



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

51 Int. Cl.⁶:
F 16 C 32/04

87 EP 0 783 637 B 1

10 **DE 695 07 890 T 2**

- 21 Deutsches Aktenzeichen: 695 07 890.9
- 86 PCT-Aktenzeichen: PCT/GB95/02244
- 86 Europäisches Aktenzeichen: 95 932 089.6
- 87 PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 96/10135
- 86 PCT-Anmeldetag: 21. 9. 95
- 87 Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 4. 4. 96
- 87 Erstveröffentlichung durch das EPA: 16. 7. 97
- 87 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 17. 2. 99
- 47 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 8. 7. 99

DE 695 07 890 T 2

30 Unionspriorität:

9419663 28. 09. 94 GB

13 Patentinhaber:

British Nuclear Fuels plc, Warrington, Cheshire, GB

14 Vertreter:

Lewald und Kollegen, 80331 München

84 Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

12 Erfinder:

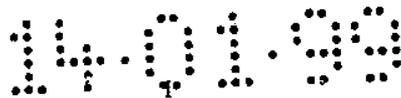
WHORLOW, Raymond, John, Streat Sussex BN6
8RY, GB; JAYAWANT, Bhalchandra, Vinayak, Nr.
Lewes East Sussex BN7 3LN, GB

54 MAGNETLAGER

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.

DE 695 07 890 T 2



British Nuclear Fuels PLC
95 932 089.6-2309
P14370EP
EU*1849

5

Die Erfindung betrifft elektromagnetische Lager, insbesondere eine Anordnung für ein elektromagnetisches Lager, das in Zusammenhang mit einem bei hoher Geschwindigkeit rotierenden Zylinder oder Ring verwendet wird.

Der Anmelder hat eine Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie, entwickelt, wobei ein Zylinder als Schwungrad oder Rotor wirkt, das oder der sich zur Speicherung von Energie in der Vorrichtung in Form von kinetischer Energie des Rotors um einen stationären Stator dreht. Der Rotor weist permanent magnetisierte Bereiche auf, die mit dem vom Stator erzeugten magnetischen Fluß in Wechselwirkung treten und den Rotor um den Stator treiben. Eine Aufhängung des Rotors um den Stator wird mit Hilfe von ringförmigen elektromagnetischen Lagern erreicht, die an jedem Ende des Rotors auf die Innenfläche des Rotors wirken.

Wie in Figur 1 gezeigt, umfaßt jedes elektromagnetische Lager aus dem Stand der Technik innerhalb des Rotors 3 einen Kern 1 aus Eisen oder einem anderen magnetisch permeablen Material, durch den eine Vielzahl von Polflächen 5 gebildet werden, die auf die Innenfläche des Rotors 3 weisen. Um die Pole des Kerns 1 sind Spulen 7 in der Weise gewunden, daß in dem Fall, daß die Spulen 7 erregt werden, über den Rotor 3 ein magnetischer Fluß aus oder in die Polflächen 5 erzeugt wird. An jedem Ende des Rotors 3 sind auf der Innenfläche des Rotors 3 ringförmige Laminierungen (nicht gezeigt) aus einem magnetisch permeablen Material geformt, die auf die Polflächen 5 des Rotors 3 weisen. Durch Regelung der Stärke des magnetischen Flusses von den Polen des Kerns 1 zum Rotor 3 und zurück kann daher die Stellung des Rotors 3 in Bezug auf den Stator geregelt werden. Der Rotor kann daher ohne die Notwendigkeit von mechanischen Lagern gelagert werden.

Rotiert der Rotor mit hoher Geschwindigkeit, beispielsweise 100.000 UpM oder darüber, vergrößert sich wegen der auf die Wand des Rotors wirkenden Zentrifugalkräfte der Durchmesser des Rotors. In diesem Fall wirken Kräfte auf die ringförmigen Laminierungen der elektromagnetischen Lager, was dazu führen kann, daß diese Laminierungen brechen oder sich verbiegen und damit versagen. Dies

stellt insbesondere dann ein Problem dar, wenn sich das Material, aus dem die Rotorwand hergestellt wurde, leichter dehnt als das Material, aus dem die ringförmigen Laminierungen hergestellt wurden.

