messobjekt 2 angelegten Kraft. Er wandelt mechanische Größen wie Kraft, Druck, Zug, Gewicht, und dergleichen in eine messbare Änderung des elektrischen Widerstands um. Wenn eine externe Kraft auf das Messobjekt 2 einwirkt, bewirkt sie eine mechanische Spannung und Dehnung. Die mechanische Spannung ist der Widerstand, den das Objekt der Kraft entgegengesetzt, und die Dehnung ist der Versatz und die Verformung, die aus der Kraft resultiert. Mithin ist der Dehnungsmessstreifen 1 zumindest dazu eingerichtet, dehnende und stauende Verformungen, vorzugsweise weitere Messgrößen, des Messobjekts 2 zu erfassen.

[0040] Mittels der Verbindungsfolie 10 wird eine feste, hier eine stoffschlüssige Verbindung der Montageplatte 17 mit dem Messobjekt 2 realisiert. Diese Verbindung überträgt Kräfte der Messgröße sowie auch Störgrößen durch thermische Ausdehnung. Die Art der Verbindung stellt dabei Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Messobjekt 2 und Montageplatte 17. Zwei rechts außen in **Fig. 1** dargestellte Kraftpfeile F verdeutlichen einen Austausch von Kräften durch Verformung, was die eigentliche Messgröße darstellt. Links daneben ist ein bidirekionaler Kraftpfeil F dargestellt, welcher einen Austausch von Kräften durch Spannungen sowie durch unterschiedliche Wärmeausdehnung verdeutlicht, was eine Störgröße darstellt. Das Messobjekt 2 kann, wie oben erwähnt, eine metallisierte Oberfläche aufweisen oder aus einem metallischen Material ausgebildet sein.

[0041] In einem ersten Verfahrensschritt 100 werden das Messobjekt 2, die Sensoranordnung 5, umfassend den Dehnungsmessstreifen 1 und das Elektronikmodul 19, die Montageplatte 17 und die Verbindungsfolie 10 bereitgestellt. Die Verbindungsfolie 10 ist in allen Ausführungsbeispielen eine sogenannte NanoFoil®, also eine reaktive Multischichtfolie, die durch Aufdampfen von Tausenden von

abwechselnden nanoskaligen Schichten aus Aluminium 11 und Nickel 12 hergestellt wird. Eine stark vergrößerte Querschnittsansicht der Verbindungsfolie 10 mit den Aluminium- 11 und Nickelschichten 12 ist in **Fig. 5** gezeigt. Wenn die Verbindungsfolie 10 durch einen kleinen Impuls lokaler Energie aus elektrischen, optischen oder thermischen Quellen aktiviert wird, reagiert sie exotherm, um in Bruchteilen einer Sekunde präzise lokale Hitze bis zu Temperaturen von 1500 °C zu erzeugen.

[0042] In einem zweiten Verfahrensschritt 200 wird die Verbindungsfolie 10 zwischen der Montageplatte 17 und dem Messobjekt 2 platziert, wie dies durch **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigt ist. Dabei berührt die Verbindungsfolie 10 auf einer Seite die erste Lötschicht 13 an der Montageplatte 17 und auf der anderen Seite die zweite Lötschicht 14 am Messobjekt 2. Während des Verfahrensschritts 200 sind die Aluminiumschichten 11 und die Nickelschichten 12 der Verbindungsfolie 10 noch so abwechselnd nebeneinander angeordnet, wie dies durch **Fig. 5** gezeigt ist. Beide Lötschichten 13, 14 umfassen Nickel. Vorliegend weisen beide Schichten 13, 14 zudem eine Goldschicht auf, wobei die Goldschicht der Verbindungsfolie 10 zugewandt angeordnet ist. Die jeweilige Lötschicht 13, 14 kann ferner Kupfer, Silber, Siliciumnitrid Si₃N₄, Siliciumdioxid SiO₂, Titanwolfram TiW, Palladium oder dergleichen umfassen. In diesem Ausführungsbeispiel sind der Dehnungsmessstreifen 1 und das Elektronikmodul 19 vor dem Verfahrensschritt 200 von der Montageplatte 17 sowie einer Vergussmasse oder einer Spritzgussmasse vollständig umgeben worden.

[0043] Die Verbindungsfolie 10 ist durch Laserschneiden derart bearbeitet, dass die Verbindungsfolie 10 die eine Form und Maße annimmt, die eine vorgesehene Fügefläche 7 zwischen der Montageplatte 17 und dem Messobjekt 2 bildet. Eine Batterie 15 ist als Aktivierungsmittel 16 vorgesehen, das elektrisch mit der Verbindungsfolie 10 verbunden ist.

