



(10) **DE 10 2016 218 017 B3** 2018.01.11

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 218 017.7**
(22) Anmeldetag: **20.09.2016**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **11.01.2018**

(51) Int Cl.: **G01L 3/10 (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:
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074
Herzogenaurach, DE**

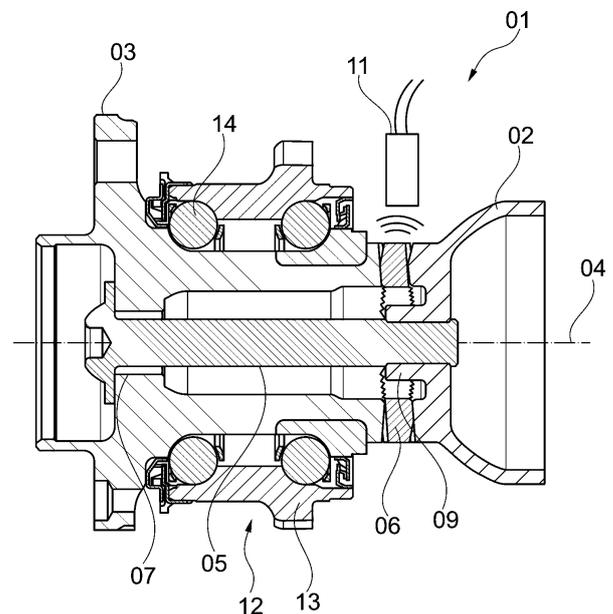
(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|----|-----------------|----|
| DE | 101 16 784 | A1 |
| DE | 10 2013 217 835 | A1 |
| DE | 694 14 937 | T2 |

(72) Erfinder:
**Kraus, Manfred, 91074 Herzogenaurach, DE;
Köneke, Klaus-Peter, 91315 Höchstadt, DE**

(54) Bezeichnung: **Drehmomentenmessanordnung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Drehmomentenmessanordnung (01), die ein antreibendes und ein angetriebenes Maschinenelement (02, 03) umfasst. Beide Maschinenelemente (02, 03) sind um eine gemeinsame Rotationsachse (04) rotierbar. Weiterhin umfasst die Drehmomentenmessanordnung (01) eine Torsionsscheibe (05) aus einem Material mit invers-magnetostriktiven Eigenschaften. Die Torsionsscheibe (05) ist um die Rotationsachse (04) rotierbar, axial zwischen den beiden Maschinenelementen (02, 03) angeordnet und mit diesen kraft- und/oder formschlüssig verbunden. Dadurch wird ein Drehmoment zwischen diesen beiden Maschinenelementen (02, 03) über die Torsionsscheibe (05) übertragen. Weiterhin umfasst die erfindungsgemäße Drehmomentenmessanordnung (01) einen Magnetfeldsensor (11), welcher innerhalb eines von der Torsionsscheibe (05) beeinflussbaren Magnetfeldes positioniert ist, um die Magnetfeldänderung zu erfassen, die durch deren Torsion hervorgerufen wird, wenn das Drehmoment auf die Torsionsscheibe (05) einwirkt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Drehmomentenmessanordnung, die ein antreibendes und ein angetriebenes Maschinenelement sowie eine zwischen diesen positionierte Torsionsscheibe und einen Magnetfeldsensor umfasst.

[0002] Die DE 10 2013 225 937 A1 beschreibt einen Sensor zum Erfassen eines auf ein Messobjekt aufgetragenen Drehmoments um eine Drehachse. Mit dem Messobjekt ist ein Rotationskörper drehbar. Konzentrisch zum Rotationskörper sind ein erstes und ein zweites Encoderrad angeordnet, die axial über ein elastisch verdrehbares Element miteinander verbunden sind. Eine Auswerteschaltung dient der Ausgabe eines von einer relativen Winkellage beider Encoderräder zueinander abhängigen Ausgangssignals. Das elastisch verdrehbare Element besitzt eine strukturierte Oberfläche. Das zur Anwendung kommende Messprinzip ist die Lagemessung.

