



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 07 540 T2 2004.11.11**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 221 030 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01L 3/10**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 07 540.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/10022**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 972 736.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/27584**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.10.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **19.04.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **02.01.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.11.2004**

(30) Unionspriorität:  
**9924046 11.10.1999 GB**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Fast Technology AG, 85521 Ottobrunn, DE**

(72) Erfinder:  
**MAY, Axel, Lutz, 82538 Gelting, DE**

(74) Vertreter:  
**Becker, Kurig, Straus, 80336 München**

(54) Bezeichnung: **DREHMOMENTSENSOR**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die Bestimmung des in einer Antriebswelle erzeugten Drehmoments. Sie betrifft insbesondere die kontaktfreie Bestimmung eines derartigen Drehmoments unter Verwendung magnetisierter Wandler, wobei sucht die Einflüsse interferierender Magnetfelder kompensiert, eliminiert oder vermieden werden sollen.

**[0002]** Es wurden schon früher Vorschläge gemacht, magnetisierte Wandlerelemente für die Drehmomentsbestimmung zu verwenden, wobei die Wandlerelemente einen Ring darstellen, der an eine Verdrehwelle oder an der Welle selbst angebracht wurde. In diesem Zusammenhang wird auf US-P-5,351,555; 5,465,627 und 5,520,059 und die veröffentlichten PCT-Anmeldungen WO99/21150; WO99/21151 und WO99/56099 verwiesen. In diesen Besreibungen besteht der Ring oder die Welle aus umgebungsmäßig magnetisiertem, magnetoelastischem Material, so dass die Magnetisierung eine geschlossene Schleife um die Welle bildet. Ein Magnetisierungsmuster, das bei der Umsetzung dieser Erfindung angewendet werden kann, ist die längsgerichtete Magnetisierung des Wandlerbereichs. Eine Art der längsgerichteten Magnetisierung wird in der Internationalen Patentanmeldung PCT/GB00/03119 offenbart, die am 14. August 2000 angemeldet und unter der Nummer WO01/13081 veröffentlicht wurde.

**[0003]** Eine Merkmal von Wandlersystemen, bei denen die magnetisierten Wandlerelemente der vorstehend beschriebenen Art eingesetzt werden, besteht darin, dass die durch das Wandlerelement bereitgestellte, drehmomentabhängige Feldkomponente durch einen oder mehrere Sensoren erfasst werden können, die sich angrenzend, jedoch nicht in Kontakt, zu den Wandlerelementen befinden. Kontaktfreie Sensorevorrichtungen sind bei der Drehmomentsbestimmung rotierender Wellen von besonderem Wert.

**[0004]** Die vorstehend aufgeführten Verfahren beruhen auf magnetischen Grundlagen und können daher durch andere, interferierende Magnetfelder beeinflusst werden, wie beispielsweise durch das Magnetfeld der Erde oder durch Felder, die von Elektromotoren erzeugt werden. In einigen Umgebungen, in denen es wünschenswert ist, das Drehmoment einer Welle zu erfassen, können sehr starke magnetische Felder gegenwärtig sein, insbesondere in der longitudinalen Achse des Erfassungssystems. Eine übliche, diesbezügliche Anwendung ist die sich erstreckende Achse eines Elektromotors, der eine vom Motor vordringende Welle aufweist.

**[0005]** Die EP-A-0 434 089 zeigt einen Drehmomentwandler für die Erfassung des Drehmoments in einer rotierenden Welle, die einen Wandlerbereich

aufweist, in dem ein magnetisches Wandlerfeld erzeugt wird, wobei der Wandler mindestens einen kontaktfreien, an den Wandlerbereich angrenzenden Sensor aufweist, um ein drehmomentabhängiges Signal zu erzeugen und Mittel, die auf ein ein Niveau-repräsentierendes Signal für einen längsgerichteten Fluss ansprechen, und zu der genannten Welle magnetisch gekoppelt vorliegen, um einen kompensierenden Fluss zu erzeugen, der dem longitudinalen Fluss an dem Wandlerbereich entgegenwirkt. Bei dem Sensor handelt es sich um eine Spule, an die ein Drehmoment-abhängiges, alternierendes Magnetfeld gekoppelt ist. Die bewertende Schaltung erfasst ein interferierendes, statisches Feld nicht direkt, sondern durch den untergeordneten Effekt, den es durch Verzerrung der Schleife um die B-H-Krümmung ausübt, wobei es die Erzeugung von geraden, harmonischen Schwingungen bewirkt.

**[0006]** Die GB-A-968503 zeigt zwei Wandleranordnungen, die jeweils einen Lesekopf für das Lesen einer entsprechenden, ständig-geschriebenen, modulierten Magnetspur aufweisen, wobei der durch die Leseköpfe bereitgestellte Phasenunterschied der Signale ausgewertet wird, um das Drehmoment zu erhalten.

**[0007]** Die vorliegende Erfindung beinhaltet mehrere Gesichtspunkte. Ein erster kann allgemein als einem interferierenden, magnetischen Feld kompensierend oder entgegenwirkend angegeben werden. Eine zweiter kann allgemein als eine selektive Signalannäherung angegeben werden, insbesondere durch Einführung eines Frequenz-selektiven Elements in den zu messenden, drehmomentabhängigen, magnetischen Fluss, mit dem Signale aufgrund eines interferierenden Felds unterschieden werden können. Ein dritter Gesichtspunkt besteht darin, das interferierende, magnetische Feld als ein Quell-Feld zu nutzen und einzusetzen, um davon eine drehmomentabhängige Komponente zu erhalten. Ein vierter Gesichtspunkt ist ein neuer Weg, um das Drehmoment zu erfassen, auf den ein Frequenz-selektives Element angewendet werden kann. Es ist möglich, Kombinationen dieser Gesichtspunkte zu verwenden, insbesondere durch Kombination des ersten Gesichtspunkts mit dem zweiten oder dritten.

**[0008]** Eine erfindungsgemäße Ausführung gemäß dem vorstehend aufgeführten, ersten Gesichtspunkt stellt einen in Anspruch 1 definierten Drehmomentwandler bereit.

**[0009]** Vorzugsweise umfasst das an die Welle zur Erzeugung des kompensierenden Flusses gekoppelte Mittel mindestens eine stromtragende Spule um die Welle. Es kann ein paar axial beabstandete Spulen umfassen, zwischen denen sich der Wandlerbereich befindet. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine magnetische Struktur bereitgestellt werden, die

axial beabstandete Pole entlang der Welle aufweist, wobei mindestens eine Spule um die magnetische Struktur gewickelt ist.