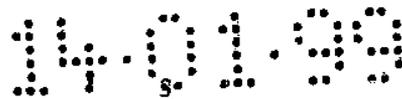
5 Angesichts der oben beschriebenen Tatsachen hat sich die vorliegende Erfindung zur Aufgabe gemacht, die mit dem Reißen der ringförmigen Laminierungen verbundenen Probleme, die beim Umlaufen des Rotors bei hoher Geschwindigkeit auftreten können, zu überwinden.

10 Nach der Erfindung wird ein elektromagnetisches Lager zur Verfügung gestellt, mit dem ein Rotor um einen innerhalb des Rotors vorgesehenen Stator gelagert werden kann, wobei das Lager einen Kern aufweist, der ein Paar von Polen definiert, auf dem Kern Spulen gelagert sind, die bei Erregung einen magnetischen Fluß erzeugen, der von einem Pol des Polpaares zu dem anderen Pol des Polpaares fließt, sowie weiter mit dem Kern verbundene magnetisch permeable Mittel, die bei Gebrauch mit dem von den Spulen erzeugten magnetischen Fluß in Wechselwirkung
15 treten, um den Rotor relativ zum Kern aufzuhängen, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole des Polpaares relativ zum Rotor in axialer Richtung beabstandet sind, und die magnetisch permeablen Mittel eine Vielzahl von Laminierungen aufweisen, die ringförmig innerhalb des Rotors angeordnet sind, wobei sich jede Laminierung im wesentlichen parallel und radial zur Achse des Rotors erstreckt.

20 Indem Laminierungen eingearbeitet werden, die sich parallel und radial zur Achse des Rotors erstrecken, führt eine Ausdehnung des Rotors in radialer Richtung, wenn dieser bei hoher Geschwindigkeit rotiert, nicht zu einem Reißen des mit dem Rotor verbundenen magnetisch permeablen Materials. Es können daher höhere Geschwindigkeiten erreicht werden und eine größere Menge an Energie gespeichert
25 werden, ehe ein Versagen der Vorrichtung eintritt.

Vorzugsweise formen die Laminierungen während des Betriebs einen vollständigen Ring um den Rotor. Theoretisch können die Laminierungen auch in bestimmten Bereichen eingearbeitet werden, dies wäre allerdings nicht so wirksam wie ein vollständiger Ring.

30 Die Laminierungen können jeweils zwischen 1 - 50 Mikrometern stark sein, insbesondere eine Stärke zwischen 1 - 10 Mikrometern aufweisen. In Abhängigkeit



von den Eigenschaften des Materials, aus dem die Laminierungen hergestellt wurden, sowie von der Ausdehnung des Rotors, auf dem die Laminierungen eingearbeitet sind, usw., kann alternativ jedoch auch jede andere geeignete Stärke verwendet werden.

- 5 Bevorzugt sind die Laminierungen auf einem Stützring vorgesehen, der eine Abstützung der Laminierungen ermöglicht.

Der Stützring weist vorzugsweise einen quadratischen C-förmigen Querschnitt auf, um die Befestigung und den Zusammenbau der Laminierungen zu vereinfachen.

- 10 Der Stützring kann aus Stahl hergestellt sein, obwohl alternativ auch jedes andere geeignete Material verwendet werden kann.

Die Pole des Kerns weisen bevorzugt gekrümmte, der Form des Rotors entsprechende Polflächen auf.

- 15 Obwohl die erfindungsgemäßen elektromagnetischen Lager für jede geeignete Vorrichtung zur Aufhängung eines Rotors oder eines anderen Gegenstandes verwendet werden können, wurde die Erfindung vor allem unter der Vorstellung aufgefunden, das elektromagnetische Lager für eine Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie zu verwenden, die einen Rotor und einen im Rotor vorgesehenen Stator aufweist, der dazu vorgesehen ist, den Rotor anzutreiben um Energie in Form von kinetischer Energie des Rotors zu speichern, wobei die im Rotor
20 gespeicherte Energie zurückgewonnen werden kann, wenn der Stator und der Rotor als Generator wirken.