[0003] In der DE 10 2013 219 079 A1 wird ein Bauteil eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung einer Materialspannung mittels Magnetostriktion beschrieben. Bei dem Bauteil handelt es sich um eine Welle, auf der der Messbereich als ein Abschnitt der Welle ausgebildet ist, und sich über den gesamten Umfang oder über Umfangsabschnitte der Welle erstreckt. Nachteilig ist, dass der Messbereich als Oberflächenbeschichtung aufgebracht ist, was über die Lebensdauer zu veränderlichen Messcharakteristiken führen kann.

[0004] Die EP 0 609 463 A1 zeigt ein Verfahren zum Herstellen einer magnetostriktiven Drehmomentsensorwelle. Bei dem Verfahren wird ein Wellengrundkörper in einem bestimmten Abschnitt umlaufend mit einer magnetostriktiven Legierung überzogen. Nachteilig ist der hohe Herstellungsaufwand für derart hergestellte Drehmesssensoren.

[0005] Die EP 2 216 702 A1 beschreibt einen Magnetfeldvektorsensor zur Messung eines Drehmomentes. Der Sensor ist über mindestens einem umlaufenden magnetostriktiven Abschnitt einer Welle beabstandet angebracht. Dabei ist der magnetostriktive Abschnitt der Welle als Ring auf der Trägerwelle angebracht. Nachteilig ist der Schlupf zwischen Trägerwelle und Ring, durch den ein maximal aufbringbares Moment vorgegeben wird.

[0006] Nachteilig am Stand der Technik ist, dass die bekannten Systeme zur Messung eines Drehmomentes nur aufwendig herzustellen sind, sofern eine hohe Empfindlichkeit angestrebt wird, oder dass sie schlechte Messeigenschaften und ggf. über die Lebensdauer veränderliche Charakteristiken aufweisen, wenn sie einfacher herzustellen sind.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Drehmomentenmessanordnung bereit zu stellen, welche sich für die Messung von Drehmomenten an rotierbaren Elementen eignet, über die Lebensdauer robust ist und einfach herzustellen.

[0008] Die genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Drehmomentenmessanordnung gemäß dem beigefügten Anspruch 1.

[0009] Die erfindungsgemäße Drehmomentenmessanordnung dient primär zur Messung eines Drehmomentes zwischen zwei rotierenden Maschinenelementen. Hierfür umfasst die Drehmomentenmessanordnung ein antreibendes Maschinenelement und ein angetriebenes Maschinenelement, eine Torsionsscheibe sowie einen Magnetfeldsensor. Das antreibende und angetriebene Maschinenelement rotieren um eine gemeinsame Rotationsachse. Die Torsionsscheibe rotiert ebenfalls um die Rotationsachse und ist axial zwischen dem antreibenden und dem angetriebenen Maschinenelement angeordnet. Um ein Drehmoment zwischen dem antreibenden und dem angetriebenen Maschinenelement zu übertragen, ist die Torsionsscheibe kraft-, stoff- und/oder formschlüssig mit den beiden Maschinenelementen verbunden. Die beiden Maschinenelemente können darüber hinaus über weitere Verbindungsmittel verbunden sein, jedoch derart, dass die vom antreibenden Maschinenelement an das angetriebene Maschinenelement übertragenen Drehmomente vorzugsweise ausschließlich über die Torsionsscheibe vermittelt werden. Auf weitere Drehmoment übertragende Verbindungsmittel wird somit vorzugsweise gänzlich verzichtet. Die Torsionsscheibe ist aus einem Material mit invers-magnetostriktiven Eigenschaften gebildet. Der Magnetfeldsensor dient zum Messen einer Magnetfeldänderung. Die Magnetfeldänderung wird durch Torsion der Torsionsscheibe hervorgerufen, sobald ein Drehmoment auf die Torsionsscheibe einwirkt. Das Magnetfeld wird bevorzugt von der Torsionsscheibe selbst bereitgestellt, wenn diese permanentmagnetische Eigenschaften hat, oder von einem externen Magneten, in dessen Magnetfeld die Torsionsscheibe rotiert.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das antreibende Maschinenelement als eine Antriebswelle bzw. eine Achse, besonders bevorzugt als eine Fahrzeugachse, ausgebildet. Das angetriebene Maschinenelement ist bevorzugt als ein rotierendes Teil eines Lagers, vorzugsweise als ein rotierendes Teil eines Radlagers, insbesondere als Innenring eines Radlagers, ausgebildet. In abgewandelten Ausführungen sind die beiden Maschinenelemente als Rotationslageranordnung ausgebildet. Generell lassen sich durch die erfindungsgemäße Drehmomentenmessanordnung die zwischen unterschiedlichsten rotierenden Maschinenelementen auftretenden Drehmomente erfassen.