**[0010]** Eine erfindungsgemäße Ausführung gemäß des vorstehend aufgeführten, dritten Gesichtspunkts stellt einen Drehmomentwandler für die Erfassung des Drehmoments in einer rotierenden Welle bereit, die im Betrieb ein sich dort entlang erstreckendes, longitudinales Feld aufweist, wobei mindestens ein Sensor kontaktfrei, angrenzend an einen Abschnitt der Welle, angeordnet ist, um ein Signal zu erfassen und bereitzustellen, das von der transversalen Komponente des aus dem longitudinalen Fluss als Antwort auf das Drehmoment der Welle entstehenden Flusses abhängt. Insbesondere ist eine transversale Komponente transversal zu der Rotationsachse und wird auf der Oberfläche des Bereichs der Welle üblicherweise als Komponente in der umgebungsmäßigen oder tangentialen Richtung nachgewiesen. In der bevorzugten Ausführungsform ist mindestens ein weiterer, kontaktfreier Sensor angeordnet, um den longitudinalen Fluss zu erfassen und um ein davon abhängendes Referenzsignal bereitzustellen, gegen das die transversale Komponente erfasst wird, die dazu verwendet wird, um einen Wert für das Drehmoment in der Welle zu erhalten.

**[0011]** In noch einer anderen Ausführung der Erfindung, dieses mal gemäß dem zweiten, vorstehend aufgeführten Gesichtspunkt des selektiven Signals, beinhaltet ein Drehmomentwandler für die Erfassung des Drehmoments in einer rotierenden Welle einen Anteil oder Bereich der Welle, die als ein Wandlerelement fungiert und die zwischen einem Spulenpaar angeordnet ist, das die Welle umgibt und angeschlossen ist, um ein longitudinales, magnetisches Feld durch den Wandlerbereich nach dem Einschalten der Spule zu induzieren. Die Spulen werden an eine Wechselstromquelle, vorzugsweise eine gepulste Quelle, angeschlossen, die bei einer ausgewählten Frequenz betrieben wird, so dass der Wandlerbereich einem magnetischen Feld alternierender Polarität unterworfen ist. Eine Sensorvorrichtung spricht auf eine drehmomentabhängige Komponente des alternierenden, magnetischen Felds an und stellt einen Wechselstrom-Ausgang bereit, der auf eine Frequenz-selektive Art verarbeitet und mit der Quell-Frequenz verknüpft wurde, um die gewünschte Komponente von jedem anderen Rauschen (Gleich- oder Wechselstrom) zu trennen. Die Frequenz-selektive Verarbeitung kann durch einen Hardware oder Software aufgeführten Filter erfolgen, der bei einer gewählten Frequenz betrieben und mit der Wechselstromquelle verknüpft ist, um die Filterfrequenz an die Quellfrequenz anzugleichen. Ein gleichlaufendes Detektionsschema kann dazu verwendet werden, um das Sensoren-Ausgangssignal mit der Hilfe des Wechselstrom-Quellausgangs nachzuweisen, um einen inhärenten Filterbetrieb bereitzustellen.

**[0012]** Gemäß einer anderen Ausführung umfasst eine Wandlervorrichtung zur vorzugsweise kontaktfreien Erfassung des Drehmoments in einer rotierenden Welle einen Löschkopf, der einen Bereich der Welle bei ihrer Rotation reinigt, einen Schreibkopf unterhalb des Löschkopfs in der Rotationsrichtung, um eine magnetische Spur auf den gereinigten Bereich zu schreiben, wobei die Spur eine bestimmte Breite aufweist, ein Paar auf die magnetische Spur ansprechende Leseköpfe in axialer Richtung beabstandet, wobei die Leseköpfe auf, zu oder angrenzend an entgegengesetzten Seiten der Spur angeordnet sind, um entsprechende Signale zu erzeugen, und ein auf die entsprechenden Signale reagierendes Differential-Mittel, um ein Signal bereitzustellen, das von dem Drehmoment in der Welle abhängt. Es ist bevorzugt, den Schreibkopf mit einem Wechselstrom-Signal zu betreiben, vorzugsweise mit einem gepulsten Signal, um die Wechselstromausgaben der Leseköpfe zu erfassen, die von der Wechselstrom-modulierten Spur abgeleitet sind. Die Erfassung kann auf eine Frequenz-selektive Art erfolgen, um die Abgrenzung von anderen, möglicherweise vorhandenen Signal-Feldern zu verbessern. Es ist bevorzugt, dass der Schreibkopf mit dem Kopfabstand in die umgebungsmäßige oder tangentiale Richtung ausgerichtet ist.

**[0013]** Aspekte und Merkmale dieser Erfindung werden in den Ansprüchen, die dieser Beschreibung folgen, dargelegt.

**[0014]** Ausführungsformen der Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, worin:

**[0015]** Fig. 1 bis 3 die Erfassung des Wellen-Drehmoments, unter Verwendung umgebungsmäßiger Magnetisierung, darstellen;

**[0016]** Fig. 4 und 5 die Erfassung des Wellen-Drehmoments, unter Verwendung longitudinaler Magnetisierung, darstellen;

**[0017]** Fig. 6 den longitudinalen, magnetischen Fluss zeigt, der in der Welle eines üblichen Elektromotors ausgebildet ist;

**[0018]** Fig. 7 und 8a eine Vorrichtung zum Schließen eines interferierenden, magnetischen Felds zeigen, das von einem Elektromotor, in Übereinstimmung zu einer ersten Ausführungsform der Erfindung, erzeugt wurde;

**[0019]** Fig. 8b eine End-Ansicht der Welle ist, die in Fig. 8a gezeigt wurde;

**[0020]** Fig. 9a und 9b Seiten- und End-Ansichten, eines abgeschirmten und aktiv kompensierten Drehmomentwandlers gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform zeigen;

**[0021]** Fig. 10a und 10b Seiten- bzw. End-Ansichten einer Vorrichtung zur Erfassung eines Wellen-Drehmoments unter Verwendung eines Magnetfelds in der Welle gemäß einer dritten, erfindungsgemäßen Ausführungsform zeigen;

**[0022]** Fig. 11 ein abgelenktes, magnetisches Feld in der Welle von Fig. 10a zeigt;

**[0023]** Fig. 12 eine für die Eliminierung der Auswirkungen eines interferierenden, magnetischen Feldes durch Verwendung eines bei ausgewählter Frequenz betriebenen Wandlersystems, Anordnung gemäß einer vierten, erfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt;

**[0024]** Fig. 13a und 13b Seiten- und End-Ansichten einer Anordnung zur Erfassung des Wellen-Drehmoments unter Verwendung von magnetischen Löschi-, Lese- und Schreibköpfen neben der Welle gemäß einer fünften, erfindungsgemäßen Ausführungsform zeigen.