- Wird ein erfindungsgemäßes elektromagnetisches Lager für eine Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie verwendet, wird der Rotor der Vorrichtung vorzugsweise aus einem Faserverbundmaterial hergestellt. Im Ergebnis
25 kann der Rotor mit sehr hoher Geschwindigkeit umlaufen, ehe ein Versagen eintritt. Es kann daher eine bedeutende Menge an Energie gespeichert werden.

Um einen gleichmäßigen Lauf des Rotors zu erreichen, läuft der Rotor zur Verringerung von Reibungsverlusten vorzugsweise in einer Vakuumkammer um.

- 30 Unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen wird im weiteren beispielhaft eine besondere Ausführungsform der Erfindung beschrieben, wobei:



Fig. 1 eine geschnittene Aufsicht auf ein elektromagnetisches Lager einer Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie nach dem Stand der Technik zeigt;

Figur 2 eine geschnittene Seitenansicht einer Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie zeigt, welche in schematischer Darstellung die erfindungsgemäßen elektromagnetischen Lager umfaßt;

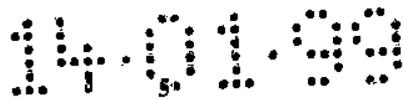
Figur 3 eine vergrößerte Ansicht eines Teils der Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie aus Figur 2 ist;

Figur 4 eine schematische perspektivische Darstellung eines der Enden des Rotors der Vorrichtung zur Speicherung und Umwandlung von Energie aus Figur 2 ist, in der der kreisförmige Ring des elektromagnetischen Lagers dargestellt ist; und

Figur 5 eine perspektivische Detailansicht des Kerns eines erfindungsgemäßen elektromagnetischen Lagers ist, wobei die auf diesem befestigten Spulen des Lagers in Form von Phantomlinien dargestellt sind.

Wie in Figur 2 der Zeichnungen dargestellt, umfaßt eine Vorrichtung 11 zur Speicherung und Umwandlung von Energie ein äußeres Gehäuse 13, das eine Vakuumkammer 15 definiert. Ein Fundament 17 trägt einen Stator 19, der entweder zur Speicherung von Energie in Form von kinetischer Energie des Rotors 21 den Rotor 21 antreibt oder zusammen mit dem Rotor 21 als Generator wirkt, mit dem die im Rotor 21 gespeicherte Energie zurückgewonnen wird. Um zu ermöglichen, daß der Stator 19, der einen Kern umfaßt, der die Polflächen sowie eine Vielzahl von Spulen (nicht gezeigt) definiert, den Rotor 21 antreibt, weist der Rotor 21 einen Ring von alternierenden Permanentmagneten (nicht gezeigt) auf, so daß, wenn die Spulen des Stators 19 erregt werden, der Stator 19 und der Rotor 21 als Motor wirken. Umgekehrt kann dem Rotor 21 durch den Stator 19 Energie in Form von elektrischer Energie entzogen werden, indem der Stator 19 und der Rotor 21 als Generator wirken.

Der Rotor 21 wird aus einem Faserverbundmaterial hergestellt, beispielsweise Kohlefaser, Glasfaser, usw. Als Folge davon kann der Rotor 21 bei sehr hohen Geschwindigkeiten, in der Größenordnung von 100.000 - 200.000 UpM, umlaufen, ohne zu versagen. Der Rotor 21 ist in vertikaler Richtung mit Hilfe eines axialen



magnetischen Lagers 23 aufgehängt, das aus einem auf dem Boden des Gehäuses 13 befestigten Permanentmagneten 25 und einem Magneten (nicht dargestellt) entgegengesetzter Polarität besteht, der auf dem Ende des Rotors 21 befestigt ist. Der Rotor 21 wird daher durch den Permanentmagneten 25 abgestoßen, wobei das
5 Gewicht des Rotors 21 durch die Kraft kompensiert wird, die durch den Permanentmagneten 25 auf das Ende des Rotors 21 wirkt.

