



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 014 224 A1** 2008.09.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 014 224.4**

(22) Anmeldetag: **24.03.2007**

(43) Offenlegungstag: **25.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **A61M 1/10** (2006.01)
H02K 1/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
Abiomed Europe GmbH, 52074 Aachen, DE

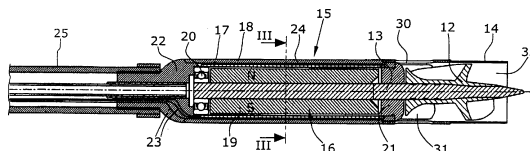
(72) Erfinder:
Sieß, Thorsten, 52146 Würselen, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,
50667 Köln**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Blutpumpe mit Mikromotor**

(57) Zusammenfassung: Die Blutpumpe weist einen Mikromotor (10) auf, dessen Stator einen magnetischen Rückschlussmantel (18) enthält. Der Rückschlussmantel besteht aus einer durchgehenden ungeschlitzten Hülse aus einer Metalllegierung, die als Hauptbestandteil ferritisches Eisen und bis zu 30% Chrom und vorzugsweise Aluminium und Yttriumoxid enthält. Durch Oxidation des Aluminiums wird die elektrische Leitfähigkeit vermindert. Eine ähnliche Funktion hat das Yttriumoxid. Durch die verringerte elektrische Leitfähigkeit werden Wirbelströme weitgehend unterdrückt. Der Rückschlussmantel (18) hat bei geringer Wandstärke eine hohe magnetische Leitfähigkeit und dadurch wird bei geringem Durchmesser des Motors die elektrische Leistung erhöht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Blutpumpe mit Mikromotor für den intrakorporalen Einsatz und insbesondere eine über eine Gefäßschleuse intravaskulär einführbare Blutpumpe.

[0002] Im Bereich der Medizintechnik werden Blutpumpen benötigt, die in den Körper eines Patienten eingeführt werden und in einem Blutgefäß (Ader) oder im Herzen platziert werden, um die Herzfunktion zu unterstützen. Eine derartige Blutpumpe, die intravaskulär eingeführt wird, hat einen Außendurchmesser von 4–8 mm und eine rigide Länge von weniger als 35 mm. Für die kleinformatige Blutpumpe, die die erforderliche physiologische Förderleistung erbringt, ist eine hohe Pumpendrehzahl in der Größenordnung von 30.000–60.000 U/min erforderlich.

[0003] In WO 02/41935 A1 ist eine Blutpumpe mit Mikromotor beschrieben, die die oben genannten Anforderungen erfüllt. Der Mikromotor hat ein langgestrecktes rohrförmiges Gehäuse, das zugleich den Stator bildet. Das Gehäuse besteht aus einer rohrförmigen Hülse, die eine Erregerwicklung enthält, und einem die Hülse eng umgebenden Rückschlussmantel aus weichmagnetischem Material. Der Rotor enthält an einer Welle Magnete. Der Rückschlussmantel dient dazu, die von den Magneten erzeugten Magnetfelder zu konzentrieren und verlustarme Rückschlusswege für den Magnetfluss zu liefern. Dadurch werden die Streuverluste gering gehalten.

[0004] Bei dem bekannten Mikromotor besteht der Rückschlussmantel aus einem einstückigen Körper aus parallelen Ringen, die durch Schlitze getrennt sind. Benachbarte Ringe sind durch mindestens eine Brücke miteinander verbunden. Die Aufteilung des Rückschlussmantels dient dazu, die Ausbildung von Wirbelströmen zu begrenzen. Da der Rückschlussmantel nur eine sehr geringe Wandstärke von 0,2–0,4 mm hat, ist der für den Magnetfluss zur Verfügung stehende Querschnitt sehr eng. Infolgedessen wird der Rückschluss in magnetischer Sättigung betrieben. Durch die Unterbrechung des Rückschlussmantels durch zahlreiche Schlitze wird die Wirkung des Rückschlussmantels auf das Magnetfeld verringert, wodurch die magnetischen Verluste infolge der austretenden Streufelder vergrößert werden. Dies führt zu einer Erhöhung des benötigten Motorstromes und gegebenenfalls zu einer Vergrößerung des Motorvolumens.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Blutpumpe mit Mikromotor für den intrakorporalen Einsatz mit vergrößerter Leistungsdichte zu schaffen, um die Motorabmessungen möglichst klein halten zu können.