**[0025]** Fig. 1 bis 3 zeigen die Erfassung des Wellen-Drehmoments unter Verwendung des Verfahrens der umgebungsmäßigen Magnetisierung, das vorstehend beschrieben ist. Fig. 1 zeigt das umgebungsmäßige Feld, durch den Pfeil 2 gezeigt, unter Bedingungen ohne Drehmoment in einem Wandlerbereich 3 einer Welle 4, die um die Achse A-A rotierbar ist. Fig. 2 zeigt die geschlossene Schleifen-Eigenschaft des Felds in einem Oberflächen-angrenzenden Bereich der Bereich-Welle 3. Der Bereich 3 weist Magnetoelastizität auf. Ohne Drehmoment ist das umgebungsmäßige Feld 2 im Bereich 3 vollständig in dem Bereich 4 enthalten: es gibt kein externes Randfeld. Unter Drehmoment, wie in Fig. 3 gezeigt, ist das Feld 2 verzerrt, wobei eine achsen-ausgerichtete Nord-Süd(NS)-Magnetisierung erzeugt wird, deren Polarität und Größenordnung von der Richtung (im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn) des Drehmoments und seiner Größenordnung abhängen. Die axiale Magnetisierung strahlt ein vom Drehmoment abhängiges, externes Randfeld aus, das mit einem Sensor 7 erfassbar ist, oder gewöhnlicher mit einer Sensorvorrichtung, die mehrere Sensoren umfasst. Der Sensor (die Sensoren) kann (können) von der Hall-Effekt-Art oder magnetoresistiver Art sein, sind jedoch vorzugsweise vom an einen Stromkreis angeschlossenen, gesättigten Kern-Typ, wie in der veröffentlichten PCT-Anmeldung WO98/52063 offenbart. Fig. 4 und 5 zeigen die Erfassung des Wellen-Drehmoments, bei der eine longitudinale Magnetisierung eines Bereichs 3' der Welle 4 verwendet wird. Das longitudinale Feld 8 verläuft entlang der Welle in einem an der Oberfläche angrenzenden Kreisring, der einen Toroid des magnetischen Flusses ausbildet, der hauptsächlich in einem inneren Bereich der Bereiche 3' schließt, um eine geschlossene, torische Schleife auszubilden. Das Oberflächenfeld verläuft

insgesamt in der gleichen Richtung. Es gibt ein kleines, longitudinales Ruhe-Randfeld, das von der Welle, wie in Fig. 4 beschrieben, austritt. In der erläuterten Form der longitudinalen Magnetisierung wird das Feld 2' unter Drehmoment verzerrt (Fig. 5), wie durch die gestrichelten Pfeile angezeigt, und bringt eine kleine, transversale oder umgebungsmäßige Komponente hervor, die mit dem Sensor 22 erfassbar ist: die longitudinale Komponente ist mit dem Sensor 21 erfassbar. Die Sensoren der bereits genannten Arten weisen richtungsabhängige Reaktionen auf und sind ausgerichtet, um auf die gewünschte Feldkomponente zu reagieren.

**[0026]** Eine weitere Information über die vorstehend erörterte Form der longitudinalen und die Mittel zu ihrer Herstellung werden in der Internationalen Patentanmeldung PCT/GB00/03119 gefunden, die als WO01/13081 veröffentlicht wurde.

**[0027]** Aufmerksamkeit kann jetzt Problemen zugewandt werden, die entstehen, wenn die Welle 4 angetrieben wird und daher durch eine Maschine, wie einen Elektromotor, unter Drehmoment gestellt wird.

**[0028]** Ein Elektromotor 63 ist in Fig. 6 schematisch gezeigt. Er weist eine einstückige Ausgabe-Welle 61 auf, die einen Pfad für magnetische Kräfte, die durch den Motor während seines Betriebs erzeugt werden, bereitstellen kann. In Abhängigkeit von der spezifischen Gestaltung des Motors und der dadurch angetriebenen Welle 61 können einige magnetische Felder die Motor-Baugruppe (unbeabsichtigt oder versehentlich) durch die Antriebswelle 61 des Motors 63 verlassen, wie durch Pfeile 60 gezeigt ist. Dies unter der Annahme, dass die Welle aus einem ferromagnetischen Material besteht und einen derartigen, vorstehend beschriebenen Wandlerbereich in einem einstückigen Anteil der Welle zu unterstützen kann.

**[0029]** Beim Versuch, das mechanische Drehmoment zu erfassen, das durch den Elektromotor 63 in der Welle 61 durch Verwendung des vorstehend beschriebenen Verfahrens mit einer geeigneten Wandlerbaugruppe 62 erzeugt wurde, die einen magnetisierten Wandlerbereich 64 der Welle 61 beinhaltet, induziert der Motor einen longitudinalen, magnetischen Fluss 60, der in dem Wandlerbereich 64 der Antriebswelle 61 vorliegt und kann große Sensor-Signalverschiebungen erzeugen. Die Antriebswelle selbst stellt den magnetischen Sensor-Anordnungs-punkt/-Wirt (sensor-host) für den Wandlerbereich bereit. Diese Signalverschiebungen werden durch die Änderungen der mechanischen Last auf der Motorachse und durch den bereitgestellten, elektrischen Strom für den Motor angepasst. Die Verschiebung ist daher dynamisch und kann nicht leicht ausgeglichen werden.

**[0030]** Eine Lösung für dieses Problem, unter Be-

zug auf **Fig. 6**, ist in **Fig. 7** dargestellt. Ein Spulenpaar L1 und L2 ist über den Wandlerbereich **64** axial beabstandet und wird betrieben, um ein longitudinales, magnetisches Feld im Bereich **64** bereitzustellen, das dem vom Motor **63** erzeugten Feld entgegenwirkt.

**[0031]** Wie in **Fig. 7** gezeigt, kann die Höhe der interferierenden, magnetischen Feldstärke in Realzeit durch einen axial ausgerichteten Sensor (derartig wie Sensor **7** oder **21**) erfasst werden, der einen Teil der Wandlerbaugruppe **62** bildet und eine kompensierende Stromquelle **65** beeinflusst, die die Spulen L1 und L2 betreibt, die wiederum in Serie mit einem Strom I, von einer Größenordnung, um das durch den Motor induzierte Feld **60** aufzuheben, geschaltet sind.

**[0032]** Um die Erfassung von longitudinalen (axial-ausgerichteten) Feldkomponenten des Wandlerbereichs zu ermöglichen, kann der Kompensierungsvorgang unter Bedingungen Ohne-Drehmoment für die umgebungsmäßige Magnetisierung eingerichtet werden und dann bei diesem Wert gehalten werden. Ansonsten kann die Einstellung manuell vorgenommen werden, um einen voreingestellten Stromwert einzurichten. Die am besten geeignete Methode wird von der Sachlage jeder individuellen Anlage abhängen.