[0044] In einem dritten Verfahrensschritt 300 werden die Aluminiumschichten 11 und die Nickelschichten 12 der Verbindungsfolie 10 nach **Fig. 5** mittels der beispielhaft in **Fig. 3** gezeigten Batterie 15 aktiviert. Anstelle der Batterie 15 kann eine Gleichspannungsquelle genutzt werden, um die Verbindungsfolie 10 zu aktivieren. Die Aluminiumschichten 11 und Nickelschichten 12 der Verbindungsfolie 10 reagieren daraufhin stark exotherm, sodass sich die Verbindungsfolie 10 derart erhitzt, dass die erste Lötschicht 13 und die zweite Lötschicht 14 schmelzen und die Montageplatte 17 durch die aufgeschmolzenen Lötschichten 13, 14 mit dem Messobjekt 2 verlötet wird. Dabei entsteht, wie rechts in **Fig. 3** angedeutet, eine stabile Bond- bzw. Fügefläche 7 zwischen der Montageplatte 17 und dem Messobjekt 2.

[0045] Mithin wird eine stoffschlüssige Verbindung zwischen der Montageplatte 17 und dem Messobjekt 2 realisiert. Die Montageplatten-Oberfläche 4 und/o-der Messobjekt-Oberfläche 6 kann eine derartige Oberflächenstruktur aufweisen, dass aufgeschmolzenes Material der Aluminiumschichten 11 und/o-der Nickelschichten 12 in Zwischenräume der Mess-objekt-Oberfläche 6 und/o-der Montageplatten-Oberfläche 4 eindringen und nach der Erstarrung einen Formschluss zwischen der Montageplatte 17 und dem Messobjekt 2 bewirken kann. Die detektierbare Messgröße kann durch besondere Strukturen Kraftnebenschluss des Messobjekts 2 erhöht werden. Das Messobjekt 2 kann beispielsweise Vertie-Rungen, Rippen, Sicken oder ähnliches bilden, die Kräfte in bestimmten Raumrichtungen verstärken oder verringern.

[0046] In einer weiteren in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsform ist eine Weiterbildung der ersten Ausführungsform nach **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt. **Fig. 3** zeigt im linken Teil einen Zustand, bei dem noch keine Verbindung zwischen dem Messobjekt 2 und der Montageplatte 17 erzeugt wurde. Der rechte Teil von **Fig. 3** zeigt den Zustand nach Bildung der stoffschlüssigen Verbindung zwischen dem Messobjekt 2 und der auf der Montageplatte 17 angeordneten Sensoranordnung 5, also nachdem die Montageplatte 17 durch die aufgeschmolzenen Lötschichten 13, 14 mit dem Messobjekt 2 verlötet wurde. Die Verbindungsfolie 10 ist durch Laserschneiden derart zugeschnitten, dass sie einen Aktivierungsabschnitt 8 aufweist, der in dem gezeigten Ausführungsbeispiel nicht von der Sensoranordnung 5 verdeckt ist und somit zum Anlegen des Aktivierungsmittels 16 frei zugänglich ist. Mithin ragt der Aktivierungsabschnitt 8, wie im linken Teil von **Fig. 3** deutlich zu sehen ist, aus dem durch die Montageplatte 17, das Messobjekt 2 sowie die beiden Lötschichten 13, 14 gebildeten Stapel heraus, wenn alle Schichten aneinander liegen.

[0047] Ein Fixierpad 9, das eine nachgiebige Schicht 22 umfasst, übt einen Druck p auf den durch den Dehnungsmessstreifen 1, das Messobjekt 2 sowie durch die beiden Lötschichten 13, 14 gebil-deten Stapel aus. Dieser Druck ist sehr gering und wirkt senkrecht auf eine äußere Oberfläche der Sen-soranordnung 5. Der Druck dient dazu, einer Verfor-mung der Lötschichten 13, 14 und der Verbindungs-folie 10 während des Aktivierens und Verbindens in Schritt 300 entgegenzuwirken.

[0048] Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die hier offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt ist. Es handelt sich lediglich um beispielhafte Ausgestaltungen, wobei auch weitere Varianten möglich sind. Insbesondere kann auf die zweite Lötschicht 14 am Messobjekt 2 verzichtet werden, wenn das Messobjekt 2 aus

einem lötbaren Material besteht oder eine bereits metallisierte Oberfläche aufweist.