[0006] Die erfindungsgemäße Blutpumpe mit Mikromotor ist durch den Patentanspruch 1 definiert. Sie weist einen Rückschlussmantel aus einer einstückigen ungeschlitzten Hülse aus einem Material auf, das eine ferritische Eisenlegierung mit bis zu 30% Chrom ist.

[0007] Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, dass Wirbelströme im Rückschlussmantel in Kauf genommen werden können, wenn die elektrische Leitfähigkeit des Materials reduziert wird und somit auch die Stärke der Wirbelströme reduziert werden kann. Dies geschieht hier durch einen relativ hohen Chromanteil. Chrom bewirkt aber auch eine Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit. Bei einer intrakorporal einzusetzenden Blutpumpe ist dies wichtig, weil Blut hochkorrosiv ist und aus Platzgründen der Rückschluss unmittelbar mit Blut in Kontakt steht. Durch die Verwendung einer ungeschlitzten Hülse werden die magnetischen Verluste des magnetischen Rückschlusses infolge optimaler Ausnutzung der vorhandenen Wandstärke (100% Rückschluss) minimiert. Dadurch verringert sich der für die erforderliche Antriebsleistung benötigte Motorstrom.

[0008] Die Wand des Rückschlussmantels ist vorzugsweise durchgehend bzw. kontinuierlich und von konstanter Wandstärke. Lediglich an den Enden der Hülse können Durchbrüche vorhanden sein, die die Verankerung an der Kunststoffwand des Stators erleichtern, jedoch praktisch keine Auswirkungen auf das Magnetfeld haben, da sie sich außerhalb des magnetischen Wirkbereichs befinden. Das Material des Rückschlussmantels ist eine Metalllegierung mit kristallinem Aufbau. Das Material ist weichmagnetisch, um die Hystereseverluste bzw. die Ummagnetisierungsverluste zu minimieren.

[0009] Vorzugsweise enthält das Material des Rückschlussmantels bis zu 8% Aluminium. Wird eine derartige Legierung, die Aluminium enthält, bei etwa 1100°C in sauerstoffhaltiger Atmosphäre getempert, so diffundiert das Aluminium an die Korngrenze der Eisenkristalle. Es oxidiert unter Sauerstoffeinfluss zu Al_2O_3 . Da Aluminiumoxid ein schlechter elektrischer Leiter ist, werden die Eisenkristalle gegeneinander isoliert. Das oxidierte Aluminium bewirkt somit eine Reduzierung der Wirbelströme, so dass eine Schlitzung oder eine axiale Schichtung des Materials des Rückschlussmantels nicht mehr erforderlich ist. Dieser Effekt führt auch zu einer Al_2O_3

Schicht an der Oberfläche, so dass eine isolierende und chemisch inerte Schicht als Schutz gegen Blut entsteht.

[0010] Vorzugsweise enthält das Material des Rückschlussmantels bis zu 2% fein dispers verteiltes Yttriumoxid. Dieses trägt zudem zur Erhöhung des spezifischen Widerstands bei.

[0011] Das Material sollte kein oder möglichst wenig Kupfer enthalten, um die elektrische Leitfähigkeit möglichst klein zu halten.

[0012] Eine bevorzugte Legierung enthält
Eisen als Hauptbestandteil
Chrom bis 30%, bevorzugt 17% bis 22%
Aluminium bis 8%, bevorzugt 3% bis 6%
Yttriumoxid bis 2%
Andere bis 5%.

[0013] Die Prozentangaben sind stets Gewichtsprozent.

