

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50057/2017
(22) Anmeldetag: 27.01.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.08.2018

(51) Int. Cl.: **G01L 1/12** (2006.01)
G01B 7/24 (2006.01)
G01L 1/14 (2006.01)
G01B 5/30 (2006.01)
G01D 5/20 (2006.01)
G01B 7/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2231702 A
DE 10023838 A1
US 2016176702 A1
DEZUARI O. ET AL. Printed circuit board
integrated fluxgate sensor. Sensors and Actuators
A: Physical, 1 April 2000, Vol. 81, Issues 1–3,
Seiten 200-203, ISSN 0924-4247 [online],
[abgerufen am 2017-12-14]. Abgerufen von
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092442479000886>>

(71) Patentanmelder:
HIRTENBERGER ENGINEERED SURFACES
GMBH
2552 Hirtenberg (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **MAGNETISCHER KRAFTSENSOR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen von auf einem Bauteil (1,2) einwirkenden Kräften mittels zumindest eines magnetischen Kraftsensors (100), wobei der Kraftsensor (100) zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) aus weichmagnetischem Material aufweist, und die zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) zumindest eine Unterbrechung (130) mit einem Abstand (A) aufweist, wobei permanent ein magnetischer Fluss in der zumindest einen magnetischen Leiterbahn (111, 211) induziert wird, der magnetische Fluss überwacht wird und eine Änderung des Abstands (A) der zumindest einen magnetischen Leiterbahn (111, 211) eine Änderung des magnetischen Flusses in der zumindest einen magnetischen Leiterbahn (111, 211) bewirkt, sowie einen Kraftsensor und dessen Herstellung hierzu.

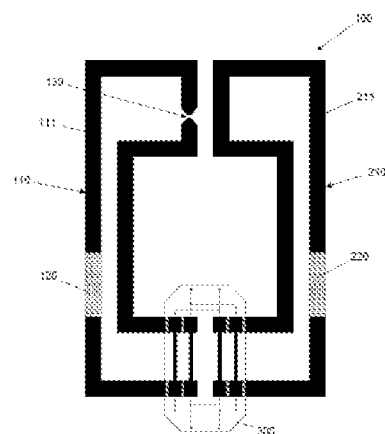


Fig. 1

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen von auf einem Bauteil (1,2) einwirkenden Kräften mittels zumindest eines magnetischen Kraftsensors (100), wobei der Kraftsensor (100) zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) aus weichmagnetischem Material aufweist, und die zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) zumindest eine Unterbrechung (130) mit einem Abstand (A) aufweist, wobei permanent ein magnetischer Fluss in der zumindest einen magnetische Leiterbahn (111, 211) induziert wird, der magnetische Fluss überwacht wird und eine Änderung des Abstands (A) der zumindest einen magnetische Leiterbahn (111, 211) eine Änderung des magnetischen Flusses in der zumindest einen magnetische Leiterbahn (111, 211) bewirkt, sowie einen Kraftsensor und dessen Herstellung hierzu.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Messen von auf einem Bauteil einwirkende Kräften mittels zumindest eines magnetischen Kraftsensors, der zumindest eine magnetische Leiterbahn aus weichmagnetischem Material aufweist, und die zumindest eine magnetische Leiterbahn zumindest eine Unterbrechung mit einem Abstand aufweist, wobei permanent ein magnetischer Fluss in der zumindest einen magnetische Leiterbahn induziert wird, einen magnetischen Kraftsensor zur Durchführung dieses Verfahrens sowie ein Herstellungsverfahren für diesen magnetischen Kraftsensor.

Die Messung von physikalischen Größen an Bauteilen von beispielsweise Fahr- und Flugzeugen, Maschinen oder Gebäuden ist ein wesentlicher Punkt bei deren Wartung und Betriebsüberwachung. Eine wichtige Größe ist hierbei die an einem Bauteil wirkende Kraft, deren Messung wichtige Informationen über die Belastung oder den Gesamtzustand des Bauteils liefert.

Die derzeit am häufigsten verwendete Methode ist die Messung von der Deformationen und den hierbei auftretenden Kräften mittels Dehnmessstreifen, die an entsprechenden Punkten des Bauteils angebracht sind. Ein wesentlicher Nachteil dieses Systems liegt darin, dass diese Dehnmessstreifen auf dem zu messenden Bauteil aufgeklebt sind, wobei diese Klebung die Übertragung der Messinformation beeinträchtigt und möglicherweise verfälscht. Des Weiteren muss der Dehnmessstreifen elektrisch kontaktiert werden, um die Messinformation auslesen zu können, wobei es bei metallischen Bauteilen notwendig ist, den elektrischen Messkreis vollständig vom Bauteil zu isolieren.

Es sind daher Methoden bekannt geworden, bei welchem die Messung von Deformationen eines Bauteils auf magnetischem Weg erfolgt.

So beschreibt die DE 10 2014 200 461 A1 eine Anordnung zum Messen einer Kraft oder eines Drehmoments an einem Maschinenelement mit einer Permanentmagnetisierung entlang eines geschlossenen Magnetisierungspfades. Hierbei ist ein Magnetfeldsensor vorgesehen, der eine Änderung des Magnetfeldes überwacht. Diese Anordnung ist nicht für alle Bauteile geeignet, weil sie eine Permanentmagnetisierung des Bauteils zu mindestens in einem bestimmten Bereich erfordert. Auch ist sie störungsanfällig im Hinblick auf magnetische und/oder elektrische bzw. elektromagnetische Einflüsse von außen.

In der DE 36 24 846 A1 eine Vorrichtung zum berührungsfreien Messen einer mechanische Spannung, insbesondere zum Messen der Torsion oder Biegekraft eines Messobjekts beschrieben. Hierzu sind auf einer Welle zwei Bereiche mit einer Schicht aus magnetoelastischem Material angeordnet, das ein unter einem Winkel von 45° ausgebildetes Streifenmuster aufweist. Eine Änderung dieses Schichtmusters bei mechanischer Beanspruchung der Welle wird mittels einer komplizierten Auswerteschaltung überwacht.