Die Positionierung des Rotors 21 in radialer Richtung wird durch die elektromagnetischen Lager 27 erreicht, die an jedem Ende des Rotors 21 befestigt sind. Jedes radiale Lager 27 besteht aus vier individuellen Kernabschnitten 29 (s.
10 Figur 5), die in einem Winkel von 90° über dem Fundament 17 angeordnet sind. Wie der Figur 5 entnommen werden kann, weist der Kern 29 jedes elektromagnetischen Lagers ein Paar von Polflächen 31 auf, die in axialer Richtung relativ zum Rotor 21 beabstandet sind. Die Polflächen 31 sind leicht gekrümmt um sich der inneren Krümmung des Rotors 21 anzupassen. Ferner sind die Polflächen
15 31 so an den Polen 33 ausgeformt, daß deren gegenüberliegende Enden miteinander verbunden sind, um einen vollständigen Kern 29 zu bilden, der einen im wesentlichen C-förmigen Querschnitt aufweist. Wie in Figur 5 gezeigt, sind auf den Polen 33 Spulen 35 befestigt.

Werden die Spulen 35 erregt, wird ein magnetischer Fluß erzeugt, der dem Pfad des
20 Kerns 29 folgt und aus einer Polfläche 31 austritt und über die andere Polfläche 31 des Paares in den Kern 29 eintritt. Der magnetische Fluß, der von einer Polfläche zur anderen fließt, tritt mit einer magnetisch permeablen Schicht 37 in Wechselwirkung, die auf der Innenfläche des Rotors 21 angeordnet ist. Wie deutlich den Figuren 3 und 4 entnommen werden kann, umfaßt die Schicht 37, die ringförmig ausgebildet
25 ist, einen Stützring 39 aus Stahl, der einen quadratischen, C-förmigen Querschnitt aufweist, und der eine Vielzahl von axial angeordneten Laminierungen 41 umfaßt. Jede Laminierung 41 ist zwischen 1 - 10 Mikrometer dick und ist im wesentlichen rechteckig, wie dies in den Figuren 3 und 4 dargestellt ist.

Werden die Spulen 35 des elektromagnetischen Lagers erregt, fließt, wie oben
30 beschrieben, ein magnetischer Fluß aus einer der Polflächen 31, tritt mit der Schicht 37 in Wechselwirkung, indem er relativ zum Rotor 21 in axialer Richtung durch die Laminierung 41 tritt und in die zweite Polfläche 31 des Polpaares zurückfließt. Im Ergebnis muß der magnetische Fluß innerhalb der Rotorschicht 37 keine Luftspalten

überwinden, wobei solche Luftspalte die Wirksamkeit des Lagers erheblich vermindern würden. Weiter können sich, wenn der Rotor 21 mit hoher Geschwindigkeit umläuft, bedingt durch die Zentrifugalkräfte der Rotor 21 und der Stützring 39 ausdehnen. Tritt dies ein, reißen die Laminierungen 41 nicht, da die
5 Schicht 37 nicht einstückig ausgeformt ist, sondern eine Vielzahl von Laminierungen 41 aufweist, die sich relativ zueinander bewegen können.

Wie sich aus den vorstehenden Erläuterungen ergibt, stellen die erfindungsgemäßen elektromagnetischen Lager im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Lagern eine deutliche Verbesserung dar. Weiter ist wegen des
10 C-förmigen Querschnitts des Stützrings 39 der Zusammenbau der Schicht 37 einfach durchzuführen, da die Laminierungen 41 lediglich auf dem Stützring 39 befestigt werden müssen. Es kann jedoch auch, sofern notwendig, eine Art Klebstoff auf dem Stützring 39 aufgebracht werden, ehe die Laminierungen eingesetzt werden, um sicherzustellen, daß die Laminierungen zu jedem Zeitpunkt in ihrer
15 Position gehalten werden.

Obwohl die Laminierungen 41 aus jedem geeigneten magnetisch permeablen Material gefertigt werden können, wird als Material bevorzugt eine Legierung wie ROTELLOY 5 (eingetragene Marke) oder Vergleichbares verwendet, die speziell als
hochfestes Material für Rotoren entwickelt wurde. Weiter werden, indem der Rotor
20 21 unter Verwendung von elektromagnetischen Lagern 27 aufgehängt wird, Reibungsverluste durch den Rotor 21 vermieden, die durch mechanische Lager bedingt werden. Die Tatsache, daß der Rotor 21 in einer Vakuumkammer 15 umläuft, unterstützt die Reduzierung von Energieverlusten.