Bezugszeichen

F	Kraft
p	Druck
1	Dehnungsmessstreifen
1a	Trägerschicht
1b	Messgitter
2	Messobjekt
4	Montageplatten-Oberfläche
5	Sensoranordnung
6	Messobjekt-Oberfläche
7	Fügefläche
8	Aktivierungsabschnitt
9	Fixierpad
10	Verbindungsfolie
11	Aluminiumschicht
12	Nickelschicht
13	Erste Lötschicht
14	Zweite Lötschicht
15	Batterie
16	Aktivierungsmittel
17	Montageplatte
18	Gehäuse
19	Elektronikmodul
20	Erste Verkabelung
21	Zweite Verkabelung
22	Nachgiebige Schicht
100	Erster Verfahrensschritt
200	Zweiter Verfahrensschritt
300	Dritter Verfahrensschritt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbindung einer auf einer Montageplatte (17) angeordneten Sensoranordnung (5) mit einem Messobjekt (2), das Verfahren umfassend die Schritte
(100) Bereitstellen
- eines Messobjekts (2),
- einer Sensoranordnung (5), umfassend einen Dehnungsmessstreifen (1), der zumindest dazu eingerichtet ist, dehnende und stauchende Verformungen eines Messobjekts (2) zu erfassen, sowie ein damit verbundenes Elektronikmodul (19), wobei der Deh-

nungsmessstreifen (1) und das Elektronikmodul (19) jeweils auf der Montageplatte (17) angeklebt sowie in einem Gehäuse (18) eingekapselt sind,

- einer Verbindungsfolie (10), die metallische Materialien (11, 12) enthält, die bei ihrer Aktivierung exotherm reagieren,

(200) Platzieren der Verbindungsfolie (10) zwischen der Montageplatte (17) und dem Messobjekt (2), und

(300) Aktivieren der metallischen Materialien (11, 12) der Verbindungsfolie (10), sodass sich die Verbindungsfolie (10) derart erhitzt, dass zwischen der Montageplatte (17) und dem Messobjekt (2) eine stoffschlüssige Verbindung erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Verbindungsfolie (10) durch Laserschneiden derart bearbeitet wird, dass die Verbindungsfolie (10) eine Form und Maße annimmt, die eine vorgesehene Fügefläche (7) zwischen der Montageplatte (17) und dem Messobjekt (2) abdeckt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Dehnungsmessstreifen (1) und das Elektronikmodul (19) vor dem Verfahrensschritt (200) von der Montageplatte (17) sowie einer Vergussmasse oder einer Spritzgussmasse vollständig umgeben werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Dehnungsmessstreifen (1) eine der Montageplatte (17) zugewandte Trägerschicht (1a) sowie ein Messgitter (1b) umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Montageplatte (17) und/oder die Verbindungsfolie (10) eine metallisierte erste Lötschicht (13) aufweist, die im Schritt (200) zwischen der Montageplatte (17) und der Verbindungsfolie (10) angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbindungsfolie (10) und/oder das Messobjekt (2) eine metallisierte zweite Lötschicht (14) aufweist, die im Schritt (200) zwischen dem Messobjekt (2) und der Verbindungsfolie (10) angeordnet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5 in Verbindung mit Anspruch 6, wobei

- die erste Lötschicht (13) auf der Montageplatte (17) und/oder der Verbindungsfolie (10) aufgetragen wird,

- die zweite Lötschicht (14) auf dem Messobjekt (2) und/oder der Verbindungsfolie (10) aufgetragen wird,

- die Verbindungsfolie (10) mit den Lötschichten (13, 14) in dem Schritt (200) zwischen der Montageplatte (17) und dem Messobjekt (2) platziert wird, und

- die metallischen Materialien (11, 12) der Verbin-

dungsfolie (10) in dem Schritt (300) aktiviert werden, sodass sich die Verbindungsfolie (10) derart erhitzt, dass die erste Lötschicht (13) und die zweite Lötschicht (14) schmelzen und die Montageplatte (17) durch die aufgeschmolzene erste Lötschicht (13) und die aufgeschmolzene zweite Lötschicht (14) mit dem Messobjekt (2) verlötet wird, um die stoffschlüssige Verbindung zu erzeugen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei mittels eines Fixierpads (9), das zumindest mittelbar auf die Sensoranordnung (20) und/oder auf das Messobjekt (2) einen Druck (p) ausübt, einer Verformung der Lötschichten (13, 14) und der Verbindungsfolie (10) während des Aktivierens und Verbindens in Schritt (300) entgegengewirkt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die jeweilige Lötschicht (13, 14) aus einem Nickel umfassenden Material ausgebildet ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei die jeweilige Lötschicht (13, 14) eine Nickelschicht sowie eine Goldschicht umfasst.