Ein weiterer magnetoelastischer Drehmoment-Sensor kann auch der DE 103 31 128 A1 entnommen werden.

Die US 5,036,236 A offenbart einen Näherungssensor basierend auf magnetischen Feldern, wobei der Sensor einen Magnetleiter mit einer Unterbrechung aufweist, die als Referenz für den Abstand zwischen zwei sich zueinander bewegenden Bauteilen aus magnetischem Material dient.

Die oben angeführten Anordnungen sind für die Überwachung von Deformationsprozessen an einem Bauteil nur teilweise oder gar nicht geeignet, oder weisen einen komplizierten in der Praxis nur wenig geeigneten Aufbau auf.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren sowie einen magnetischen Kraftsensor zur Verfügung zu stellen, die für die Überwachung von Deformationsprozessen auf einem Bauteil auch aus nichtmagnetischem Material geeignet sind, wobei der Sensor an beliebigen Stellen des zu überwachenden Bauteils angeordnet werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der magnetische Fluss in der zumindest einen magnetischen Leiterbahn überwacht wird und eine Änderung des Abstands der zumindest einen magnetischen Leiterbahn eine Änderung des magnetischen Flusses in der zumindest einen magnetischen Leiterbahn bewirkt.

Bei einer allfälligen Deformation des zu überwachenden Bauteils aufgrund von auf ihn wirkenden Kräften verändert sich der Abstand der zumindest einen Unterbrechung der zumindest einen magnetischen Leiterbahn. Damit ändert sich jedoch das in der Unterbrechung der zumindest einen magnetischen Leiterbahn induzierte Magnetfeld, wodurch sich wiederum der magnetische Fluss in der

zumindest einen magnetische Leiterbahn ändert. Diese Änderung des magnetischen Flusses ist somit ein Indikator für eine Deformation des zu überwachenden Bauteils.

Bevorzugterweise ist vorgesehen, dass der magnetische Fluss in der zumindest einen Leiterbahn durch zumindest einen Erregermagnet, der bevorzugterweise in unmittelbarem Kontakt mit der zumindest einen magnetischen Leiterbahn steht, induziert wird. Alternativ hierzu kann jedoch der zumindest eine Erregermagnet auch außerhalb des Kraftsensors, beispielsweise als Teil des zu überwachenden Bauteils oder als zusätzliches Element im Bereich des zu überwachenden Bauteils ausgebildet sein.

In einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Messverfahrens erfolgt die Messung des magnetischen Flusses induktiv, nach dem Fluxgate-Prinzip, über den anisotropen magnetischen Widerstand oder der Magnetoimpedanz.

Wird die Messung der Flussänderung induktiv durchgeführt, so können in diesem Fall schnelle Flussänderungen gemessen werden, wobei diese Methode unempfindlich gegen langsam, schleichend auftretende Änderungen ist. Des Weiteren können mit dieser Methode keine absoluten Magnetflusswerte ermittelt werden.

Beim anisotropen magnetoresistiven Effekt ändert sich der elektrische Widerstand eines ferromagnetischen Materials mit dessen Magnetisierung, wobei diese Widerstandsänderung gemessen werden kann.

Der Magnetoimpedanz-Effekt beruht einerseits auf die Änderung der differentiellen Permeabilität eines weichmagnetischen Stoffes in Abhängigkeit von dessen Magnetisierung, sowie auf dem sogenannten Skin-Effekt, bei dem der Strom in einem Leiter bei hohen Frequenzen durch das eigene Magnetfeld zur Oberfläche gedrückt wird. Gemeinsam bewirken diese Effekte, dass der Wechselstromwiderstand eines weich magnetischen Leiters stark von einem äußeren Magnetfeld abhängig ist; dieser für Effekt ist bei Frequenzen im MHz-Bereich besonders gut zu beobachten.

Fluxgate-Sensoren können kleine magnetische Flüsse genau messen, wobei diese Art der Messung aufwendiger ist, weil hierzu die Messstrecken mit Spulen umgeben sein müssen.

Jede dieser Messmethoden ist geeignet, die Änderung des Abstands der zumindest einen Unterbrechung in der zumindest einen Leiterbahn des magnetischen Messkreises zu detektieren.

Bevorzugterweise wird der gemessene Wert für den magnetischen Fluss in einer Auswerteeinheit permanent mit einem vorgebbaren Schwellwert verglichen, und bei Erreichen dieses Schwellwerts ein Signal ausgegeben. Dieses Signal dient als Warnsignal, wenn sich der zu überwachende Bauteil verformt, wodurch die Änderung des Abstands der zumindest einen Unterbrechung in der magnetischen Leiterbahn hervorgerufen wird.

Der erfindungsgemäße Kraftsensor ist auf einem Substrat, bevorzugterweise direkt auf dem zu überwachenden Bauteil angeordnet, wobei eine Änderung des Abstands der Unterbrechung der zumindest einen magnetischen Leiterbahn überwacht wird. Der erfindungsgemäße Kraftsensor weist in einer ersten Ausführung der Erfindung einen besonders einfachen Aufbau auf und kann auf jedem beliebigen Untergrund angeordnet werden.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in einer ersten Ausführung der Erfindung das Substrat aus einem isolierenden Material, beispielsweise Kunststoff, Keramik, Glas, Saphir oder Glimmer besteht. Der erfindungsgemäße Kraftsensor ist hierbei auf dem Substrat beispielsweise mittels galvanischer Abscheidung auf diesem Substrat aufgebracht, das wiederum auf den zu messenden Bauteil angeordnet wird.

Alternativ hierzu ist in einer besonders bevorzugten Variante vorgesehen, dass der Kraftsensor direkt auf dem Bauteil, insbesondere mittels galvanischer Abscheidung aufgebracht ist. In diesem Fall kann vorgesehen sein, dass der Kraftsensor über eine magnetische Sperrschicht aus nichtmagnetischem Material verfügt, um den erfindungsgemäßen Kraftsensor gegenüber einem magnetisierbaren Bauteil zu isolieren und damit diesen gegenüber Störeinflüssen zu schützen.