Es versteht sich von selbst, daß die vorliegende Erfindung vorgehend nur anhand
25 von Beispielen beschrieben wurde und daß Modifikationen im Detail vom Umfang der Erfindung, wie er in den Ansprüchen bestimmt ist, erfaßt werden.

140199

95 932 089.6
BRITISH NUCLEAR FUELS PLC
EU* 1849 lw/ge (Ref.: 30969)

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektromagnetisches Lager (27) zum Aufhängen eines Rotors (21) um einen innerhalb des Rotors (21) positionierten Stator (19), wobei das Lager (27) einen Kern (29) umfaßt, der ein Paar von Polen (33) definiert, und Spulen (35) auf dem Kern (29) aufgebracht sind, die, wenn erregt, magnetischen Fluß, der von einem Pol (33) des Polpaares zum anderen Pol (33) des Polpaares geht, erzeugen, und magnetisch permeable Mittel (37) dem Rotor (21) zugeordnet sind, um im Betrieb in Wechselwirkung mit dem durch die Spulen (35) erzeugten magnetischen Fluß zu treten und um den Rotor (21) relativ zum Kern (29) aufzuhängen, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (33) des Polpaares axial relativ zum Rotor (21) beabstandet sind und die magnetisch permeablen Mittel eine Vielzahl von Laminierungen (41) umfassen, die ringförmig innerhalb des Rotors (21) angeordnet sind, wobei jede Laminierung (41) sich im wesentlichen parallel und radial zur Achse des Rotors (21) erstreckt.
2. Lager nach Anspruch 1, wobei die Laminierungen (41) einen vollständigen Ring um den Rotor (21) im Betrieb bilden.
3. Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Laminierungen (41) je zwischen 1-50 Mikron dick, bevorzugt zwischen 1-10 Mikron dick, sind.
4. Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Laminierungen (41) in einem Stützring (39) gelagert sind.
5. Lager nach Anspruch 4, wobei der Stützring (39) einen rechteckigen, insbesondere quadratischen C-förmigen Querschnitt hat.

6. Lager nach Anspruch 4 oder 5, wobei der Stützring (39) aus Stahl hergestellt ist.
7. Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pole (33) gekrümmte Polflächen (31) entsprechend der Gestalt der Rotorfläche haben.
8. Energiespeicher- und Umwandlungsvorrichtung (11), die einen zylindrischen Rotor (21), einen Stator (19) innerhalb des Rotors (21), zum Antrieb des Rotors (21), für das Speichern von Energie als kinetische Energie des Rotors und ein elektromagnetisches Lager nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Aufhängen des Rotors (21) um den Stator (19) aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei der Rotor (21) aus Faserverbundmaterial hergestellt ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, wobei der Rotor (21) in einer Vakuumkammer (15) umläuft.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei der Rotor (21) radial um den Stator (19) mittels elektromagnetischer Lager (27), die an beiden Enden des Rotors (21) positioniert sind, aufgehängt ist.

FIG. 1 (STAND DER TECHNIK)

