



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 669 269 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 P 3/44
G 01 B 7/30

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳① Gesuchsnummer: 1386/85

⑳② Anmeldungsdatum: 29.03.1985

⑳③ Priorität(en): 30.03.1984 DE 3411773

⑳④ Patent erteilt: 28.02.1989

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 28.02.1989

⑦③ Inhaber:
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, Stuttgart 60
(DE)

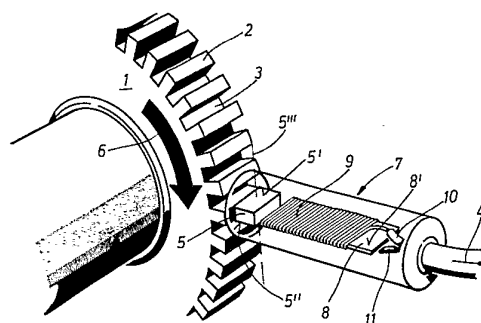
⑦② Erfinder:
Forkel, Werner, Dr. Dipl.-Phys., Stuttgart 75 (DE)

⑦④ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ Vorrichtung zur Erfassung der Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle.

⑤⑦ Die Vorrichtung dient zur Erfassung der Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle mit einem mit dieser umlaufenden Bewegungsgeber (1). Sie besteht aus einem den Bewegungsgeber (1) abtastenden magnetfeldabhängigen Sensor (7), einem in dessen Nähe angeordneten Permanentmagneten (5) und einer Auswerteschaltung. Der Sensor ist integrierender Bestandteil der Auswerteschaltung.

Durch die erfindungsgemässe Anordnung des Permanentmagneten (5) zum Sensor (7) und vom Permanentmagnet (5) und Sensor (7) zum Bewegungsgeber (1) einerseits und die Ausgestaltung des Sensors (7) als Sättigungskernsonde (Fluxgate-Effekt) andererseits, ist es möglich, auch sehr langsame Drehbewegungen zu erfassen, wie sie z.B. bei Antiblockiersystemen oder Vortriebsregelungen in Kraftfahrzeugen vorkommen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Erfassung der Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle mit einem mit dieser umlaufenden, an seinem Umfang magnetisch hochwirksame und magnetisch schwach wirksame Bereiche aufweisenden Bewegungsgeber, bestehend aus einem den Bewegungsgeber abtastenden und mit Abstand von diesem angeordneten, magnetfeldabhängigen Sensor aus einem dünnen, weichmagnetischen, hohe Permeabilität und niedrige Hysterese- und Wirbelstromverluste aufweisenden Flachbandkern mit einer auf diesem quer zur Längsrichtung gewickelten Spule mit Spulenanschlüssen, einem ebenfalls mit Abstand vom Bewegungsgeber und Sensor angeordneten Permanentmagneten, wobei Sensor und Permanentmagnet bezogen auf den Bewegungsgeber räumlich hintereinander und so angeordnet sind, dass die Feldlinien des Permanentmagneten die Flachseite des Flachbandkernes senkrecht durchsetzen, und aus einer Auswerteschaltung, in welche die Spule über die Spulenanschlüsse integriert ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (5) bezogen auf den Bewegungsgeber (1) diesem zugewandt und mit in dessen Umfangsrichtung (6) ausgerichteten Polen (5', 5'') vor dem Sensor (7) und mit diesem in einer Ebene liegend angeordnet ist, dessen Flachbandkern (8) wiederum in Längsrichtung senkrecht zur magnetischen Achse (5''') des Permanentmagneten (5) und zur Umfangsrichtung (6) des Bewegungsgebers (1) ausgerichtet ist, und dass die Spule (9) des Sensors (7) von der Auswerteschaltung (A) mit einem eingepprägten Wechselstrom hoher Frequenz gespeist und der Flachbandkern (8) in die Sättigung gesteuert wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bezogen auf den Bewegungsgeber (1) einerseits der Permanentmagnet (5) und der Sensor (7) in radialer Richtung (4) hintereinander und andererseits die Pole (5', 5'') des Permanentmagneten (5) tangential (6) ausgerichtet angeordnet sind (Figur 1a).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (5) und der Sensor (7) in axialer Richtung (12) des Bewegungsgebers (1) und in dessen Umfangsnähe hintereinander angeordnet sind (Figur 1b).