Um in dem Kraftsensor einen Magnetfluss herzustellen, ist erfindungsgemäß zumindest ein Erregermagnet vorgesehen. Dieser Magnet kann ein Permanentmagnet sein, der vorzugsweise ebenfalls mittels galvanischer Abscheidung hergestellt wird. Hierzu wird eine hartmagnetische Legierung abgeschieden oder es können auch permanentmagnetische Partikel in einer

nichtmagnetischen Matrix eingelagert sein. Alternativ hierzu kann der Erregermagnet auch ein Elektromagnet sein.

Der erfindungsgemäße Kraftsensor verfügt bevorzugterweise über zumindest eine Messeinrichtung zur Überwachung des magnetischen Flusses innerhalb der zumindest einen Leiterbahn. Auf diese Weise wird ein integraler Messsensor erhalten, ohne dass eine zusätzliche externe Messeinheit erforderlich ist.

Besonders bevorzugt ist hierbei vorgesehen, dass die zumindest eine Messeinrichtung als Messchip mit zumindest einer, vorzugsweise zwei internen magnetischen Messstrecken ausgebildet ist, wobei der Messchip vorzugsweise auf einem elektrisch isolierenden Träger, beispielsweise Kunststoff, Keramik, Glas, Saphir oder Glimmer angeordnet ist. Dieser Messchip wertet die Magnetflussänderungen aus und leitet die erhaltenen Daten an eine (externe) Auswerteeinheit weiter.

In einer besonders bevorzugten Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die zumindest eine magnetische Leiterbahn mit der zumindest einen Unterbrechung und die zumindest eine Messeinrichtung einen magnetischen Messkreis bilden. Besonders bevorzugt ist hierbei der zumindest eine Erregermagnet ebenfalls Teil dieses magnetischen Messkreises. Alternativ kann der zumindest eine Erregermagnet außerhalb des Kraftsensors angeordnet sein.

In störanfälligen Umgebungen kann es erforderlich sein, externe Effekte wie Streufelder oder Temperaturschwankungen, die den magnetischen Fluss unabhängig von einer Krafteinwirkung beeinflussen, zu kompensieren. Zu diesem Zweck ist ein zweiter magnetischer Kreis, nämlich ein magnetischer Kompensationskreis mit vorzugsweise zumindest einem weiteren Erregermagneten vorgesehen. Die Anpassung des magnetischen Widerstands des Kompensationskreises kann wahlweise durch Beeinflussung der Permeabilität des magnetischen Leiters während der Herstellung, nämlich der Abscheidung durch beispielsweise Variation des für die Abscheidung verwendeten Pulsmusters, durch geometrische Variationen wie Schichtdicke und/oder Leiterbreite, durch Einbringung einer zusätzlichen Unterbrechung des magnetischen Leiters des Kompensationskreises an einer geeigneten Stelle oder durch eine Kombination dieser Maßnahmen erreicht werden.

Die zumindest eine Messeinrichtung, insbesondere der Messchip verbindet die beiden magnetischen Kreise, nämlich den zumindest einen Messkreis und den zumindest einen Kompensationskreis bevorzugterweise über eine Wheatstone-Brücke. Durch diesen Aufbau können bereits kleinste Änderungen im Magnetfluss genau gemessen werden.

Der erfindungsgemäße Kraftsensor wird insbesondere für die Bestimmung von Deformationen von Bauteilen verwendet.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen Kraftsensors erfolgt mittels eines Herstellungsverfahrens, bei dem auf einem Substrat, vorzugsweise auf einem zu überwachenden Bauteil, zumindest eine magnetische Leiterbahn mit zumindest einer Unterbrechung mit einem Abstand aufgebracht wird, wobei die Aufbringung besonders bevorzugt mittels galvanischer Abscheidung erfolgt.

Hierbei wird auf galvanischem Weg eine weichmagnetische Legierung, beispielsweise eine Nickel-Eisen-Legierung mit optimierte Zusammensetzung auf ein vorzugsweise nichtmagnetisches, gegebenenfalls maskiertes Bauteil aufgebracht. Hierbei ist die für die Messung erforderliche Unterbrechung mit einem definierten Abstand entweder bereits in der Maskierung angelegt oder wird nach der Beschichtung beispielsweise mit einem Laser eingearbeitet.

Ist der Untergrund, auf dem der Kraftsensor aufgebracht wird, magnetisch, beispielsweise aus Stahl oder Gusseisen, so muss vor Aufbringung der Leiterbahnen eine nichtmagnetische Schicht auf das Grundmaterial aufgebracht werden. Diese nichtmagnetische Schicht ist beispielsweise eine ebenfalls galvanisch erzeugte Schicht aus Kupfer, Zinn, Zink oder eine Legierung aus zwei oder mehr dieser Elemente oder aber auch aus einer nichtmagnetischen Legierung von Eisenmetallen mit Phosphor. Durch diesen vollmetallischen Aufbau wird eine optimale Anbindung des Sensors an das Bauteil erhalten, ohne dass beispielsweise eine zusätzliche Klebeschicht zur Aufbringung des Sensors auf den zu messenden Bauteil die Messergebnisse beeinflussen kann.

Die galvanische Herstellung der Erregermagneten, die für den erfindungsgemäßen Kraftsensor besonders geeignet sind, kann auf zwei unterschiedliche Weisen erfolgen.

In einer Variante wird eine permanentmagnetischen Legierung, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Legierungen wie Kobalt-Nickel-Phosphor, Kobalt-Nickel-Mangan-Phosphor, Kobalt-Nickel-Rhenium-Phosphor, Eisen-Platin, Kobalt-Platin und Bismut-Mangan enthält, galvanisch auf dem Substrat bzw. Bauteil abgeschieden.