**[0033]** **Fig. 8a** und **8b** zeigen eine bevorzugte Ausführung der aktiven Kompensierungsmethode von **Fig. 7**. Diese Figuren zeigen eine Einfassungsstruktur, die in vielen anderen Ausführungsformen der untenstehend beschriebenen Erfindung Anwendung findet. In **Fig. 8a** und **8b** ist die Welle **61** bei **20** eingefasst, um eine Aussparung **20** hervorzubringen, die Grundlage auf der sie sich um den Wandlerbereich **64** erstreckt und welche hilft, einen inneren, longitudinalen Fluss zu verursachen, um aus der Welle "auszutreten" und erfassbar zu sein. Der externe, longitudinale Fluss wird durch Sensoren **24** erfasst, die einen Strom kontrollieren können und ein Mittel erzeugen, um die Spulen L1, L2 zu betreiben, um so dem externen, longitudinalen Fluss, wie vorstehend beschrieben, entgegenzuwirken und/oder als Teil des Drehmomenterfassungsvorgangs. Falls der Bereich **64** longitudinal magnetisiert wird, wird das Drehmoment unter Verwendung des Sensors **23** (möglichst ein Paar diametral entgegengesetzter Sensoren) erfasst, um eine Drehmoment-abhängige Komponente des externen Flusses zu bestimmen. In **Fig. 7** befindet sich der Wandlerbereich **64** zwischen den Spulen L1 und L2 innerhalb der Sensorenvorrichtung, die sich angrenzend befindet, jedoch nicht die Welle berührt. Ebenso befindet sich in **Fig. 8a** und **8b** der magnetisierte Wandlerbereich in dem Bereich, der die Grundlage für die Aussparung **25** mit den kontaktfreien Sensoren **23** und **24** bildet. Die Einfassungsstruktur kann auf einen umfangsmäßig oder longitudinal magnetisierten Wandlerbereich angewendet werden.

**[0034]** **Fig. 9a** und **8b** zeigen eine zu den **Fig. 7** und **8** verwandte Vorrichtung, da sie danach strebt, den Leck-Fluss des Motors in der Welle **61** zurückzudrängen oder aufzuheben. Sie ist für größere Fluss-Niveaus bestimmt. L1 und L2 werden wie zuvor betrieben, beispielsweise in Abhängigkeit von dem erfassten Fluss an **24**. Ein Gehäuse **70**, bestehend aus magnetischem Material, stellt ein magnetisches Schild bereit, das den Wandlerbereich **64** der Welle **61** und die benachbarten Spulen L1, L2 einschließt. Der Schild **70** ist bei **72a** und **72b** für den Durchlass der Welle geöffnet, und diese Öffnungen stellen axial beabstandete, magnetische Pole von entgegengesetzter Polarität bereit, zwischen denen sich die Einfassungsstruktur **64** befindet. Die Pole wirken auf die Welle **61**, um einen longitudinalen Fluss durch den Wandlerbereich **64** zu induzieren, um einem longitudinalen Fluss in der Welle aufgrund des betriebenen Motors entgegenzuwirken. Die Pole **72a**, **72b** werden magnetisiert durch eine oder mehrere Spulen, die um das Gehäuse **70** gewunden sind. Besonders werden ein paar Spulen L3 und L4 gezeigt, und L3/L4 werden durch den Strom I' betrieben, der von dem durch **24** erfassten Fluss abhängt. Für einen geringen Durchmesser der Welle ermöglicht es der magnetische Schild und Spulen L3/L4, höhere Ampère-Umsatzraten, um größeren Leck-Flüssen Rechnung zu tragen. Die Kombination von L3/L4 und Schild auf der einen Seite und den Spulen L1/L2 auf der anderen kann gesondert angewendet werden. Die Schildvorrichtung kann von Vorteil sein, wenn es andere, stärkere Quellen eines magnetischen Streufelds gibt, die in der Nähe des Wandlers gelegen sind. Beispielsweise kann der Schild den Wandler vor Feldern von 100 oder mehr Gauß Größenordnung schützen, während die Spulen L1 und L2 üblicherweise gegen Felder einer Größenordnung im zweistelligen Bereich schützen.

**[0035]** Eine andere Betrachtungsweise wird in der Vorrichtung der **Fig. 10a**, **10b** und **11** angenommen. Eher als den longitudinalen Fluss des Motors aufzuheben, wird stattdessen die Wandlerfluss-Quelle für eine Erfassung eines longitudinalen Magnetisierungstyps verwendet. Wiederum unterstützt hier eine Einfassungsstruktur **20** beim nach außen gerichteten Ablenken des longitudinalen Flusses in dem Bereich **64**, um ein longitudinal (axial) ausgerichtetes, externes Feld bereitzustellen. Die longitudinalen Sensoren **64** erfassen den longitudinalen Fluss (von gleich welchem Wert). Der transversale Sensor (die transversalen Sensoren) **23** erfasst (erfassen) die umgebungsmäßige Komponente. Die Berechnung des Drehmoments wird unabhängig vom gegenwärtigen Fluss in der Welle durchgeführt, wobei dieser als Bezug verwendet wird. Die Erfassung der Sensoren **24** wird als Bezug gegen den Wert der drehmomentabhängigen Komponente, von dem Sensor (den Sensoren) **23** erfasst, verwendet.

**[0036]** Die axiale Komponente (erfasst durch **24**) wird zur Bestimmung der maximalen, verfügbaren Feldstärke verwendet, um das Drehmoment an dem Sensorbereich zu erfassen. Das Ergebnis dieser Erfassung wird verwendet, den Gewinn an Kreislauf-Verarbeitung zu steuern, um ein das Drehmoment darstellende Signal bereitzustellen. Je größer das longitudinale, magnetische Feld **60** ist, desto höher ist die Empfindlichkeit des magnetischen Felds, das durch die umgebungsmäßig angeordneten, magnetischen Feldsensoren erfasst wird. Daher muss die Verstärkung in der Signalaufbereitungs-Elektronik für die umgebungsmäßigen, magnetischen Feldsensoren proportional zu einem Ansteigen in dem longitudinalen, magnetischen Feld verringert werden.

**[0037]** Wie in **Fig. 11** gezeigt, wird das sich durch den Bereich **64** erstreckende, longitudinale Feld **60**, wie durch **60a** gezeigt, in Abhängigkeit zu den anliegenden Wellen-Kräften auf die Antriebswelle **61** abgelenkt. Die gesamte Welle wirkt gewissermaßen als Kraftsensor. Je größer das Drehmoment, desto größer ist die, durch den Sensor **23** erfasste, umgebungsmäßige Feldkomponente.

**[0038]** In den Ausführungsformen von **Fig. 7** und **Fig. 8a** und **8b**, wird Strom an die Spulen L1 und L2 angelegt, so dass die Schleifen-Felder das interferierende Feld kompensieren oder aufheben. Eine verwandte Spulenvorrichtung zu der in **Fig. 7** und **Fig. 8a** und **8b** gezeigten, kann auf eine verschiedene Art bei einer Methode verwendet werden, die darauf zielt, den Effekt des interferierenden Felds von dem Drehmoment-Erfassungs-Vorgang zu eliminieren, eher als das interferierende Feld aufzuheben oder zu kompensieren. Dies ist in **Fig. 12** gezeigt.