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des Permanentmagneten (5) in etwa der Breite bzw. Höhe des magnetisch hochwirksamen Bereiches (2) des Bewegungsgebers (1) und die Dicke des Permanentmagneten (5) in etwa der Dicke des magnetisch hochwirksamen Bereiches (2) des Bewegungsgebers (1) entspricht.

5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (5) aus einer Samarium-Kobalt-Legierung besteht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Flachbandkern (8) des Sensors (7) zur Bildung eines Spulenkörpers zwischen zwei dünne Keramikplättchen eingelegt und vorzugsweise mit diesen verklebt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (9) des Sensors (7) aus hitzebeständigem isolierten Kupferdraht gewickelt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spule (9) des Sensors (7) in Dünn- oder Dickfilmtechnik hergestellt ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass über die Längserstreckung von Permanentmagnet (5) und Sensor (7) und parallel zu den Polflächen (5', 5'') und den Flachbandseiten (8') mit Abstand Flussleitbleche (13) aus einer weichmagnetischen Legierung angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (5), der Sensor (7) und

die Flussleitbleche (13) in einem sich über deren Länge erstreckenden Gehäuse (14) angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Flussleitbleche (13) Teil des Gehäuses (14) sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (14) aus einem magnetisch abschirmenden Material hergestellt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (7) in der Auswerteschaltung (A) in Reihe zwischen eine Kapazität (17) und einen an Masse liegenden Widerstand (18) geschaltet ist und von einer eingepprägten Spannung hoher Frequenz eines Rechteckgenerators (16) gespeist und in die Sättigung gesteuert wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (7) als magnetisch gesteuerte Induktivität in eine Oszillatorschaltung (24) der Auswerteschaltung (A) eingebaut ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (5) aus zwei Teilmagneten (5.1, 5.2) besteht, die auf den Flachseiten des Flachbandkernes (8) befestigt sind (Fig. 1c).

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der ferromagnetische Bewegungsgeber (1) als Zahnrad oder als Loch- oder Schlitzblende ausgebildet ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung der Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle gemäss dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Es ist bekannt, Drehzahlen, Bezugsmarken oder dergleichen von rotierenden Teilen mit Hilfe von Gebern magnetisch abzutasten, beispielsweise mittels Induktivgebern (DE-OS 2 939 643, DE-OS 2 924 590), Hall-Gebern (DE-OS 3 231 391, DE-OS 2 814 606), magnetoresistiven Sensoren (DE-OS 3 122 376) oder Wiegand-Elementen. Sämtliche Vorrichtungen benötigen hierzu als Bewegungsgeber ein ferromagnetisches Geberrad, meist in Form eines Zahnrades oder einer Loch- oder Schlitzblende ausgebildet. Die erforderliche Vormagnetisierung im Sensor wird hierbei durch mindestens einen Permanentmagneten erzeugt. Alternativ können die Magnete auch am Bewegungsgeber angebracht sein. Ausgenutzt wird zur Signalerfassung jedoch stets die Modulation des Magnetflusses durch den Sensor als Folge der Drehbewegung.

Am meisten durchgesetzt hat sich bisher im Automobilbereich der Induktivgeber, da er robust und einfach aufgebaut ist und einen grossen Arbeitstemperaturbereich aufweist. Seine Anwendung ist jedoch bei der Erfassung sehr niedriger Drehzahlen, wie sie z.B. bei Antiblockiersystemen oder der Vortriebsregelung vorkommen, mit Problemen verbunden, da sein Ausgangssignal drehzahlabhängig ist.