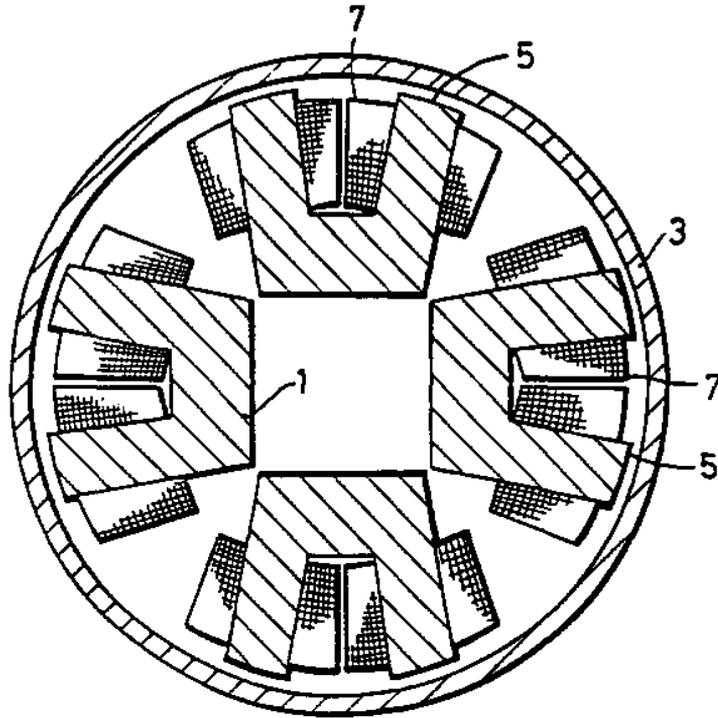


FIG. 3

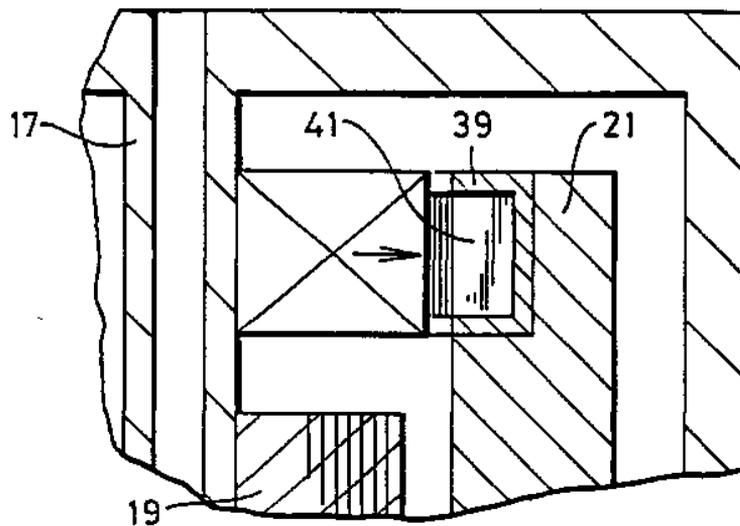
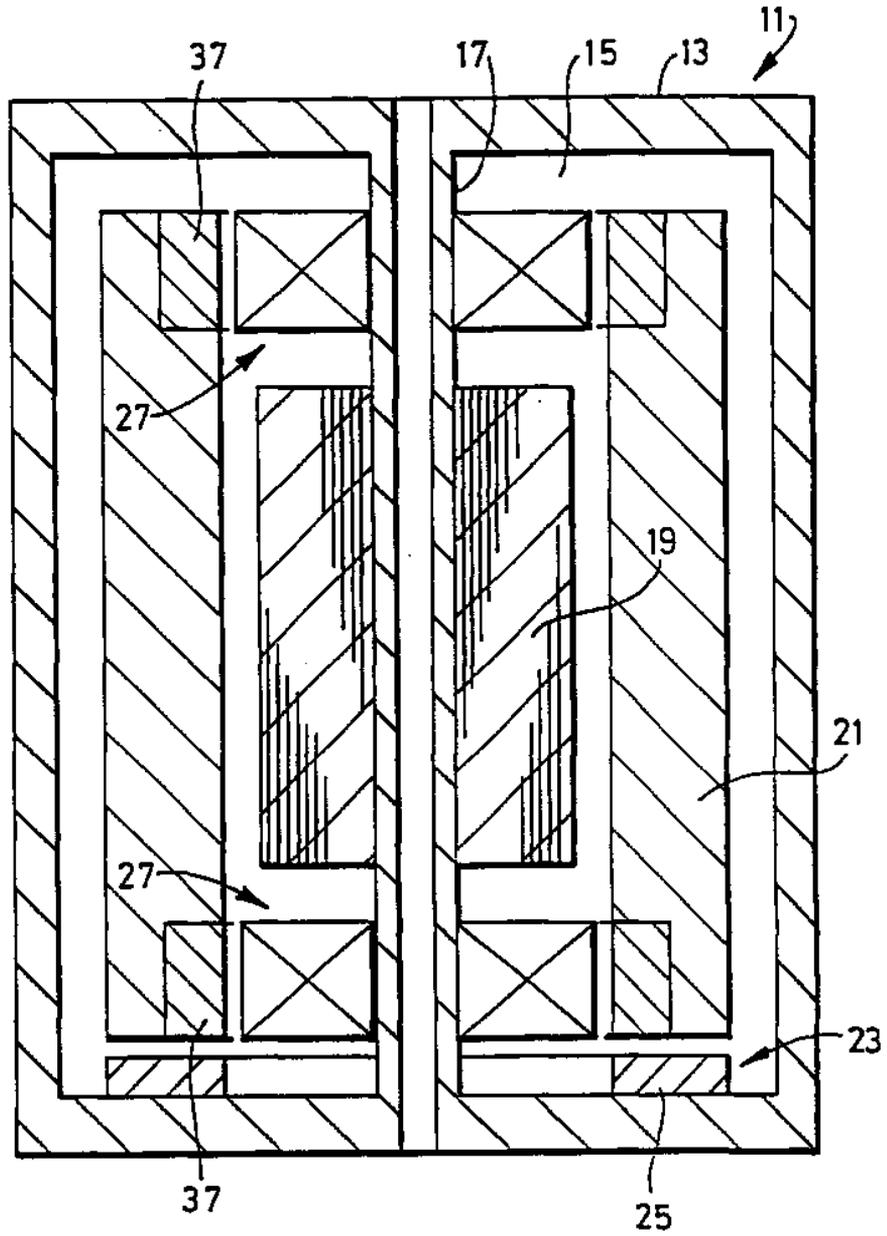