Alternativ hierzu werden während der galvanischen Abscheidung auf dem Substrat, insbesondere dem Bauteil, in eine nichtmagnetische, metallische Matrix permanentmagnetischen Micro- oder Nanopartikel eingebaut. Als Partikel kommen hierbei alle hartmagnetischen Materialien in Betracht, ebenso wie hartmagnetische Legierungen in geeigneter Form, beispielsweise als Nanowires, als Pulver wie beispielsweise Ferrite, Chromdioxid, Eisenoxid, Neodym-Eisen-Bor-Pulver oder Kobalt-Samarium-Pulver. Diese Partikel können entweder in Reinform oder nach geeigneter chemischer Oberflächenmodifikation, beispielsweise mit Siloxanen eingesetzt werden. Die chemische Modifikation der Oberfläche der Partikel dient einerseits der Steuerung der Einbaurate der Partikel in die galvanische Schicht, andererseits kann damit die chemische Stabilität gegen den für die Abscheidung verwendeten Elektrolyten erhöht werden.

Bevorzugterweise erfolgte Abscheidung der permanentmagnetischen Schicht in einem von außen angelegten Magnetfeld, das die Partikel in deren Magnetisierungsrichtung ausrichtet und so die resultierende Feldstärke des galvanisch abgeschiedenen Permanentmagneten erhöht.

Für spezielle Anforderungen ist es möglich, die Abscheidung der permanentmagnetischen Schicht in mehreren Phasen durchzuführen und die Richtung des äußeren Magnetfeldes zwischen den Phasen zu verändern. Hierdurch lassen sich permanentmagnetischen Schichten mit örtlich variierende Magnetisierung erzeugen.

Im Folgenden wird anhand von nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen mit zugehörigen Figuren die Erfindung näher erläutert. Hierin zeigen

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Kraftsensors,

Fig. 2 eine Detailansicht der magnetischen Leiterbahn des Kraftsensors aus Fig. 1,

Fig. 3 eine Detailansicht des Messchips aus Fig. 1,

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Schichtaufbaus des Kraftsensors aus Fig. 1, und

Fig. 5 eine schematische Ansicht einer zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Kraftsensors.

In der Fig. 1 ist eine erste, besonders bevorzugte Ausführung des erfindungsgemäßen Kraftsensors 100 dargestellt. Dieser Kraftsensor 100 weist einen magnetischen Messkreis 110 mit einer magnetischen Leiterbahn 111 auf, in der ein erster Erregermagnet 120 angeordnet ist.

Diese magnetische Leiterbahn 110 weist eine Unterbrechung 130 auf, wobei die beiden Enden der magnetischen Leiterbahn 112A, 112B in einem Abstand A zueinander angeordnet sind, und sich ihre beiden Enden 112A, 112B in ihrem Querschnitt verjüngen (siehe Fig. 2). Durch diese spitzen- oder pfeilförmige Ausbildung der beiden Enden 112A, 112B der magnetischen Leiterbahn 111 werden in diesem Bereich besonders starke Magnetfeldlinien aufgebaut, wodurch eine genauere Messung einer allfälligen Änderung des Abstands A der beiden Enden 112A, 112B zueinander und damit einer allfälligen Änderung des Magnetfelds zwischen den beiden Enden 112A, 112B ermöglicht wird.

Um Einflüsse, insbesondere magnetische und/oder elektromagnetische Einflüsse aus der Umgebung zu minimieren, weist der erfindungsgemäße Kraftsensor 100 in dieser Ausführung der Erfindung zusätzlich einen Kompensationsmesskreis 210 mit einer magnetischen Leiterbahn 211 auf, der ebenfalls über einen zweiten Erregermagneten 220 verfügt. Die magnetischen Flüsse der beiden magnetisch wirksamen Messkreise 110, 210 werden über einen Messchip 300 gegeneinander gemessen.

Dieser Messchip 300 ist in der Fig. 3 detailliert abgebildet. Dieser ist auf einer elektrisch isolierenden Basis 310 aufgebracht, um ihn gegenüber dem metallischen Untergrund, nämlich dem zu überwachenden Bauteil elektrisch zu isolieren. Diese elektrisch isolierende Basis 310 ist beispielsweise aus Keramik, Kunststoff, Glimmer oder ähnlichen isolierenden Materialien hergestellt.

Der magnetische Leiter 111 des magnetischen Messkreises 110 koppelt mit seinen beiden zweiten Enden an die beiden magnetischen Eingänge 311A, 311B des Messchips 300 an. Hierzu weisen die beiden Eingänge 311A, 311B eine magnetische Ankopplung mittels Ferrit 312 bei gleichzeitiger elektrischer Isolierung auf. Zwischen den beiden Eingängen 311A, 311B sind zwei magnetische Messstrecken 313A, 313B vorgesehen, die der Überwachung der Unterbrechung 130 mit dem Abstand A des magnetischen Leiters 111 dienen.

Auch für den Kompensationskreis 210 sind magnetische Eingänge 311C, 311D am Messchip 300 vorgesehen, die wiederum über zwei Messstrecken 313C, 313D miteinander in Verbindung stehen.

Schließlich sind noch Anschlüsse 320 für die Versorgung des Messchips 300 mit elektrischem Strom sowie Signalausgänge 330 zur Auswertung der erhaltenen Messsignale vorgesehen.

Die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Kraftsensors 100 lässt sich wie folgt beschreiben:

Während der Überwachung eines Bauteils, auf dem der Kraftsensor 100 aufgebracht ist, weisen sowohl der magnetische Messkreis 110 als auch der Kompensationskreis 210 ein konstantes magnetisches Feld auf. Tritt jedoch eine Deformation des Bauteils im Bereich der Unterbrechung 130 des magnetischen Messkreises 110 auf, so ändert sich der Abstand A der Unterbrechung 130 und damit das induzierte magnetische Feld, wobei die daraus resultierende Änderung des magnetischen Flusses in den Messkreisen 110, 210 über die Messstrecken 313A, 313B, 313C, 313D detektiert wird. In einer entsprechenden Auswerteelektronik (nicht dargestellt) kann diese Änderung des magnetischen Flusses analysiert werden und gegebenenfalls beispielsweise eine Warnung hinsichtlich der Stabilität des Bauteils ausgegeben werden.