**[0039]** In **Fig. 12** werden die Spulen L1 und L2 nicht in Abhängigkeit von einem erfassten Feld, sondern vielmehr betrieben, um ein von interferierenden Feldern unterscheidbares Feld zu schaffen. Zu diesem Zweck werden die Spulen L1 und L2 an eine Wechselstromquelle **30** angeschlossen, vorzugsweise eine Quelle vom gepulsten Typ, um ein alternierendes, magnetisches Feld in dem Wandlerbereich **32** zwischen den Spulen zu induzieren. Hierbei handelt es sich um ein longitudinales Feld. Die Quellfrequenz sollte ein Verhältnis zu den hauptsächlich, gelieferten Frequenzen (50 oder 60 Hz) oder irgend einer anderen Frequenz vermeiden, die durch den Betrieb des Motors oder Geräts, mit dem die Welle in Verbindung steht, auferlegt wird. In geeigneter Weise befindet sich die Quellfrequenz im hörbaren Bereich, d.h. zwischen 500 Hz und 10 kHz. Eine Frequenz um 1 kHz würde geeignet sein. Es handelt sich ebenso um eine Frequenz, in der sich die Erfassungsmöglichkeiten von Sensoren des gesättigten Kern-Typs befinden. Von Hall-Effekt oder magnetoresistiven Sensorenarten kann es erwartet werden, dass sie eine hö-

here Frequenz-Reaktion aufweisen, wobei jedoch Frequenzbegrenzungen auch durch den Betrieb der Spulen L1 und L2 verhängt werden können.

**[0040]** Das alternierende, magnetische Feld stellt eine alternierende, drehmomentabhängige Komponente bei der Quell-Frequenz bereit, die von dem Sensor (den Sensoren) **23** erfasst wird (werden). Die gesamte, drehmomentabhängige Komponente, auf die der Sensor (die Sensoren) **23** reagiert (reagieren), kann eine Gleichstrom-Komponente von einem Gerät-induzierten Interferenzfeld oder einer anderen Wechselstrom-Komponente beinhalten, die mit der wesentlichen Frequenz oder einer Frequenz zugehören, die wiederum von dem Motor ausgestrahlt wird, der die Welle antreibt. Die gewünschte Quell-Frequenz-Komponente wird aus den ungewünschten Rausch-Komponenten durch einen Filter **34** entnommen, der innerhalb der Signalprozessierungseinheit zugefüttert oder enthalten ist, von der das Drehmoment-vertretende Signal T erhalten wird. Der Filter **34** kann als Hardware oder Software verwirklicht werden, und die Filterfrequenz wird, wie durch die Strichpunktlinie **36** gezeigt, von der Quelle bestimmt, damit der Filter die Quell-Frequenz finden kann. Eine gleichzeitige Bestimmung, bei der der Detektor durch ein Signal von der Quelle **30** angetrieben wird, kann verwendet werden. Alle diese Methoden sind bekannt.

**[0041]** Die Sensoren (**24**) können verwendet werden, um ein Bezugssignal zu erhalten, um das Drehmoment der drehmomentabhängigen Komponente zu erhalten, die durch Sensor **23** bereitgestellt wird. In diesem Fall ist das Bezugssignal eine Komponente bei der Quell-Frequenz und wird bei **31** einer Filterung unterzogen und dadurch auf die gleiche Art wie die drehmomentabhängige Komponente gefiltert wird. Diesbezüglich ist die Vorgehensweise vergleichbar zu der der Ausführungsform in **Fig. 10a**, **10b** und **11**.

**[0042]** Eine andere Betrachtungsweise für die Drehmomenterfassung ist in **Fig. 13a** und **13b** gezeigt. Während die Welle **61** rotiert, wird ein umlaufendes Band **16** durch einen magnetischen Löschkopf (magnetische Löschköpfe) **12** gereinigt, der (die) von der Art ist (sind), die beim magnetischen Aufzeichnen verwendet werden. Anschließend an den Löschkopf (nachgelagert) schreibt ein Schreibkopf **13** eine magnetische Spur **15** (jeglicher Art) der Breite *w*. Die Welle sollte vorzugsweise bei mindestens 100 Upm rotieren, wenn diese Methode verwendet wird. Der Schreibkopf **13** ist ausgerichtet, so dass eine Kopf-Lücke transversal zu der Rotationsachse der Welle vorhanden ist und sich vorzugsweise senkrecht auf der Rotationsachse befindet, so dass die Lücke tangential verläuft oder umgebungsmäßig in Bezug auf die rotierende Wellenoberfläche angeordnet ist.

**[0043]** Die zwei Leseköpfe **14a** und **14b** sind jeweils in der Breite  $w$  beabstandet, um kein Signal zu geben, wenn die Welle kaum rotiert oder bekannte, ausgeglichene Signale sich ausheben können. Wenn sich ein Drehmoment in der Welle aufbaut, wurde gefunden, dass die Signale der Leseköpfe **14a** und **14b** in einem Maß unausgeglichen werden, das von dem Wert des Drehmoments abhängt. Diese Reaktion gegenüber dem Drehmoment ist derart, als ob die magnetisierte Spur **15** oder der mit ihr einhergehende Fluss in Abhängigkeit von der Richtung der Rotation leicht auf eine Seite oder auf die andere abgelenkt ist, um eine nicht-ausgeglichene Ausgabe von den Leseköpfen **14a** und **14b** zu liefern, das ein Maß des Drehmoments darstellt.

**[0044]** Der Schreibkopf **13** kann vorzugsweise die Spur **15** irgendwie modulieren, um ein Signal an jedem Lesekopf bereitzustellen, das von dem Rauschen getrennt werden kann. Zu diesem Zweck kann der Schreibkopf mit einer Impuls-Wellenform bei einer bestimmten Frequenz betrieben werden. Filtern bei der Quell-Frequenz wird auf die Leseköpfe **14a** und **14b** angewendet. Diese Frequenz-selektive Betriebsart ist zu der für die Ausführungsform von **Fig. 12** beschriebenen vergleichbar. Die Lese-Pulse in **Fig. 13** werden hinsichtlich der Schreib-Pulse in einem Ausmaß zeitlich verzögert, was als Maß für die Rotationsgeschwindigkeit verwendet werden kann.