[0011] An einem oder beiden Maschinenelementen, beispielsweise also an der Antriebswelle ist bevorzugt mindestens eine koaxiale zylindrische Führungsfläche ausgeformt. Die Führungsfläche dient zur Lagerung und Führung der Torsionsscheibe, sodass diese koaxial ausgerichtet ist.

[0012] Bevorzugt ist die Torsionsscheibe aus ferro- und/oder ferrimagnetischen Stoffen, besonders bevorzugt aus dem Material 35NiCrMo16, gebildet. Bevorzugt besteht die Torsionsscheibe aus einem Material mit deutlich invers-magnetostriktiven Eigenschaften. Beim Einwirken einer mechanischen Spannung, also wie im vorliegenden Anwendungsfall von Torsionskräften, auf ein Bauteil mit den genannten Materialeigenschaften kann aus der resultierenden Magnetfeldänderung auf die Größe der einwirkenden mechanischen Spannung gefolgert werden. Das beschriebene Materialverhalten ist dem Fachmann als inverse Magnetostriktion bekannt und muss daher hier nicht näher beschrieben werden. Die auftretende Magnetfeldänderung ist mit heute verfügbaren Sensoren messbar.

[0013] Die Torsionsscheibe ist bevorzugt ringförmig ausgebildet, sodass sie eine innere und einer äußere Umfangsfläche aufweist. Weiterhin weist die Torsionsscheibe eine axiale Torsionsscheibendurchgangsöffnung auf. Die Torsionsscheibe ist bevorzugt durch Kopplungsmittel mit dem antreibenden und dem angetriebenen Maschinenelement verbunden. Die Kopplungsmittel können auf jede bekannte Art ausgeführt sein. Kopplungsmittel können beispielsweise gebildet sein durch Nieten, Bolzen oder Stifte. Ebenso können Flächen mit einer Passfeder-Nut-Verbindung als Kopplungsmittel wirken. Bevorzugt sind die Kopplungsmittel an den sich gegenüberliegenden Flächen der Torsionsscheibe und der beiden Maschinenelemente komplementär ausgebildet. Besonders bevorzugt sind die Kopplungsmittel als Flächen mit Stirnradverzahnung ausgebildet. Um eine zuverlässige Verbindung zu gewährleisten, erstreckt sich die Stirnradverzahnung in radialer Richtung umlaufend über die Flächen der Maschinenelemente und dazu komplementär über die Seitenflächen der Torsionsscheibe. Das derart ausgebildete Kopplungsmittel ist aufwandsarm zu fertigen, bedarf keines zusätzlichen Montageschrittes und führt zu einer zuverlässigen Verbindung zwischen der Torsionsscheibe und den angrenzenden Maschinenelementen, wobei auch hohe Drehmomente übertragen werden können.