In der Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kraftsensors 100 dargestellt. Hierbei ist der Kraftsensor 100 zweiteilig aufgebaut, wobei ein erster Teil, der Überwachungsteil 100A auf einem zu überwachenden Bauteil 1 angeordnet ist. Ein zweiter Teil, der Messteil 100B des Kraftsensors 100 ist auf einem vom ersten Bauteil 1 über einen Spalt 3 beabstandeten zweiten Bauteil 2 angeordnet.

Der außenliegende magnetische Messkreis 110 liegt mit einem ersten Teil 110A, dessen magnetische Leiterbahn 111 die Unterbrechung 130 aufweist, auf dem zu überwachenden Bauteil 1, während sein zweiter Teil 110B mit einem Erregermagneten 120 auf dem Bauteil 2 angeordnet ist. Ebenso ist der innenliegende magnetische Kompensationskreis 210 zweiteilig, nämlich mit einem ersten Teil 210A auf dem ersten Bauteil 1 und mit seinem zweiten Teil 210B mit seiner Leiterbahn 211 auf dem zweiten Bauteil 2 angeordnet ist, aufgebaut. Die Leiterbahnen 111, 211 enden jeweils in dem Messchip 300.

Dieser zweiteilige Aufbau des erfindungsgemäßen Kraftsensors 100 mit zwei Unterbrechungen, nämlich der Unterbrechung 130 der magnetischen Leiterbahn 111 sowie dem Spalt 3, über zwei Bauteile 1, 2 hinweg erlaubt eine allfällige Deformierung des ersten Bauteils 1 zu überwachen. Hierbei ändert sich, wie schon bereits zuvor beschrieben, bei einer Deformation des ersten Bauteils 1 der Abstand A in der Unterbrechung 130 und damit der magnetische Fluss innerhalb des Kraftsensors 100. Gleichzeitig wird aber auch die relative Position der beiden Bauteile 1, 2 zueinander überwacht. Da die beiden Erregermagneten 120, 220 auf dem zweiten Bauteil 2 in unmittelbarer Nähe zu den Leiterbahnen 111, 112 auf dem ersten Bauteil 1 angeordnet sind, verändert sich wiederum der magnetische Fluss, wenn sich der Spalt 3 zwischen den beiden Bauteilen 1, 2 vergrößert oder verkleinert, oder aber sich die Position des ersten Bauteils 1 in Relation zu dem zweiten Bauteil 2 verschiebt, ohne dass sich ihr Abstand zueinander verändert.

Ist der zu überwachende Bauteil 1 aus einem magnetischen Material hergestellt, so ist es erforderlich, den magnetischen Messkreis 110 sowie gegebenenfalls den Kompensationskreis 210 isoliert auf diesem Bauteil 1 aufzubringen. Hierzu ist in einer weiteren Ausführung der Erfindung - wie in Fig. 5 dargestellt - vorgesehen, dass eine nichtmagnetische Isolierungsschicht 10 aus beispielsweise Kupfer, Zinn, Zink oder einer Legierung aus diesen Elementen, aber auch einer nichtmagnetischen Legierung von Eisenmetallen mit Phosphor mittels galvanischer Verfahren aufgebracht wird. Auf diese nichtmagnetische Schicht 10 wird anschließend der magnetische Messkreis 110 mit zugehörigem Erregermagneten 120 ebenfalls galvanisch abgeschieden.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Messen von auf einem Bauteil (1,2) einwirkenden Kräften mittels zumindest eines magnetischen Kraftsensors (100), wobei der Kraftsensor (100) zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) aus weichmagnetischem Material aufweist, und die zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) zumindest eine Unterbrechung (130) mit einem Abstand (A) aufweist, wobei permanent ein magnetischer Fluss in der zumindest einen magnetische Leiterbahn (111, 211) induziert wird, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetische Fluss überwacht wird und eine Änderung des Abstands (A) der zumindest einen magnetische Leiterbahn (111, 211) eine Änderung des magnetischen Flusses in der zumindest einen magnetische Leiterbahn (111, 211) bewirkt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der magnetische Fluss in der zumindest einen Leiterbahn (111, 211) durch zumindest einen Erregermagnet (120, 220), der bevorzugterweise in unmittelbarem Kontakt mit der zumindest einen magnetischen Leiterbahn (111, 211) steht, induziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messung des magnetischen Flusses induktiv, nach dem Fluxgate-Prinzip, über den anisotropen magnetischen Widerstand oder der Magnetoimpedanz erfolgt.
4. Magnetischer Kraftsensor (100) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 mit zumindest einer Leiterbahn (111, 211) aus weichmagnetischem Material, wobei die zumindest eine Leiterbahn (111, 211) zumindest eine Unterbrechung (130) mit einem Abstand (A) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftsensor (100) auf einem Substrat, insbesondere auf einem zu überwachenden Bauteil (1, 2) angeordnet und eine Änderung des Abstands (A) bzw. eine Änderung des magnetischen Flusses in der zumindest einen magnetischen Leiterbahn (111, 211) überwacht ist.
5. Kraftsensor (100) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine magnetische Sperrschicht (10) aus nichtmagnetischem Material vorgesehen ist.

6. Kraftsensor (100) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Erregermagnet (120, 220) vorgesehen ist, der ein Permanentmagnet, beispielsweise aus einer hartmagnetischen Legierung oder eine nichtmagnetische Matrix mit eingelagerten permanentmagnetischen Partikel, oder ein Elektromagnet ist.
7. Kraftsensor (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, gekennzeichnet durch zumindest eine Messeinrichtung zur Überwachung des magnetischen Flusses innerhalb der zumindest einen Leiterbahn (111, 211).
8. Kraftsensor (100) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Messeinrichtung als Messchip (300) mit zumindest einer, vorzugsweise zwei oder vier internen magnetischen Messstrecken (313) ausgebildet ist, wobei der Messchip (300) vorzugsweise auf einem elektrisch isolierenden Träger (310) angeordnet ist.
9. Kraftsensor (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine magnetische Leiterbahn (111) mit der zumindest einen Unterbrechung (130) und die zumindest eine Messeinrichtung einen magnetischen Messkreis (110) bilden.
10. Kraftsensor (100) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Erregermagnet (120) als Teil des magnetischen Messkreises (110) ausgebildet ist.
11. Kraftsensor (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 10 dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein magnetischer Kompensationskreis (210) mit vorzugsweise zumindest einem weiteren Erregermagneten (220) vorgesehen ist.
12. Herstellungsverfahren für einen Kraftsensors (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf einem Substrat, vorzugsweise auf einem zu überwachenden Bauteil (1, 2) zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) mit zumindest einer Unterbrechung (130) mit einem Abstand (A) aufgebracht wird, wobei die Aufbringung vorzugsweise mittels galvanischer Abscheidung erfolgt.

13. Herstellungsverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine magnetische Leiterbahn (111, 211) aus einer weichmagnetischen Legierung, beispielsweise aus einer Nickel-Eisen-Legierung besteht.
14. Herstellungsverfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Aufbringung der zumindest einen Leiterbahn (111, 211) eine nichtmagnetische Schicht (10) auf das Grundmaterial, insbesondere auf den zu überwachenden Bauteil (1, 2) erfolgt, die vorzugsweise aus der Gruppe ausgewählt ist, die Kupfer, Zinn, Zink oder eine Legierung aus zwei oder mehr dieser Elemente oder eine nichtmagnetische Legierung von Eisenmetallen mit Phosphor enthält.
15. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Erregermagnet (120, 220) mittels galvanischer Abscheidung auf das Substrat aufgebracht wird.
16. Herstellungsverfahren Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine permanentmagnetische Legierung, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Legierungen wie Kobalt-Nickel-Phosphor, Kobalt-Nickel-Mangan-Phosphor, Kobalt-Nickel-Rhenium-Phosphor, Eisen-Platin, Kobalt-Platin und Bismut-Mangan enthält, galvanisch auf dem Substrat abgeschieden wird.
17. Herstellungsverfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass in eine nichtmagnetische, metallische Matrix während der galvanischen Abscheidung auf dem Substrat permanentmagnetische Mikro- oder Nanopartikel eingebaut werden.