### Patentansprüche

1. Drehmomentwandler zum Messen von Drehmoment in einer rotierenden Welle (**61**) der Art mit einer Wandlerregion (**64**), zum Beispiel einer Region, die eine Dauermagnetisierung speichert, in der ein magnetisches Wandlerfeld aufgebaut wird, und wenigstens einem berührungslosen Sensor (**7**; **22**; **23**) neben der Wandlerregion (**64**), um ein drehmomentabhängiges Signal zu entwickeln, wobei die Welle (**61**) beim Betrieb einem unipolaren Längsfluss (**60**) ausgesetzt wird, der mit Mitteln (**63**) außerhalb der Wandlerregion (**64**) erzeugt wird, **gekennzeichnet durch** einen berührungslosen Sensor (**97**; **21**; **24**), der direkt auf eine unipolare Komponente des genannten Längsflusses anspricht, um ein Signal zu entwickeln, das das Niveau des genannten Längsflusses repräsentiert, und Mittel (**65**), die auf das das Niveau repräsentierende Signal für den genannten Längsfluss anspricht und magnetisch mit der genannten Welle (**61**) gekoppelt ist, um einen Ausgleichsfluss zu erzeugen, um dem genannten Längsfluss an der Wandlerregion (**64**) entgegenzuwirken.

2. Drehmomentwandler nach Anspruch 1, bei dem das genannte Mittel zum Erzeugen des Ausgleichsflusses wenigstens eine stromführende Spule (L1, L23) um die Welle umfasst, mit der sie magnetisch gekoppelt wird.

3. Drehmomentwandler nach Anspruch 1, bei dem das genannte Mittel (**65**) zum Erzeugen des Ausgleichsflusses eine Magnetstruktur (**70**) mit entlang der Welle (**61**) beabstandeten Polen (**72a**, **72b**) und wenigstens einer stromführenden Spule (L3, L4) umfasst, die auf die genannte Magnetstruktur (**70**) gewickelt ist.

4. Drehmomentwandler nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem die genannte Welle eine Kragenkonstruktion (**20**) trägt, umfassend zwei axial beabstandete Abschnitte in dem Raum (**25**), zwischen denen der Sensor (**24**) angeordnet ist, der auf die Längsflusskomponente anspricht.

5. Drehmomentwandler zum Messen des Drehmoments in einer rotierenden Welle (**61**), entlang der beim Betrieb ein Längsfluss (**60**) verläuft, wobei wenigstens ein Sensor (**23**) auf berührungslose Weise neben einem Abschnitt der Welle platziert ist, um eine transversale Flusskomponente, die aufgrund des Drehmoments in der Welle (**61**) aus dem Längsfluss entsteht, zu erfassen und ein Signal in Abhängigkeit davon zu erzeugen.

6. Drehmomentwandler nach Anspruch 5, bei dem ein weiterer berührungsloser Sensor (**24**) montiert ist, um den Längsfluss zur Erzeugung eines Referenzsignals zu erfassen.

7. Drehmomentwandler für eine rotierende Welle (**61**), umfassend Flusserzeugungsmittel (L1, L2) zum Erzeugen eines magnetischen Flusses, der in Längsrichtung in einem Abschnitt (**64**) der Welle verläuft, wobei das genannte Flusserzeugungsmittel (L1, L2) magnetisch mit der genannten Welle an axial beabstandeten Stellen gekoppelt ist, zwischen denen sich der genannte Abschnitt (**64**) befindet, wobei wenigstens ein Sensor (**23**) auf berührungslose Weise neben dem genannten Abschnitt platziert ist, um ein Signal in Abhängigkeit von einer transversalen Flusskomponente zu erzeugen, die aufgrund des Drehmoments in der Welle (**61**) in dem genannten Abschnitt (**64**) aus dem Längsfluss in dem genannten Abschnitt (**64**) entsteht, wobei das genannte Magnetflusserzeugungsmittel die Aufgabe hat, ein magnetisches Wechselfeld mit einer gewählten Frequenz zu erzeugen, und wobei das genannte, wenigstens ein Sensorsignal von dem frequenzselektiven Mittel (**34**) verarbeitet wird, das auf der genannten, gewählten Frequenz die Aufgabe hat, ein Signal zu erzeugen, das Drehmoment in der Welle (**61**) repräsentiert, das von dem genannten, magnetischen Wechselfeld abgeleitet ist.

8. Drehmomentwandler nach Anspruch 7, bei dem die genannte Welle (**61**) beim Betrieb einen anderen Längsfluss (**60**) überträgt, der nicht von dem genannten Flusserzeugungsmittel (L1, L2; L3, L4) erzeugt wird, wobei es die genannte, gewählte Fre-

quenz ermöglicht, dass das Signal in Abhängigkeit von der transversalen Flusskomponente von jedem Signal getrennt wird, das auf den genannten, anderen Längsfluss bei der Verarbeitung durch das genannte, frequenzselektive Mittel (34) zurückzuführen ist.

9. Drehmomentwandler nach Anspruch 8, bei dem das genannte Flusserzeugungsmittel in einem pulsierten Modus arbeitet.

10. Drehmomentwandler nach Anspruch 7, 8 oder 9, bei dem das genannte Flusserzeugungsmittel ein Paar beabstandeter Spulen (L1, L2), die um die genannte Welle (61) gewickelt sind, und zwischen denen sich der genannte Abschnitt (64) befindet, und Mittel (30) zum Erregen der genannten Spulen (L1, L2) auf der gewählten Frequenz umfasst.

11. Drehmomentwandler nach Anspruch 7, 8 oder 9, bei dem das genannte Flusserzeugungsmittel eine Magnetstruktur (70) mit einem Paar beabstandeter Pole (72a, 72b), die magnetisch mit der genannten Welle (61) gekoppelt sind, und zwischen denen sich der genannte Abschnitt (64) befindet, wobei wenigstens eine Spule (L3, L4) auf die genannte Magnetstruktur gewickelt ist, und Mittel (30) zum Erregen der genannten, wenigstens einen Spule (L3, L4) auf der gewählten Frequenz umfasst.

12. Wandlerbaugruppe zum Messen, vorzugsweise auf berührungslose Weise, von Drehmoment in einer rotierenden Welle (61), wobei die Baugruppe Folgendes umfasst: einen Löschkopf (12) zum Reinigen einer Zone (16) der Welle bei deren Rotation, einen Schreibkopf (14) unterhalb des Löschkopfes (12) in Drehrichtung, um eine Magnetspur (15) einer bestimmten Breite auf die gereinigte Zone (16) zu schreiben, ein Paar Leseköpfe (14a, 14b), die in einer axialen Richtung beabstandet sind, um auf die Magnetspur (15) anzusprechen, wobei die genannten Leseköpfe (14a, 14b) auf, in Richtung auf oder neben gegenüberliegende(n) Seiten der Spur (15) angeordnet sind, um jeweilige Signale zu erzeugen, und Differentialmittel, die auf die genannten, jeweiligen Signale reagieren, um ein Signal in Abhängigkeit vom Drehmoment in der Welle (61) zu erzeugen.