FIG. 2



14.01.99

3 / 3
FIG. 4

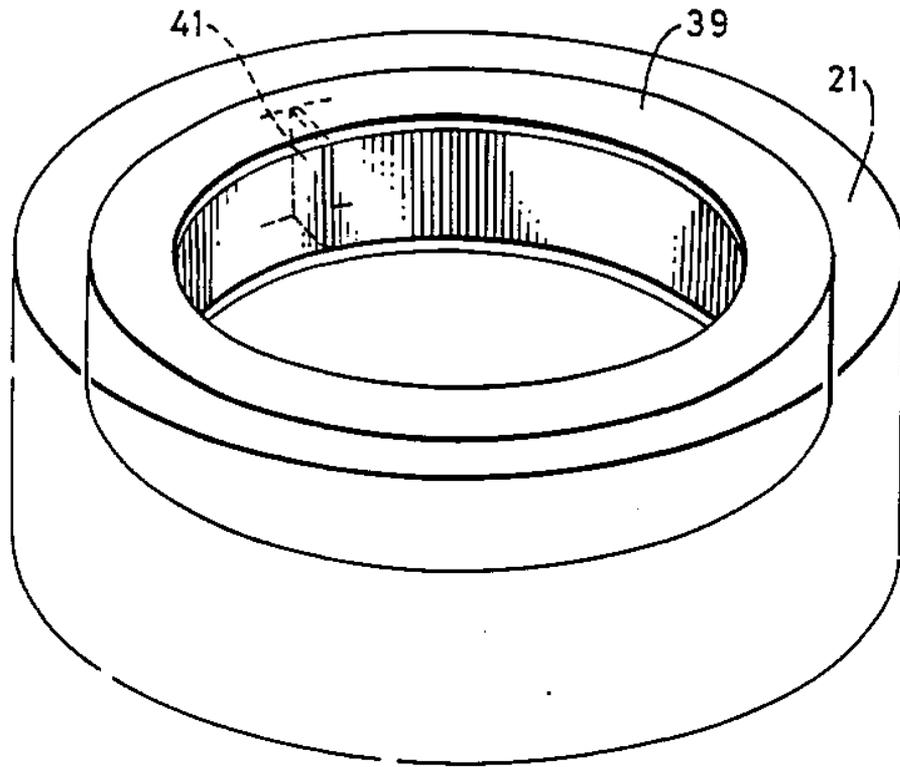


FIG. 5