2017 01 27; Ha

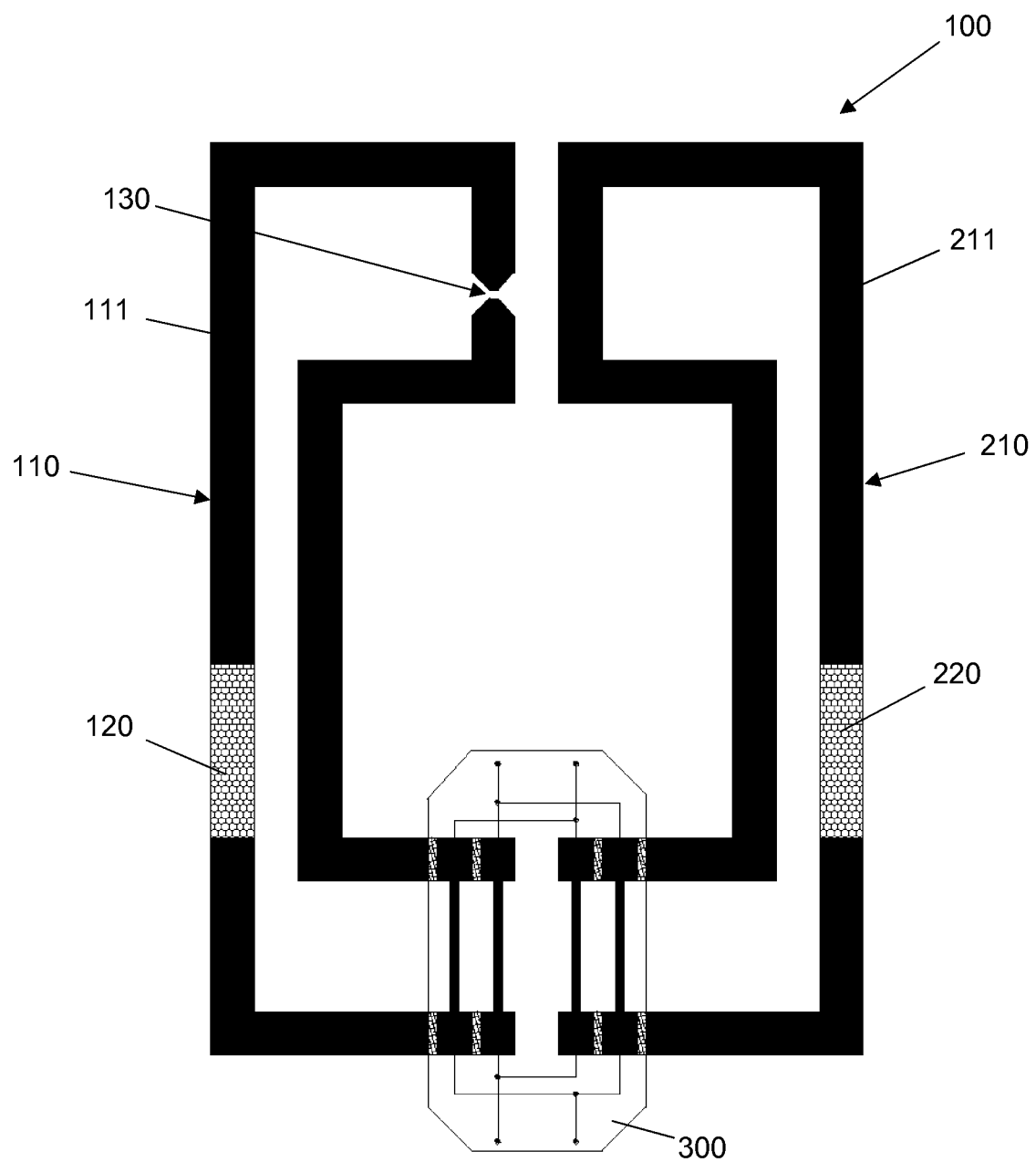


Fig. 1

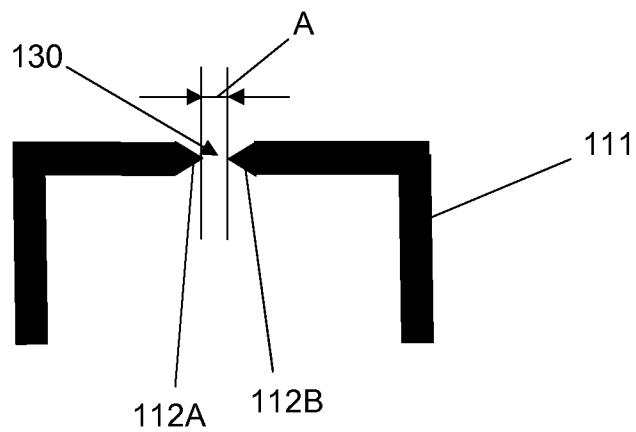


Fig. 2

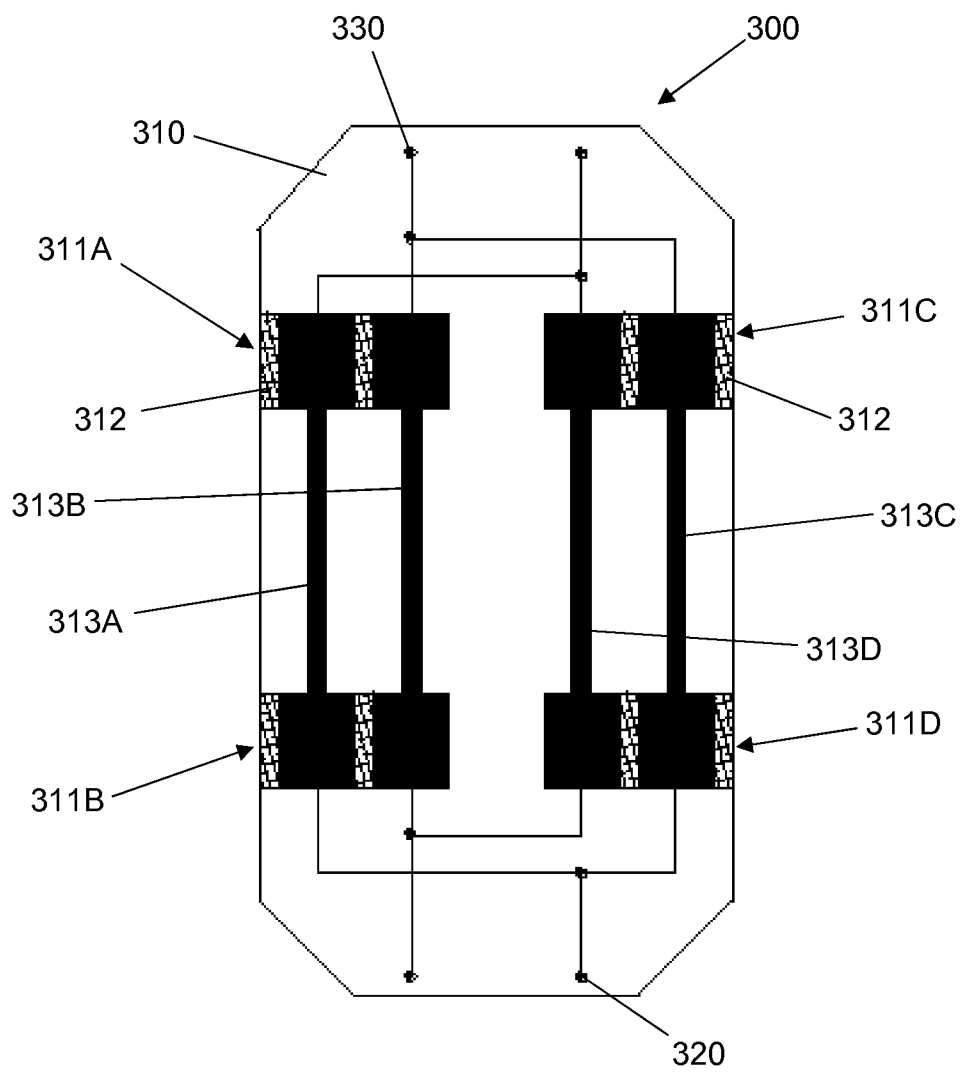


Fig. 3

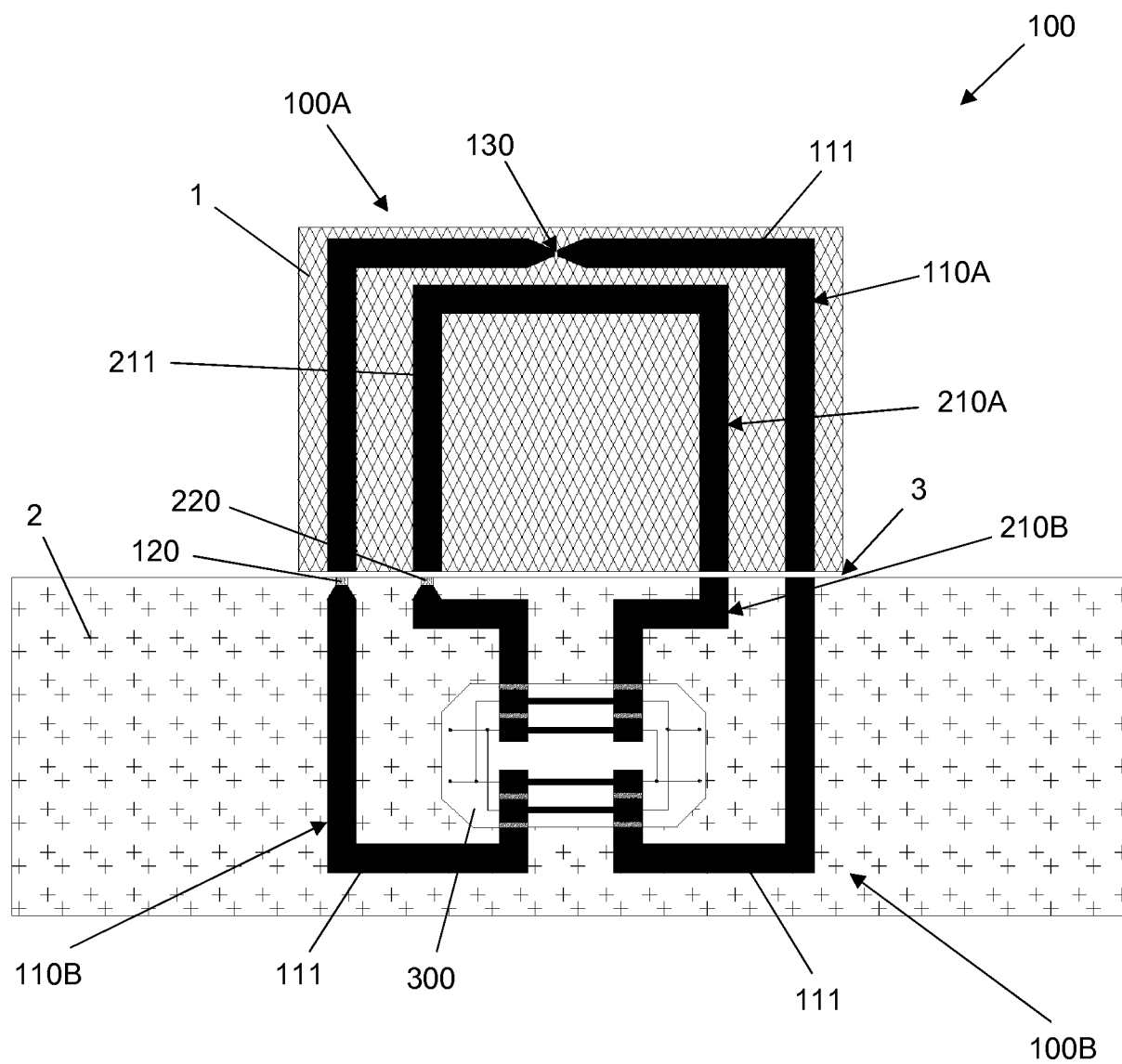


Fig. 4

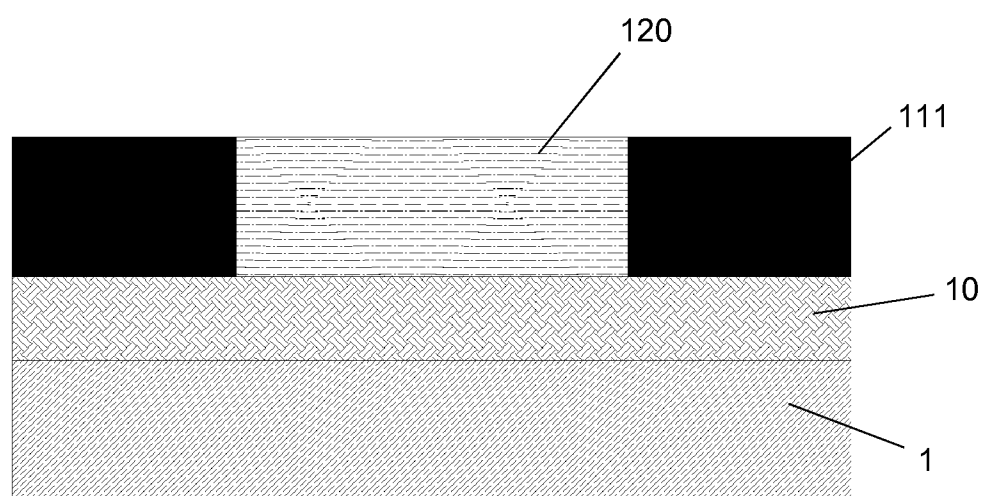


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

G01L 1/12 (2006.01); **G01B 7/24** (2006.01); **G01L 1/14** (2006.01); **G01B 5/30** (2006.01); **G01D 5/20** (2006.01); **G01B 7/14** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

G01L 1/12 (2013.01); **G01B 7/24** (2013.01); **G01L 1/14** (2013.01); **G01B 5/30** (2013.01); **G01D 5/20** (2013.01); **G01B 7/14** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

G01L, G01B, G01C, G01D

Konsultierte Online-Datenbank:

epodoc, patdew, patenw, Volltextdatenbanken

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **27.01.2017** eingereichten Ansprüchen **1-17** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2231702 A (BURGWIN