13. Wandlerbaugruppe nach Anspruch 2, bei der der genannte Schreibkopf (13) mit einem Wechselstromsignal auf einer gewählten Frequenz erregt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

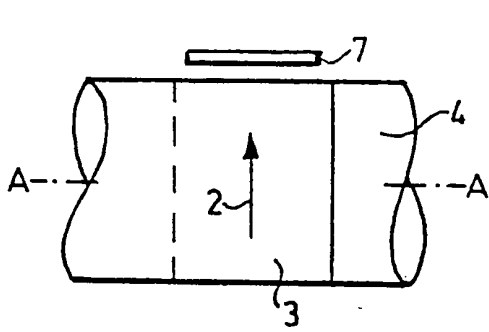


Fig.1.

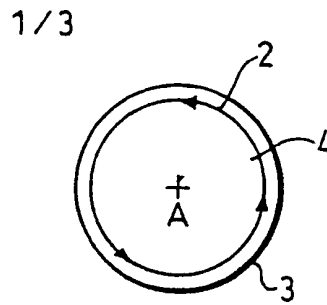


Fig.2.

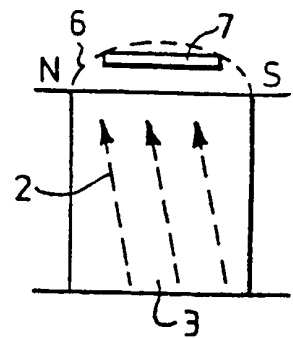


Fig.3.

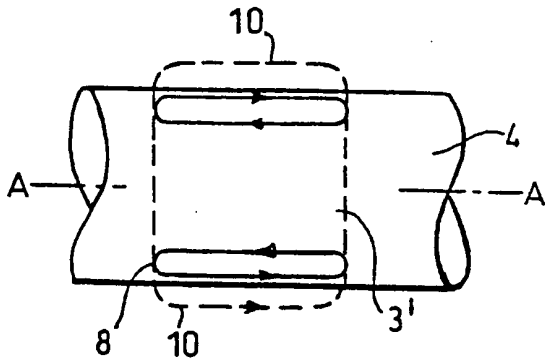


Fig.4.

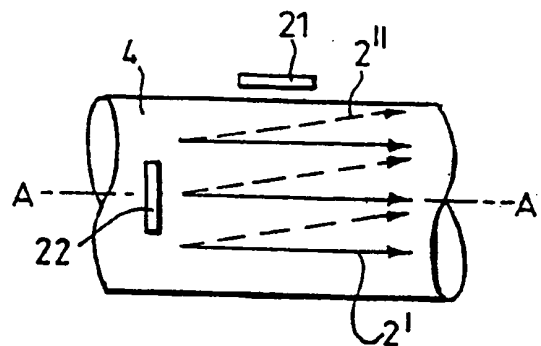


Fig.5.

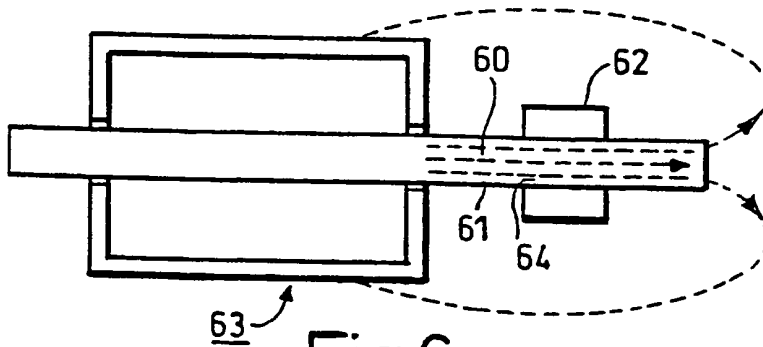


Fig.6.

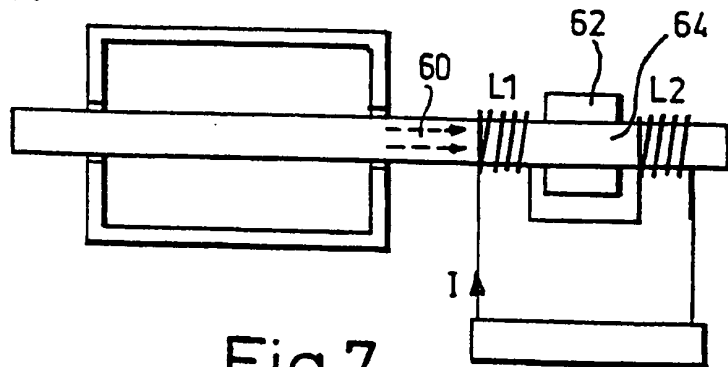


Fig.7.

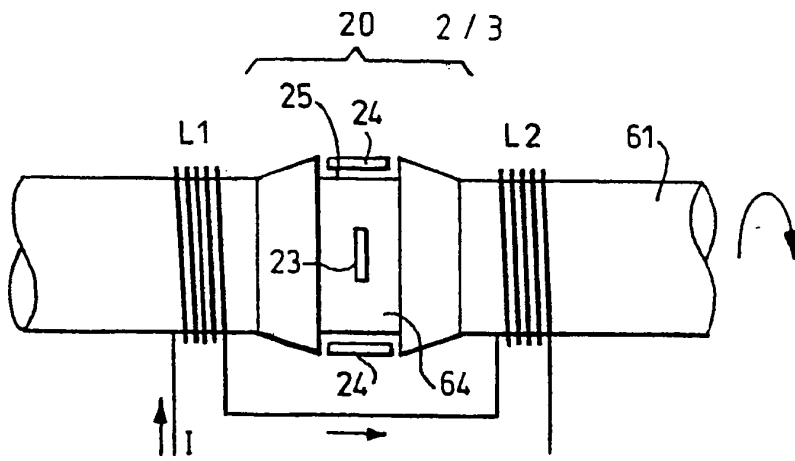


Fig.8a.

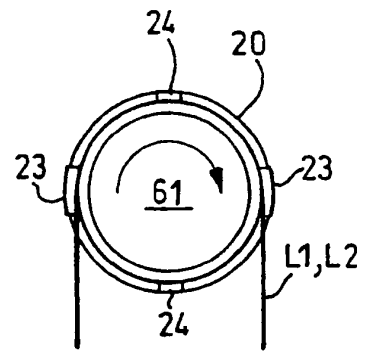


Fig.8b.

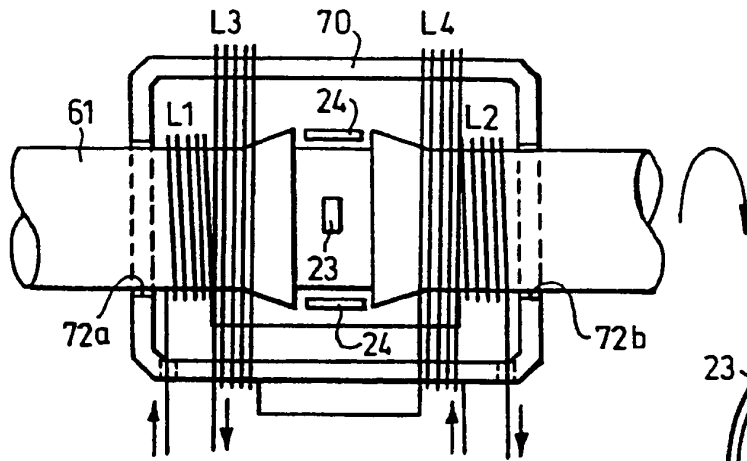


Fig.9a.