11. Anordnung einer auf einer Montageplatte (17) angeordneten Sensoranordnung (5) an einem Messobjekt (2), wobei die Sensoranordnung (5) durch ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche mit dem Messobjekt (2) verbunden worden ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

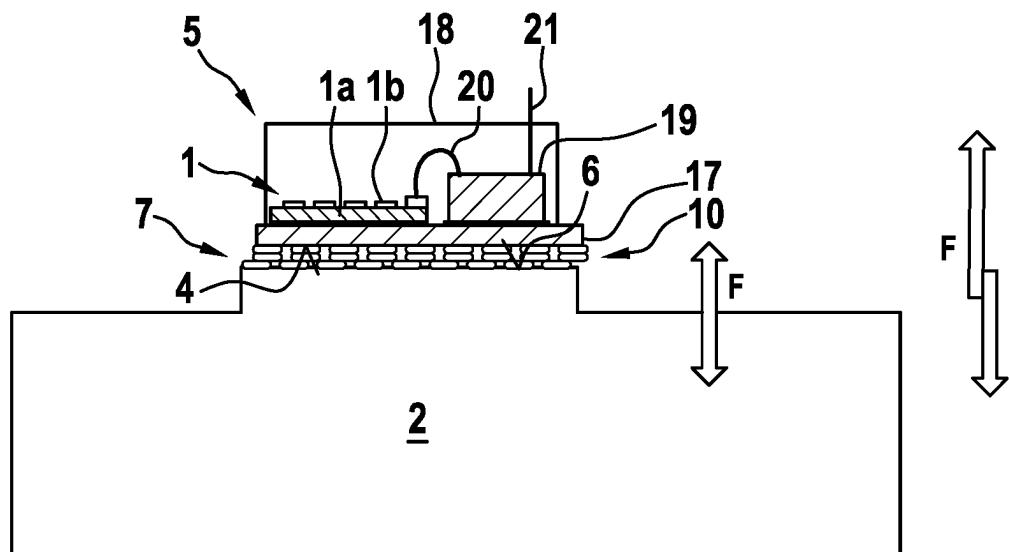


Fig. 1

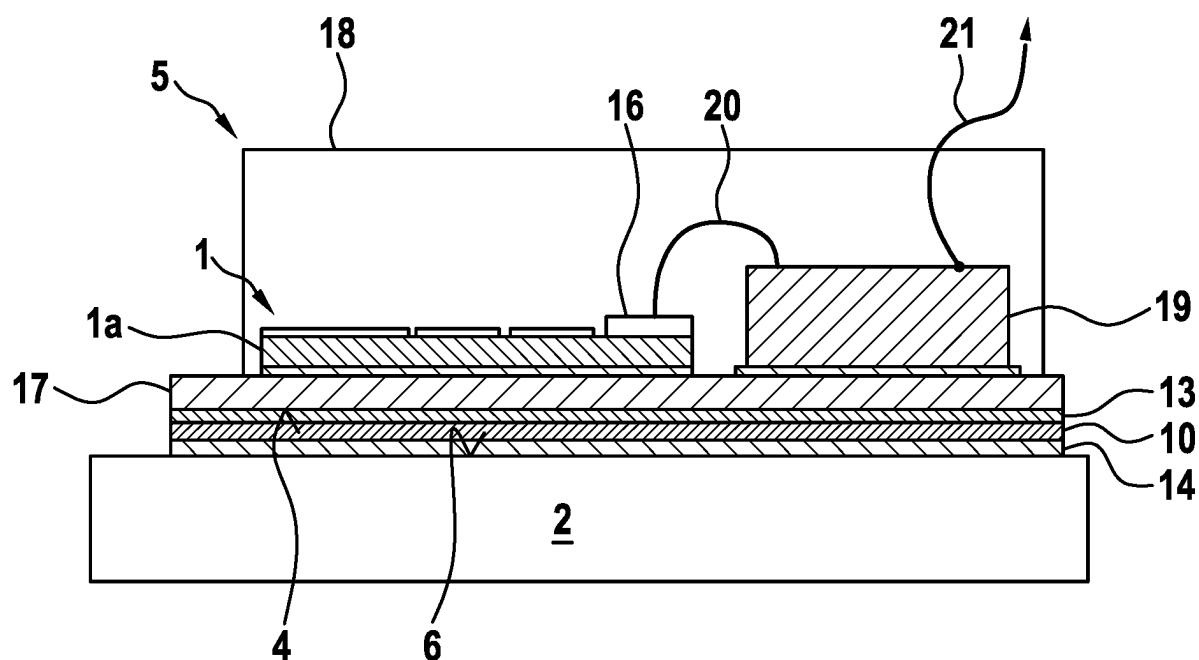


Fig. 2

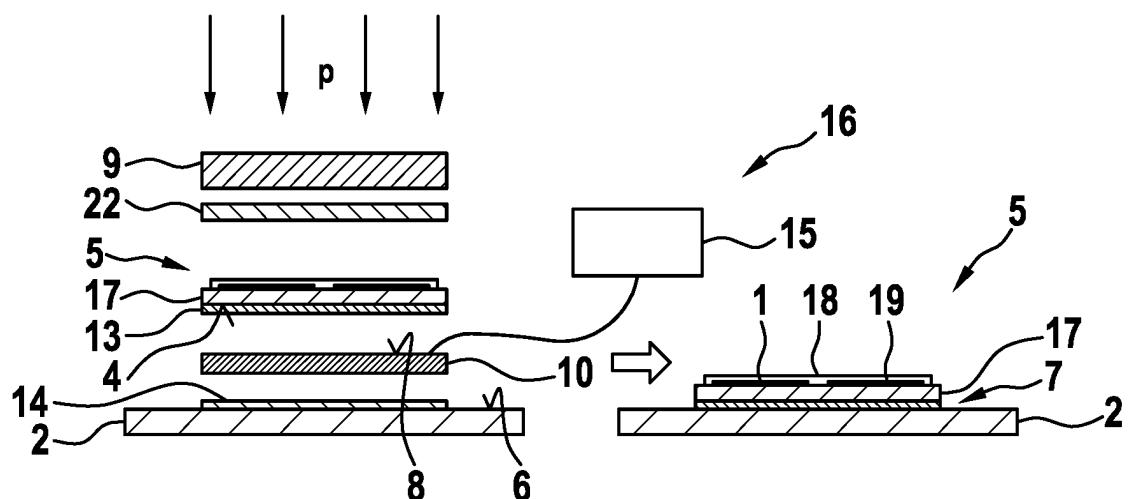


Fig. 3

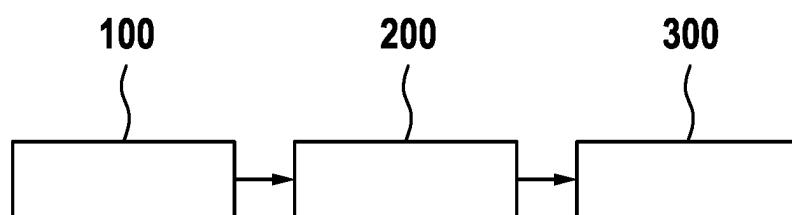


Fig. 4

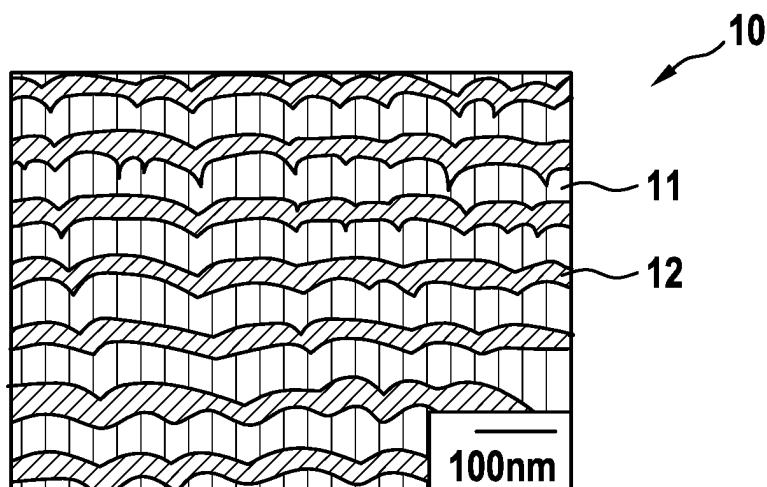


Fig. 5