[0014] Bevorzugt dient ein Verbindungselement, das beispielsweise als eine Schraube ausgebildet ist, zum axialen Verspannen der Torsionsscheibe zwischen dem antreibenden und dem angetriebenen Maschinenelement, also beispielsweise zwischen dem rotierenden Teil des Lagers und der Antriebswelle. Dabei ist das Verbindungselement koaxi-

al zur Rotationsachse durch eine Durchgangsöffnung im rotierenden Teil des Lagers und durch eine Torsionsscheibendurchgangsöffnung geführt. Beispielsweise im Bereich der Führungsfläche der Achse kann ein koaxial angeordnetes Innengewinde vorgesehen sein, in das die Schraube teilweise eingeschraubt ist.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Magnetfeldsensor berührungslos und vorzugsweise gegenüberliegend zur äußeren Umfangsfläche der Torsionsscheibe platziert. Der Magnetfeldsensor kann in abgewandelten Ausführungen aber auch rotierbar ausgebildet und an anderer Stelle in die Messanordnung integriert sein, beispielsweise in einer zentralen Bohrung in einem der beiden Maschinenelemente. Weiterhin ist es möglich dass der Magnetfeldsensor am angetriebenen Maschinenelement befestigt angeordnet ist.

[0016] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Drehmomentenmessanordnung besteht darin, dass die Torsionsscheibe bei geeigneter Materialauswahl über eine lange Lebensdauer konstante invers-magnetostriktive Eigenschaften aufweist, die kontinuierliche und langzeitstabile Messergebnisse erlauben.

[0017] Die Torsionsscheibe ist bevorzugt einzeln zwischen den beiden Maschinenelementen montiert, so dass im Bedarfsfall die einzelnen Komponenten ersetzbar sind. Die erfindungsgemäße Drehmomentenmessanordnung ist somit über einen langen Zeitraum robust im Einsatz, einfach zu montieren und zu demontieren und häufig preiswerter herzustellen als bisher bekannte Systeme zur Drehmomentenmessung an rotierenden Maschinenelementen.

[0018] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

[0019] Fig. 1 eine Schnittdarstellung einer zusammengebauten Drehmomentenmessanordnung;

[0020] Fig. 2 eine explodierte Darstellung der Drehmomentenmessanordnung;

[0021] Fig. 1 zeigt beispielhaft eine erfindungsgemäße Drehmomentenmessanordnung **01** in geschnittener Ansicht, während Fig. 2 eine explodierte Darstellung dieser Drehmomentenmessanordnung zeigt. Die Drehmomentenmessanordnung **01** umfasst ein antreibendes Maschinenelement in Form einer Antriebswelle **02**, insbesondere eines Fahrzeugs und ein angetriebenes Maschinenelement in Form eines rotierbaren Innenrings **03** eines Radlagers **12**. Die Antriebswelle **02** und der rotierbare Innenring **03** sind axial zueinander ausgerichtet und um

eine gemeinsame Rotationsachse **04** rotierbar. Das Radlager **12** umfasst in bekannter Weise einen stationären Außenring **13** und Wälzkörper **14**.

[0022] Die Drehmomentenmessanordnung **01** dient zur Messung eines Drehmomentes, welches bei üblichem Betrieb durch wirkende Beschleunigungs- oder Bremskräfte zwischen der Antriebswelle **02** und dem Innenring **03** auftreten. Gleichzeitig wird die normale Funktion des Radlagers unverändert aufrechterhalten.

[0023] Axial zwischen dem antreibenden Maschinenelement bzw. der Antriebswelle **02** und dem angetriebenen Maschinenelement bzw. dem Innenring **03**, ist eine Torsionsscheibe **05** angeordnet. Die Torsionsscheibe **05** rotiert gemeinsam mit den beiden Maschinenelementen ebenfalls um die Rotationsachse **04**. Die Torsionsscheibe **05** dient zur Übertragung auftretender Drehmomente von dem antreibenden Maschinenelement **02** an das angetriebene Maschinenelement **03**. Bei auftretenden Drehmomenten entstehen in der Torsionsscheibe **05** mechanische Spannungen, die zu einer Torsion der Torsionsscheibe **05** führen. In abgewandelten Ausführungen kann die Torsionsscheibe auch anders geformt sein, angepasst an die konkrete Einbausituation und mit dem Ziel, ein optimales Messergebnis zu erzielen.