Auch die gattungsgemässe Vorrichtung nach der DE-OS 3 205 625, welche einen Induktivgeber mit zwei Senserspulen benutzt und bei welcher der Quotient der beiden Spuleninduktivitäten ausgewertet wird, schafft hier keine Abhilfe, da lediglich eventuelle Luftspaltschwankungen zwischen Sensor und Bewegungsgeber eliminiert werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gattungsgemässe Vorrichtung unter Beibehaltung der bewährten Vorteile eines Induktivgebers so weiterzubilden, dass auch die Abtastung sehr langsamer Drehbewegungen ermöglicht wird, insbesondere ohne den Abstand zwischen der Vorrichtung und dem Bewegungsgeber verringern zu müssen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss mit den kennzeich-

nenden Merkmalen des Anspruches 1 gelöst, so dass die erfindungsgemässe Vorrichtung die Vorteile von Robustheit und grossem Temperaturbereich des Induktivgebers mit dem Vorteil der unteren Frequenzgrenze Null vereinigt. Vorteilhaft ist ferner die hohe Empfindlichkeit, welche einen relativ grossen Abstand zwischen der Vorrichtung und dem Bewegungsgeber ermöglicht.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Massnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen der im unabhängigen Anspruch angegebenen Vorrichtungen möglich.

So kann in Abhängigkeit der Einbauverhältnisse ohne Beeinträchtigung der Vorteile der Vorrichtung diese – bezogen auf den Bewegungsgeber – sowohl in radialer als auch in axialer Richtung zum Bewegungsgeber angeordnet werden, wobei trotz Hintereinanderanordnung von Permanentmagnet und Sensor in ihrer Längserstreckung die extrem kleine Bauweise von weiterem Vorteil ist.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung. Es zeigen

Fig. 1a in schematischer Darstellung die Anordnung der Vorrichtung in radialer Erstreckung bezogen auf den Bewegungsgeber,

Fig. 1b in schematischer Darstellung die Anordnung der Vorrichtung in axialer Erstreckung bezogen auf den Bewegungsgeber,

Fig. 1c in schematischer Darstellung die Anordnung der Vorrichtung in radialer Erstreckung, wobei jedoch der Permanentmagnet aus zwei, auf dem Flachbandkern aufgetragenen Teilmagneten besteht,

Fig. 2a die Wirkungsweise des Prinzips bei ungestörtem Feldlinienverlauf,

Fig. 2b bei durch Ablenkung nach oben gestörtem Feldlinienverlauf,

Fig. 2c bei durch Ablenkung nach unten gestörtem Feldlinienverlauf,

Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel der Auswerteschaltung der Vorrichtung, in welche die Sensorspule integriert ist und

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel der Auswerteschaltung, in welche die Sensorspule integriert ist.

In den Figuren 1a und 1c ist ein Bewegungsgeber 1 in Form eines Zahnrades dargestellt, welches mit der Welle, deren Drehzahl zu bestimmen ist, verbunden ist. Die magnetisch hoch wirksamen Bereiche des Bewegungsgebers 1 werden hierbei von den Zähnen 2 und die magnetisch schwach wirksamen Bereiche von den Zahnlücken 3 gebildet. In radialer Richtung 4 des Bewegungsgebers 1 ist mit Abstand von dem Zahn 2 ein quaderförmiger Permanentmagnet 5 – wegen den möglichen kleinen Abmessungen vorzugsweise aus einer Samarium-Kobalt-Legierung bestehend – so angeordnet, dass dessen Pole 5' und 5'' und somit auch dessen magnetische Achse 5''' in Umfangsrichtung bzw. in tangentialer Richtung 6 des Bewegungsgebers 1 ausgerichtet sind. Die Abmessungen des Permanentmagneten sind hierbei so gewählt, dass dessen Breite des Zahnes 2 – Figur 1a – bzw. der Höhe des Zahnes 2 – Figur 1b – und dessen Dicke in etwa der Dicke des Zahnes 2 entspricht. In radialer Richtung 4 ist des weiteren mit geringem Abstand zum Permanentmagnet 5 und mit diesem in einer Ebene liegend der Sensor 7 angeordnet. Dieser besteht aus einem dünnen, weichmagnetischen, vorzugsweise hohe Permeabilität und niedrige Hysterese- und Wirbelstromverluste aufweisenden Flachbandkern 8 – als besonders vorteilhaft hat sich die amorphe Legierung Vitrovac 6025 X in Form von dünnen (25 Mikrometer) Bändern erwiesen – und einer auf diesem quer zur Längsrichtung gewickelten Spule 9 mit Spulenanschlüssen 10 und 11. Der