[0014] Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

[0015] Es zeigen:

[0016] [Fig. 1](#) eine Seitenansicht einer Pumpe mit Mikromotor,

[0017] [Fig. 2](#) einen Längsschnitt durch [Fig. 1](#), und

[0018] [Fig. 3](#) einen Querschnitt entlang der Linie III-III von [Fig. 2](#).

[0019] Die in den Figuren dargestellte Blutpumpe entspricht weitgehend derjenigen von WO 02/41935 A1. Sie weist einen Mikromotor **10** auf, an den sich ein Pumpenteil **11** axial anschließt. Der Pumpenteil **11** weist ein Flügelrad **12** auf, welches auf einer Welle **13** befestigt ist und in einem rohrförmigen Pumpengehäuse **14** rotiert.

[0020] Der Mikromotor **10** enthält einen Stator **15** und einen mit der Welle **13** verbundenen Rotor **16**. Der Stator **15** besteht aus einer rohrförmigen Hülse **17** und einem die Hülse **17** eng umgebenden Rückschlussmantel **18**. Der Rotor **16** enthält einen Magneten **19**, dessen Nordpol N und Südpol S an diametral entgegengesetzten Stellen des Umfangs angeordnet sind. Der Magnet **19** ist auf der Welle **13** befestigt. Die Welle **13** ist am rückwärtigen Ende mit einem Kugellager **20** in der Hülse **17** gelagert und sie ist an dem dem Flügelrad **12** zugewandten vorderen Ende in einem Dichtlager **21** gelagert.

[0021] An das rückwärtige Ende des Stators **15** schließt sich ein Übergangsstück **22** an, das mit einem Katheter **25** verbunden werden kann. Durch das Übergangsstück **22** verlaufen Drähte **23**, die mit den Erregerwicklungen **24** im Innern der Hülse verbunden sind. Die Erregerwicklung **24** wird von einem extern gesteuerten Wechselstrom durchflossen, dessen Frequenz die Drehzahl des Motors bestimmt. Die Hülse **17**, welche die Erregerwicklungen **24** enthält, besteht aus einer etwa 0,2 mm starken Kunststoffschicht mit eingebetteten Drähten. Die Drähte sind zweilagig entsprechend einer vorgegebenen Konfiguration gewickelt. Zwischen dem Stator **15** und dem Rotor **16** besteht ein schmaler Spalt in der Größenordnung von einem zehntel Millimeter.

[0022] Der Rückschlussmantel **18** besteht aus einer einstückigen rohrförmigen ungeschlitzten Hülse. Er bildet zugleich die Außenhaut des Mikromotors. Erforderlichenfalls kann er noch mit einer zusätzlichen Kunststoffschicht überzogen werden.

[0023] Der Rückschlussmantel **18** umgibt eng die Hülse **17**, welche die Erregerwicklungen **24** enthält.

[0024] Die Wandstärke des Rückschlussmantels beträgt etwa 0,25 mm, der Außendurchmesser beträgt 4 mm und der Innendurchmesser 3,45 mm. Die Länge des Rückschlussmantels **18** beträgt etwa 12 mm.

[0025] Der Rückschlussmantel **18** setzt sich axial durch Stege **30** fort, die vom vorderen Ende des Mikromotors nach vorne abstehen und einstückig in die Wand des Pumpengehäuses **14** übergehen. Das Pumpenge-

häuse **14** ist also einstückig mit dem Rückschlussmantel **18** durch Schweißen verbunden und kann daher aus einem anderen schweißbaren Material hergestellt sein. Somit können die Materialien für den Rückschluss des Motors und das Pumpengehäuse jeweils optimal auf die spezifischen Anforderungen angepasst werden. Dies bedeutet, dass das Pumpengehäuse **14** denselben Außendurchmesser und einen abweichenden Innendurchmesser vom Rückschlussmantel **18** aufweisen kann. Die Stege **30** verlaufen bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel parallel zur Achse des Mikromotors, so dass bereits 3 Stege eine gegen Biegung steife Verbindung ergeben.