[0024] Ein Verbindungselement, das bevorzugt als eine Schraube **06** gebildet ist, dient zum axialen Verspannen der Torsionsscheibe **05** mit dem antreibenden **02** und dem angetriebenen Maschinenelement **03**. Die Schraube **06** ist zur Aufnahme axialer Kräfte ausgebildet und koaxial zur Rotationsachse **04** durch eine Durchgangsöffnung **07** des angetriebenen Maschinenelementes **03** und durch eine Torsionsscheibendurchgangsöffnung **08** der Torsionsscheibe **05** geführt.

[0025] Das antreibende Maschinenelement **02** weist eine koaxial angeordnete und zylindrisch ausgeformte Führungsfläche **09** auf. Die Führungsfläche **09** dient zur Lagerung und Führung der Torsionsscheibe **05** und zumindest zur teilweisen Aufnahme der Schraube **06** in einem koaxial zur Führungsfläche **09** angeordneten Innengewinde. Anstelle der Schraube **06** können andere Verbindungsart ausgewählt werden.

[0026] Weiterhin zeigt die Fig. 2 die Seitenflächen der Torsionsscheibe **05**, die am antreibenden Maschinenelement **02** bzw. am angetriebenen Maschinenelement **03** zur Anlage kommen. Um eine möglichst schlupffreie Übertragung der Drehmomente zu gestatten wird eine kraft- und/oder formschlüssige Verbindung durch Kopplungsmittel erzeugt, die im dargestellten Beispiel als ineinandergreifende Stirnverzahnung **10** ausgebildet sind. Die Stirnverzahnung **10** erstreckt sich in radialer Richtung umlaufend

über die Flächen der Maschinenelemente **02**, **03** und dazu komplementär über die Seitenflächen der Torsionsscheibe **05**.

[0027] Diese als Stirnverzahnung **10** auf den Oberflächen ausgebildeten Kopplungsmittel sind nur beispielhaft genannt. Andere Kopplungsmittel, wie Stifte, Bolzen u. ä. kann der Fachmann auswählen und an die erforderlichen Bedingungen, insbesondere die zu übertragenden Drehmomente anpassen.

[0028] Durch die invers-magnetostriktiven Eigenschaften der Torsionsscheibe **05** kommt es in Folge von Torsion zu einer Änderung eines Magnetfeldes. Im einfachsten Fall wird das Magnetfeld von der Torsionsscheibe **05** selbst bereitgestellt, wenn diese als Permanentmagnet ausgebildet ist. Alternativ ist ein externer Magnet (nicht gezeigt) bereitgestellt, in dessen Magnetfeld die Torsionsscheibe rotiert. Die Magnetfeldänderung ist durch einen Magnetfeldsensor **11** messbar. In dem gezeigten Beispiel ist der Magnetfeldsensor **11** radial beabstandet von einer äußeren Umfangsfläche der Torsionsscheibe **05** und in dem von der Torsionsscheibe **05** beeinflussbaren Magnetfeld positioniert.

Bezugszeichenliste

| | |
|-----------|---|
| 01 | Drehmomentenmessanordnung |
| 02 | antreibendes Maschinenelement/Antriebswelle |
| 03 | angetriebenes Maschinenelement/Innenring |
| 04 | Rotationsachse |
| 05 | Torsionsscheibe |
| 06 | Verbindungselement/Schraube |
| 07 | Durchgangsöffnung |
| 08 | Torsionsscheibendurchgangsöffnung |
| 09 | Führungsfläche |
| 10 | Kopplungsmittel/Stirnverzahnung |
| 11 | Magnetfeldsensor |
| 12 | Radlager |
| 13 | Außenring |
| 14 | Wälzkörper |