Sensor 7 wird beispielsweise so hergestellt, dass ein Stück Flachband aus o.g. Legierung mit den Abmessungen $20 \times 2,5 \times 0,025$ mm zwischen zwei dünnen Keramikplättchen mit den Abmessungen $20 \times 3 \times 0,5$ mm eingelegt und mit diesen verklebt wird; der so entstandene Spulenkörper wird dann mit ca. 250–500 Windungen hitzebeständig isoliertem Kupferdraht mit z.B. 0,1 mm Durchmesser bewickelt; alternativ können die Spule und/oder die amorphe Legierung auch als Metallfilm auf das Flachband aufgebracht werden, z.B. nach der Dünn- oder Dickfilmtechnik. Gemäss Figur 1c können auf dem Flachbandkern 8 des weiteren noch die beiden Teilmagnete 5.1 und 5.2 des Permanentmagneten 5 angeordnet sein, wenn dieser insbesondere aus Herstellungsgründen zweiteilig ausgebildet wird.

Der Sensor 7 ist nun gegenüber dem Permanentmagnet 5 so angeordnet, dass die Längserstreckung des Flachbandkernes 8 in radialer Richtung 4 verläuft – also lotrecht zur magnetischen Achse 5''' und zum Bewegungsgeber 1 bzw. dem Zahn 2 – und die Flachseiten 8' in tangentialer Richtung 6 liegen. Hiervon unterscheidet sich das Ausführungsbeispiel nach Figur 1b nur dadurch, dass der Magnet 5 und der Sensor 7 statt in radialer Richtung 4 in axialer Richtung 12 des Bewegungsgebers 1 und in dessen Umfangsnähe angeordnet sind.

Liegen nun wie in Figur 2a dargestellt ein Zahn 2 des Bewegungsgebers 1, der Permanentmagnet 5 und der Sensor 7 in radialer Richtung 4 auf einer Ebene, so durchsetzen die Feldlinien des Permanentmagneten 5 einerseits die Flachseite 8' des Flachbandkernes 8 und andererseits den Zahn 2 senkrecht. Bei dieser idealen Symmetrie der Anordnung und somit ungestörtem Feldlinienverlauf ist in radialer Richtung 4 bzw. in Längsrichtung des Sensors eine Feldkomponente nicht vorhanden. Durch zusätzliche Flussleitbleche 13 aus einer weichmagnetischen Legierung, z.B. Permenorm, kann, falls erforderlich, eine bessere Konzentration der Feldlinien auf den Sensor erreicht werden, wobei durch entsprechende Formgestaltung derselben dafür zu sorgen ist, dass keine zusätzliche Wirbelstromdämpfung bei höheren Drehzahlen auftritt. Die gesamte Anordnung selbst ist wiederum in einem geeignetes schützendes Gehäuse 14, vorzugsweise aus einem magnetisch abschirmenden Material, eingebaut, welches mit den bekannten Mitteln zur Montage von Induktivgebern versehen ist, sowie für eine Zugentlastung der Spulenanschlüsse 10, 11 sorgt.

Wird nun über den ferromagnetischen Rückschluss der Feldlinien über einen sich vorbeibewegenden Zahn 2 die Symmetrie der Feldverteilung gestört, so durchsetzen die Feldlinien des Permanentmagneten 5 – siehe Figur 2b und Figur 2c – den Sensor 7 nicht mehr senkrecht und es tritt eine Feldkomponente 15 in Längsrichtung des Sensors (entspricht der radialen Richtung 4) auf, welche eine Vormagnetisierung des Flachbandkernes 8 in dessen Längsrichtung bewirkt. Je nach Ablenkung der Feldverteilung ist hierbei die Feldkomponente 15 entweder zum Permanentmagnet 5 hin gerichtet – Figur 2b zeigt die Ablenkung der Feldverteilung durch den Zahn 2 nach oben – oder vom Permanentmagnet 5 weg gerichtet – Figur 2c zeigt die Ablenkung der Feldverteilung durch den Zahn 2 nach unten –, so dass aus der Vormagnetisierungsrichtung der Feldkomponente 15 auch eine Unterscheidung möglich ist, ob eine Feldverzerrung durch den Zahn 2 von oben oder unten überwiegt. Wie aus Figur 3 und Figur 4 ersichtlich, ist der Sensor 7 integraler Bestandteil einer Auswerteschaltung A, derart, dass die Spule 9 über die Spulenanschlüsse 10 und 11 in den Schaltkreis integriert ist. Von der Auswerteschaltung A wird die Spule 9 mit einem eingepprägten Wechselstrom hoher Frequenz (z.B. 100 kHz) gespeist und der Flachbandkern 8 dadurch in die Sättigung gesteuert. Bei gestörter Feldverteilung und somit auftre-