STEPHEN L ET AL.) 11. Februar 1941 (11.02.1941) Fig. 1, Fig. 2; Seite 1 Spalte 1 Zeilen 30-53, Seite 1 Spalte 2 Zeilen 22-33, Seite 2 Spalte 1 Zeilen 28-48	1-3
A		4-13
X	DE 10023838 A1 (SIEMENS AG) 06. Dezember 2001 (06.12.2001) Fig. 16-18; Ansprüche 25-26; [0047], [0052], [0054]	1-14
Y		15-17
Y	US 2016176702 A1 (PAGANI ALBERTO ET AL.) 23. Juni 2016 (23.06.2016) Fig. 1, Fig. 2; [0028], [0031], [0034], [0036], [0040]-[0041]	15-17
A		1-14
A	DEZUARI O. ET AL. Printed circuit board integrated fluxgate sensor. Sensors and Actuators A: Physical, 1 April 2000, Vol. 81, Issues 1-3, Seiten 200-203, ISSN 0924-4247 [online], [abgerufen am 2017-12-14]. Abgerufen von < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424799000886 > Introduction, Abschnitt 3.1; Fig. 1, Fig. 3a, Fig. 3b	1-16

Datum der Beendigung der Recherche:

14.12.2017

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

DOBLHOFF-LÖFFLER Veronika

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.