Patentansprüche

1. Drehmomentenmessanordnung (**01**) umfassend:
 - ein antreibendes (**02**) und ein angetriebenes Maschinenelement (**03**), die um eine gemeinsame Rotationsachse (**04**) rotierbar sind;
 - eine Torsionsscheibe (**05**) aus einem Material mit invers-magnetostriktiven Eigenschaften, welche um die Rotationsachse rotierbar ist, axial zwischen den beiden Maschinenelementen (**02**, **03**) angeordnet und mit diesen kraft-, stoff- und/oder formschlüssig verbunden ist, um ein Drehmoment zwischen diesen beiden Maschinenelementen (**02**, **03**) zu übertragen;
 - einen Magnetfeldsensor (**11**), welcher innerhalb eines von der Torsionsscheibe (**05**) beeinflussbaren

Magnetfeldes positioniert ist, um die Magnetfeldänderung zu erfassen, die durch Torsion der Torsionsscheibe (05) hervorgerufen wird, wenn das Drehmoment auf die Torsionsscheibe (05) einwirkt.

2. Drehmomentenmessanordnung (01) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Torsionsscheibe (05) durch Kopplungsmittel (10) mit dem antreibenden Maschinenelement (02) und/oder dem angetriebenen Maschinenelement (03) verbunden ist, wobei die Kopplungsmittel (10) ausgewählt sind aus der folgenden Gruppe:

- Flächen mit Stirnradverzahnung;
- Flächen mit Passfeder-Nut-Verbindung;
- Stifte;
- Bolzen;
- Niete.

3. Drehmomentenmessanordnung (01) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Magnetfeldsensor (11) berührungslos zur Torsionsscheibe (05) platziert ist.

4. Drehmomentenmessanordnung (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Torsionsscheibe (05) ringförmig ausgebildet ist und eine axiale Torsionsscheibendurchgangsöffnung (08) aufweist.

5. Drehmomentenmessanordnung (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Torsionsscheibe (05) aus einem ferro- und/oder ferrimagnetischen Stoff gebildet ist.

6. Drehmomentenmessanordnung (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das antreibende Maschinenelement als eine Antriebswelle (02), und das angetriebene Maschinenelement als ein rotierendes Teil eines Lagers ausgebildet ist.

7. Drehmomentenmessanordnung (01) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Antriebswelle (02) eine koaxiale zylindrische Führungsfläche (09) ausgebildet ist, auf welcher die Torsionsscheibe (05) gelagert ist.

8. Drehmomentenmessanordnung (01) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Verbindungselement (06) koaxial zur Rotationsachse (04) durch eine Durchgangsöffnung (07) im Innenring (03) des Radlagers sowie durch die Torsionsscheibe (05) verläuft und an der Antriebswelle (02) koaxial befestigt ist, um diese drei Teile axial miteinander zu verspannen.

9. Drehmomentenmessanordnung (01) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungselement eine Schraube (06) ist, die in ein ko-

axial an der Antriebswelle (02) angeordnetes Innengewinde eingeschraubt ist.

10. Drehmomentenmessanordnung (01) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie integraler Bestandteil eines Radlagers an einem Kraftfahrzeug ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