tender Feldkomponente 15 in Längsrichtung des Sensors 7 gerät der Flachbandkern 8 in der Halbwelle, in welcher das Wechselfeld der Vormagnetisierungsfeldkomponente 15 gleichgerichtet ist, früher in die Sättigung als in der anderen Halbwelle. Dies bewirkt eine Asymmetrie der an der Spule 9 abgreifbaren Induktionsspannung, welche in der Auswerteschaltung wie folgt ausgewertet wird – siehe Fig. 3. Ein Rechteckgenerator 16 erzeugt eine Wechselspannung, deren Kurvenform durch einen Kondensator 17, die Sensorspule 9 und einen Widerstand 18 so verändert wird, dass ein impulsförmiger Strom durch die Spule 9 fließt. Durch eine doppelte Spitzengleichrichterschaltung 19 werden die positiven und negativen Spitzenwerte des Stromes am Widerstand 18 erfasst und arithmetisch addiert, so dass am Eingang eines Filters 20 bei ungestörter Symmetrie des Sensors 7 die Spannung Null, hingegen bei gestörter Symmetrie eine Spannung grösser Null anliegt. Das Filter 20 hat die Aufgabe, die hochfrequente Steuerspannung vom niederfrequenten Drehzahl-signal möglichst steilflankig abzutrennen. Nachfolgend wird das bei gestörter Symmetrie vorliegende Drehzahl-signal noch in einem Schmitt-Trigger 21 zu einem Rechtecksignal

aufbereitet, so dass am Ausgang 22 ein der Drehzahl proportionales Signal vorliegt. Ein zusätzlicher Integralregler 23 sorgt durch Erzeugung eines Kompensationsstromes dafür, dass der Mittelwert der Signalspannung am Ausgang des Filters 20 auch dann Null bleibt, wenn durch ein externes Gleichfeld, wie z.B. das Erdmagnetfeld, die Symmetrie des Sensors gestört wird. Die Zeitkonstante des RC-Gliedes des Integralreglers 23 muss dabei so bemessen werden, dass das langsamste zu erfassende Drehzahl-signal noch nicht ausgere-
10 gelt wird.

Die Auswerteschaltung A kann aber auch wie in Figur 4 gezeigt aufgebaut sein, bei welcher die Spule 9 des Sensors 7 als magnetisch gesteuerte Induktivität in eine Oszillator-schaltung 24 eingebaut ist. Der als invertierender Schmitt-
15 Trigger arbeitende Oszillator ändert hierbei seine Frequenz in Abhängigkeit der Änderung der Induktivität der Spule 9, so dass die Frequenzänderung als Ausgangssignal entweder direkt über den Digitalausgang 25 oder zunächst über einen Frequenz-Spannungswandler 26 und dann über den Analog-
20 ausgang 27 in einer sich daran anschliessenden Auswerteschaltung weiterverarbeitet wird.