[0026] Die zwischen den Stegen **30** gebildeten Öffnungen **31** bilden die Auslassöffnungen der Pumpe und die stirnseitige Öffnung **32** des Pumpengehäuses **14** bildet die Einlassöffnung der Pumpe. Die Pumpe kann auch in Gegenrichtung angetrieben werden, so dass die Öffnungen **31** den Einlass und die Öffnung **32** den Auslass bilden.

[0027] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel besteht der Rückschlussmantel **18** aus einem Material, das unter der Marke INCOLOY MA956 von der Firma Special Metals Corporation vertrieben wird. Dieses Material enthält die nachstehend wiedergegebene Zusammensetzung:

Eisen	Balance
Chrom	18.5%–21.5%
Aluminium	3.75%–5.75%
Titan	0.2%–0.6%
Kohlenstoff	0.1% max.
Yttriumoxid	0.3%–0.7%
Kupfer	0.15% max.
Mangan	0.30% max.
Cobalt	0.3% max.
Nickel	0.50% max.
Phosphor	0.02% max.

[0028] Aus diesem Material wird zunächst eine zylindrische Hülse hergestellt, die die Form und Größe des späteren Rückschlussmantels hat, und diese wird bevorzugt mehrere Stunden bei etwa 1100°C unter Sauerstoffeinwirkung getempert. Dabei oxidiert das Aluminium an den Korngrenzen teilweise zu Aluminiumoxid und es verteilt sich zwischen den Korngrenzen und entlang der Oberflächen der Hülse. Dadurch werden die Hülsenoberflächen mit einer dünnen isolierenden Keramikschiicht versehen.

[0029] Die von dem Rückschlussmantel **18** gebildete Hülse enthält an ihrem proximalen Ende Fenster **33**. Am distalen Ende befindet sich eine Schweißnaht **35**, die den Rückschlussmantel mit dem Pumpengehäuse **14** verbindet.

[0030] Das Übergangsstück **22**, das aus Kunststoff gefertigt ist, weist angeformte Noppen **34** auf, die in die Fenster **33** reichen und diese formschlüssig ausfüllen.

[0031] Hierdurch wird eine stabile Verbindung zu dem rückwärtigen Katheter erreicht. Die Fenster **33** und die dazwischen befindlichen Stege sind derart zum Kugellager **20** angeordnet, dass eine Weiterleitung der Magnetfeldlinien in das Kugellager vermieden wird. Entsprechend können auch Wirbelströme im Lager vermieden werden, die gegebenenfalls zu einer Lebensdauerreduktion führen können.

[0032] Durch die Erfindung wird gegenüber einem geschlitzten Rückschlussmantel eine Verbesserung der magnetischen Eigenschaften des Rückschlussmantels erreicht, indem mehr Eisenmaterial in den Rückschluss eingebracht wird. Dadurch wird der Wirkungsgrad des Motors erhöht. Bei einer bestimmten geforderten hydraulischen Leistung der Blutpumpe kann das Motorvolumen oder der erforderliche Motorstrom reduziert werden.

[0033] Ein weiterer Vorteil der Metallegierung besteht darin, dass das Material des Rückschlussmantels schweißbar ist. Dies hat Vorteile bei dem Zusammenbau des Motors.

[0034] Der Rückschlussmantel hat die folgenden Eigenschaften:

- ferritisch
- hohe magnetische Flussdichte
- schlechte elektrische Leitfähigkeit

- Korrosionsbeständigkeit
- Schweißbarkeit.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 02/41935 A1 [[0003](#), [0019](#)]

Patentansprüche

1. Blutpumpe mit Mikromotor (**10**) für den intrakorporalen Einsatz, mit einem Stator (**15**), der eine Erregerwicklung (**24**) enthaltende Hülse (**17**) und einen die Hülse (**17**) umgebenden Rückschlussmantel (**18**) aus magnetisch leitendem Material aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rückschlussmantel (**18**) aus einer einstückigen ungeschlitzten Hülse aus einem ferritischen Material besteht, das als Hauptbestandteil Eisen und bis zu 30% Chrom enthält.

2. Blutpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Rückschlussmantels (**18**) bis zu 8% Aluminium enthält.

3. Mikromotor (**10**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Rückschlussmantels (**18**) bis zu 2% Yttriumoxid enthält.

4. Mikromotor (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Rückschlussmantels (**18**) maximal 0,2% Kupfer enthält.

5. Mikromotor (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Rückschlussmantels (**18**) außer Eisen die folgenden Bestandteile enthält:

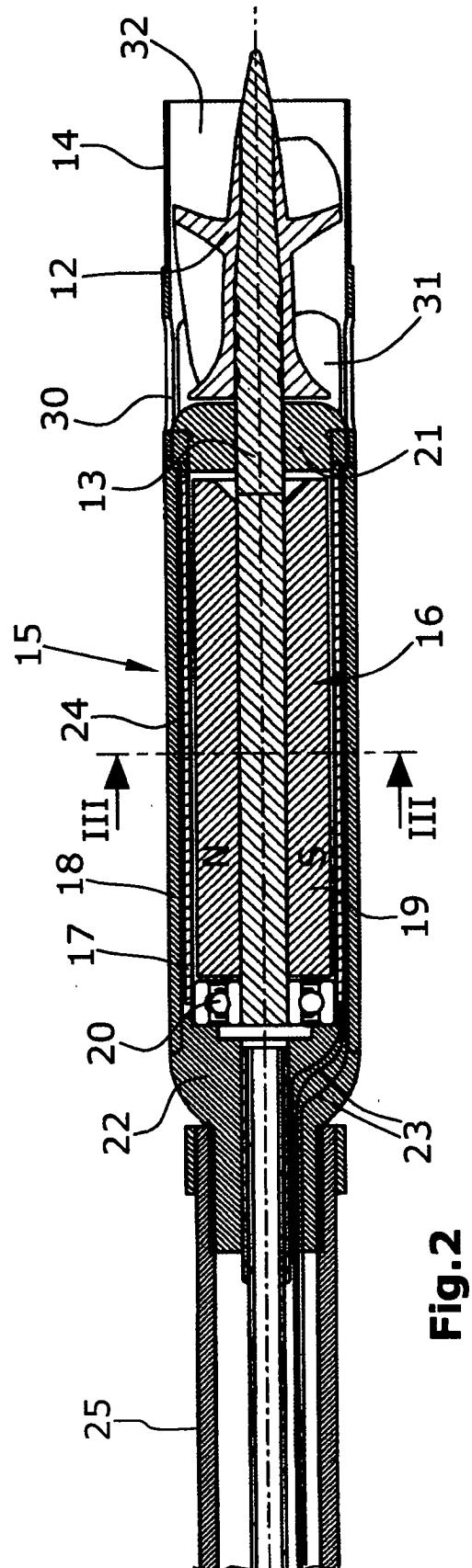
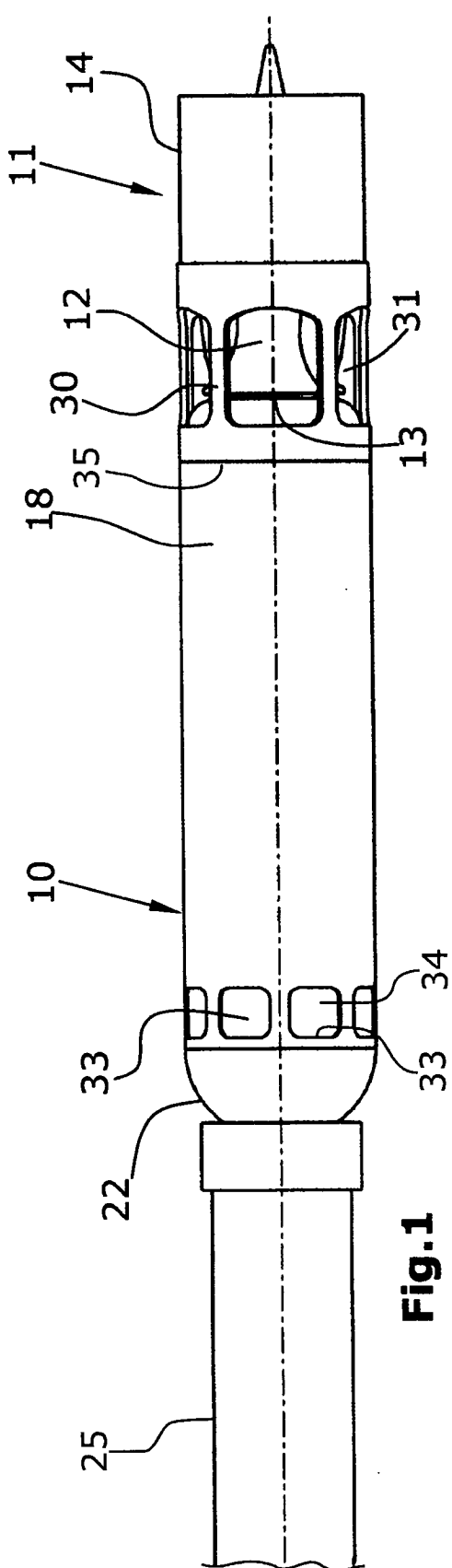
Chrom	18,50%–21,50%
Aluminium	3,75%–5,75%
Titan	0,20%–0,60%
Kohlenstoff	max. 0,10%
Yttriumoxid	0,30%–0,70%
Kupfer	max. 0,15%
Mangan	max. 0,30%
Cobalt	max. 0,30%
Nickel	max. 0,50%
Phosphor	max. 0,02%

6. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Außendurchmesser des Rückschlussmantels (**18**) nicht mehr als 4,6 mm beträgt und der Innendurchmesser mindestens 3,3 mm beträgt.

7. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass an dem proximalen Ende des Rückschlussmantels (**18**) Fenster (**33**) vorgesehen sind.

8. Blutpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückschlussmantel (**18**) mit dem Pumpengehäuse (**14**) durch eine Schweißnaht (**35**) verbunden ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



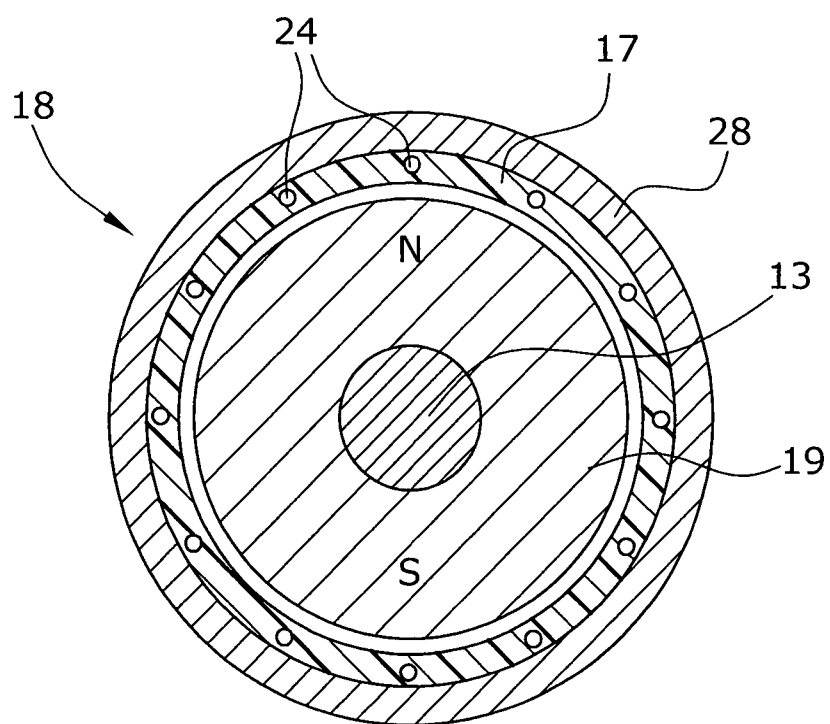


Fig.3