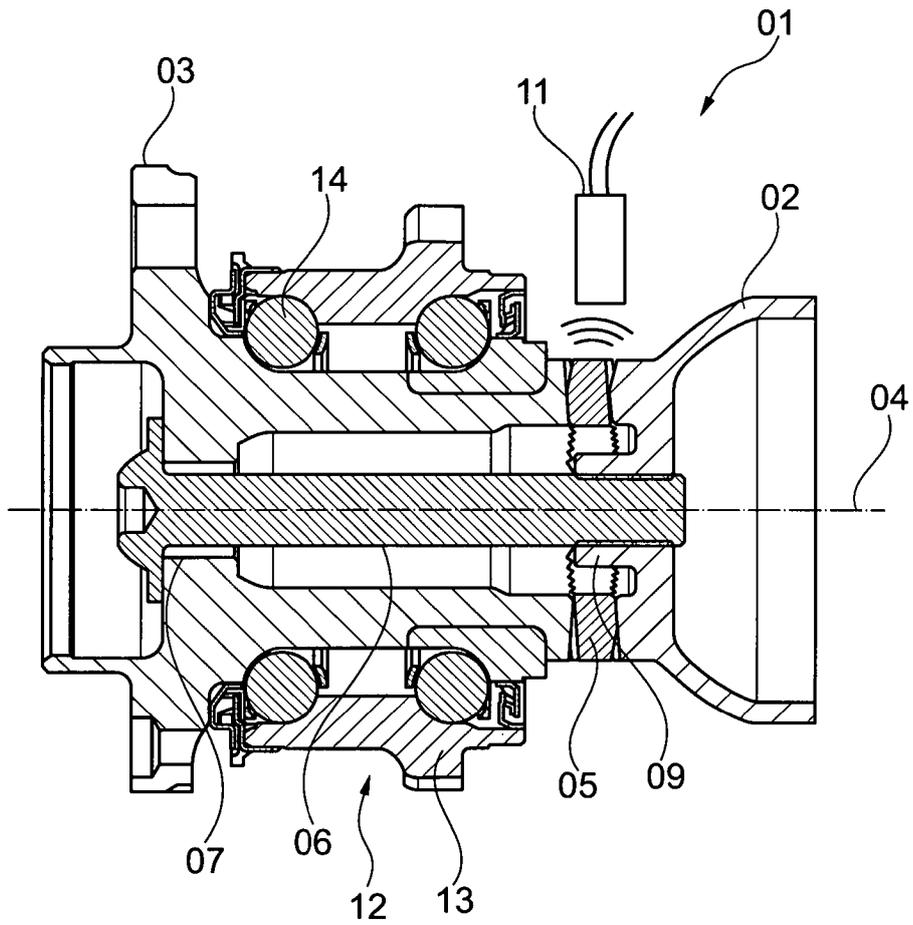


Fig. 1

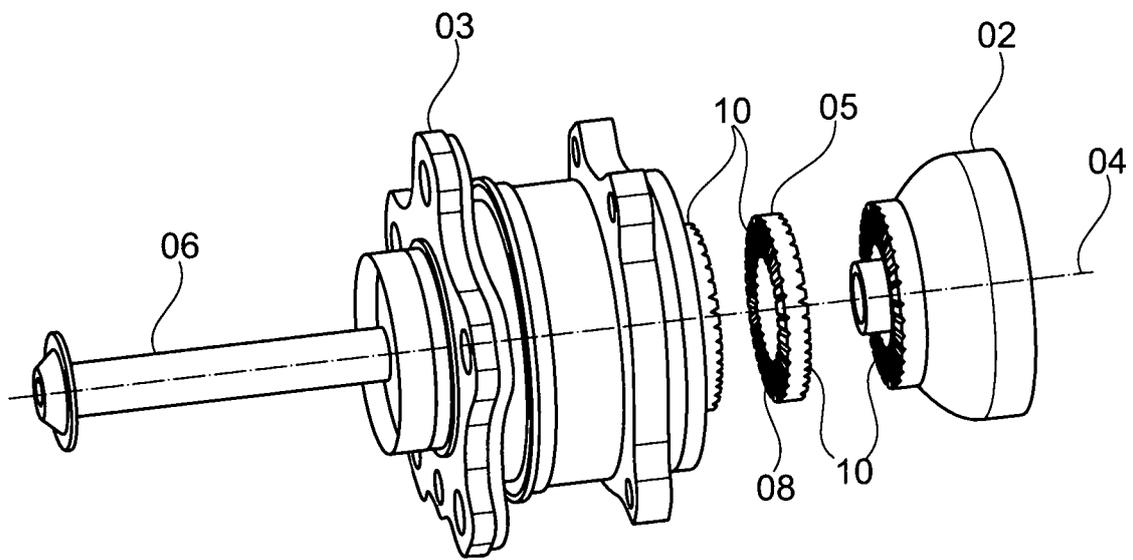


Fig. 2