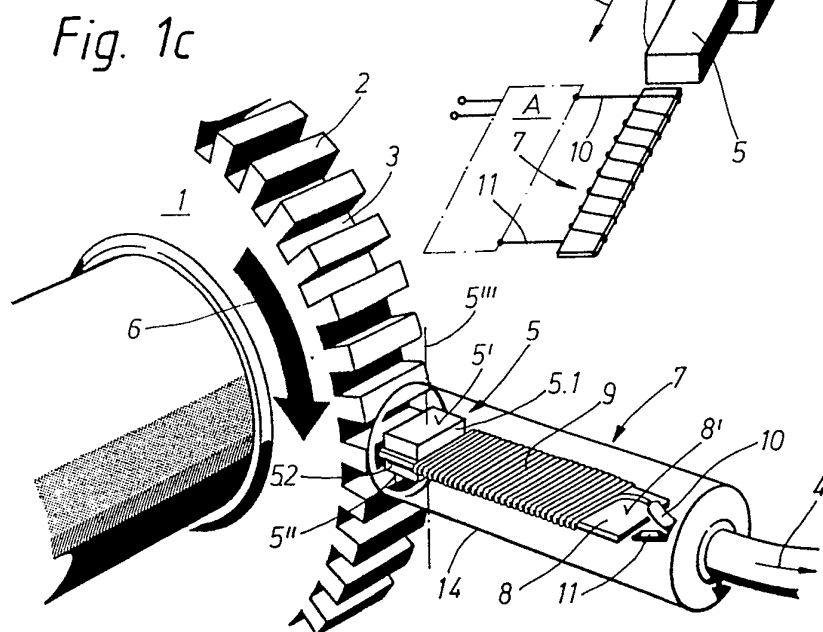
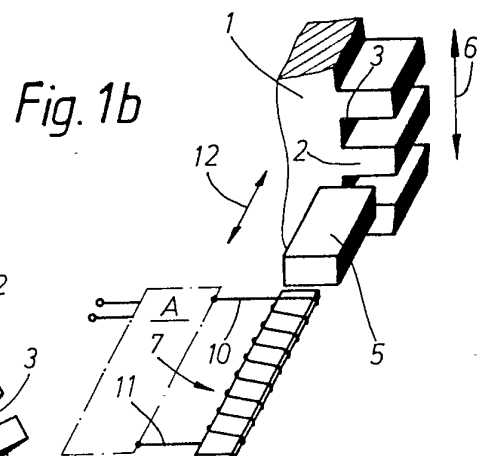
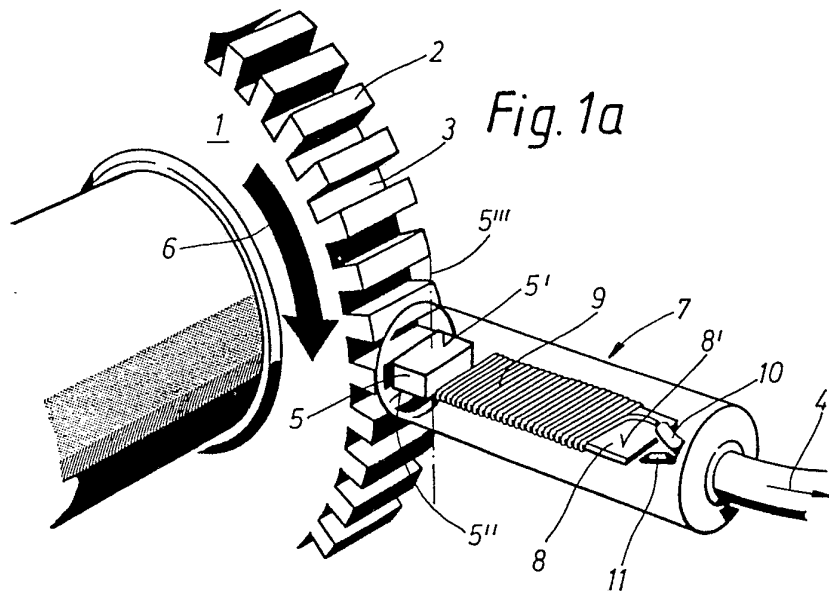