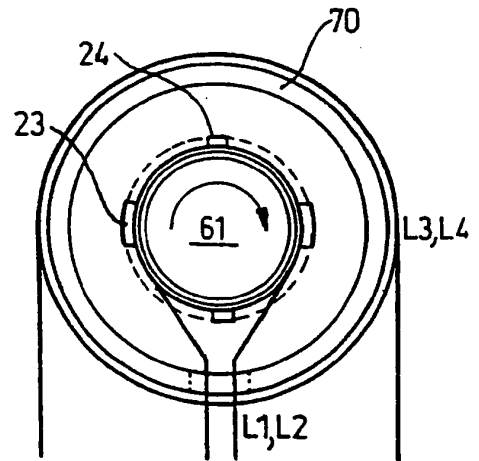


Fig.9b.

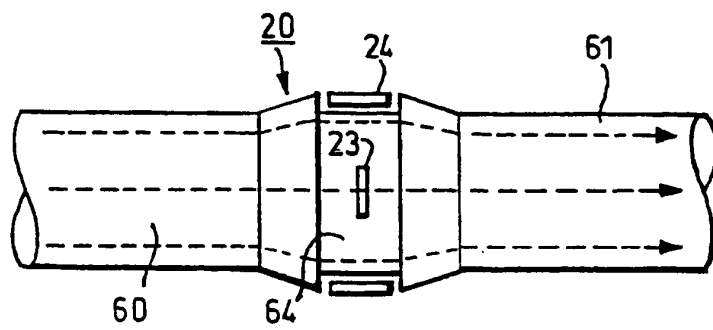


Fig.10a.

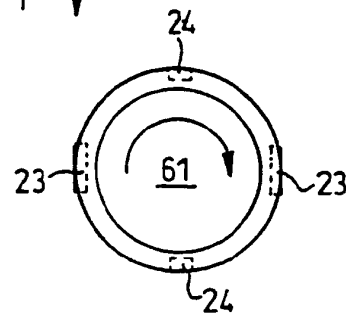


Fig.10b.

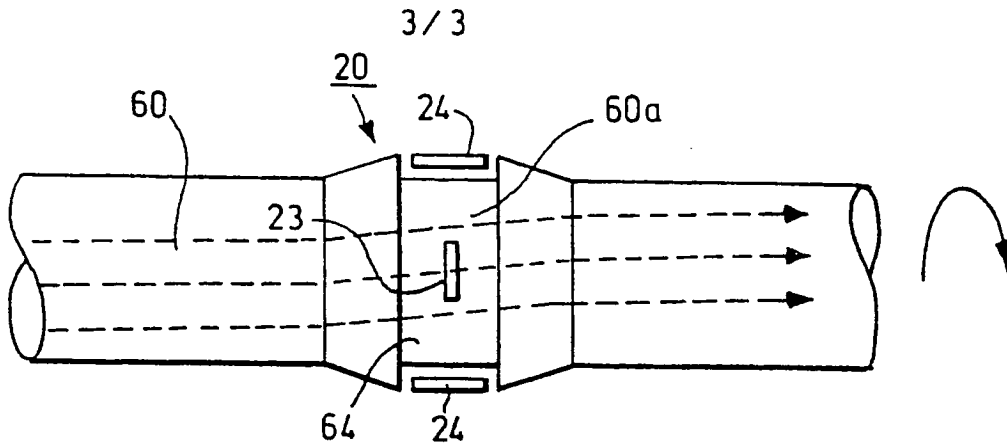


Fig.11.

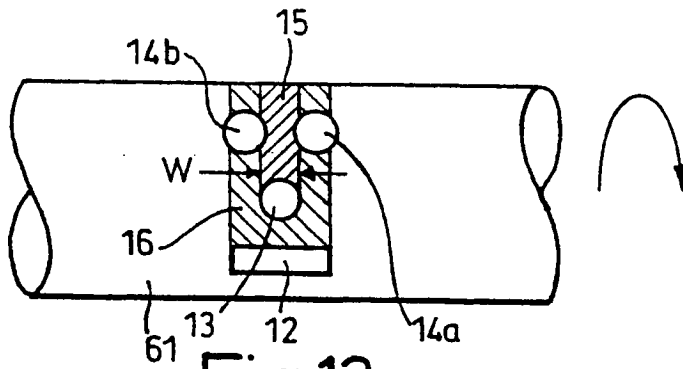


Fig.13a.

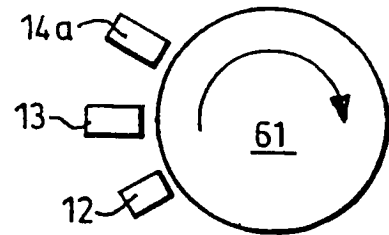


Fig.13b.

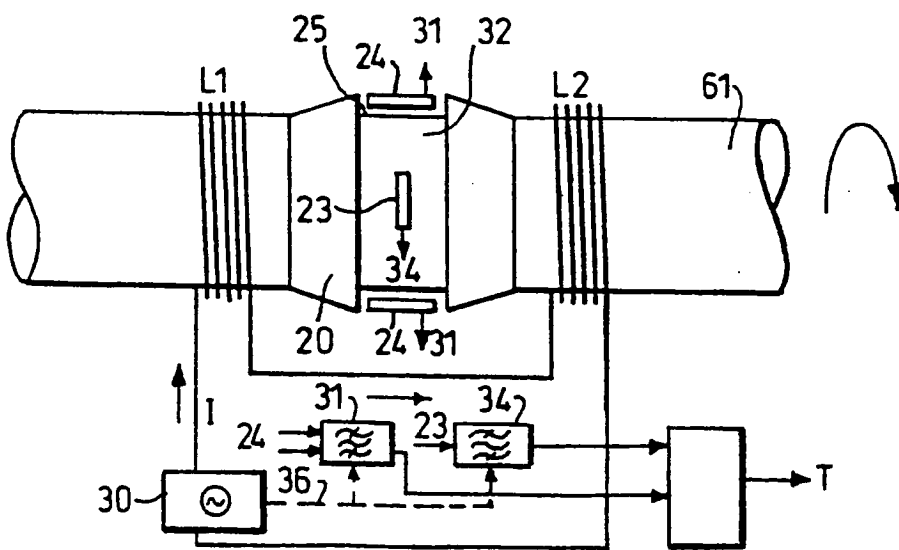


Fig.12.