Fig. 2a

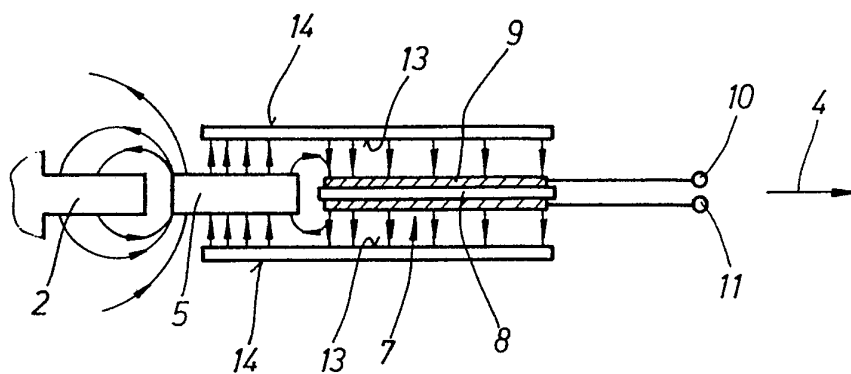


Fig. 2b

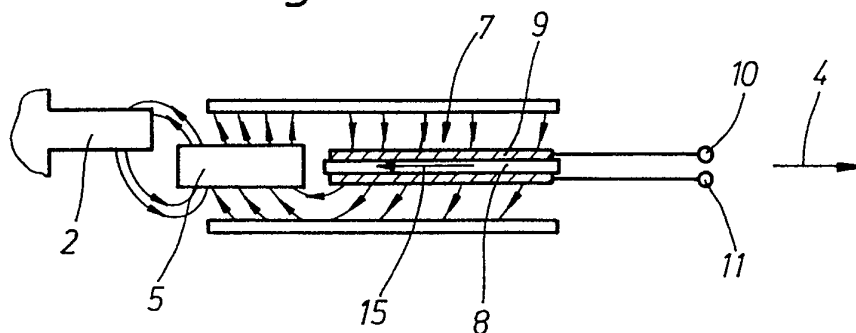


Fig. 2c

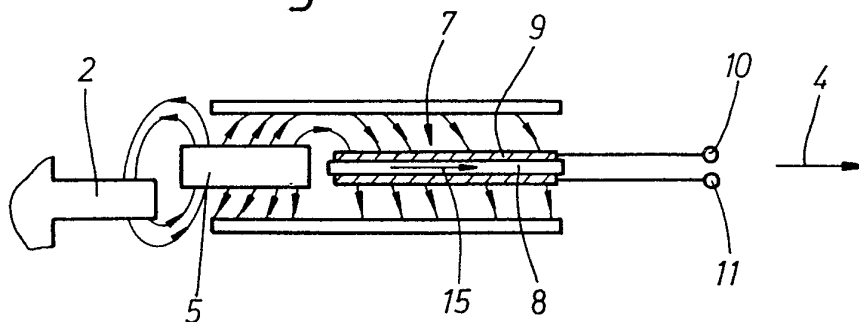


Fig. 3

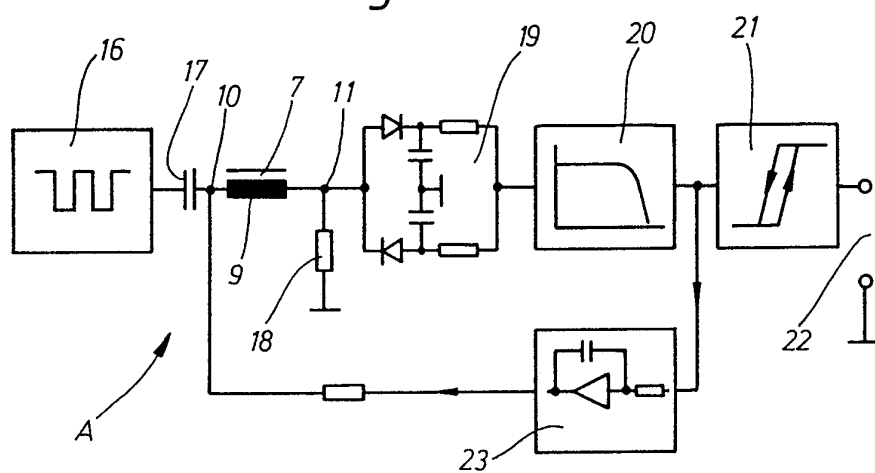


Fig. 4

