(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. November 2001 (15.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/86158 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: F16C 32/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/04531

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. April 2001 (21.04.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 22 062.2 6. Mai 2000 (06.05.2000) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **LEYBOLD VAKUUM GMBH** [DE/DE]; Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **ENGLÄNDER, Heinrich** [DE/DE]; Im Krähwinkel 4, 52441 Linnich (DE). **HODAPP, Josef** [DE/DE]; Simmerer Str. 7b, 50935 Köln-Sülz (DE).

(74) Anwalt: **LEINEWEBER, Jürgen**; Aggerstr. 24, 50859 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: JP, KR, US.

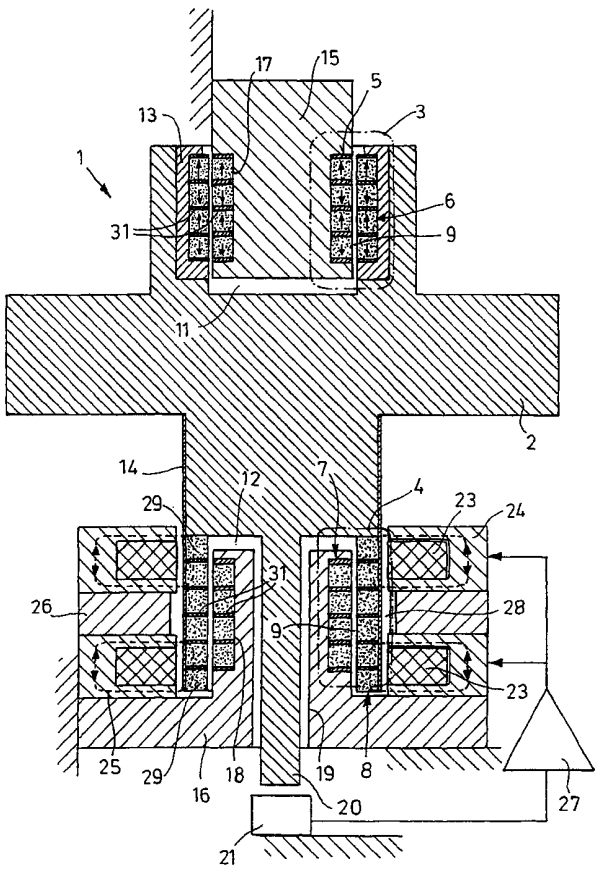
(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:
— *mit internationalem Recherchenbericht*

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MACHINE, PREFERABLY A VACUUM PUMP, WITH MAGNETIC BEARINGS

(54) Bezeichnung: MASCHINE, VORZUGSWEISE VAKUUMPUMPE, MIT MAGNETLAGERN



(57) Abstract: The invention relates to a machine (1), comprising a stator and a rotor (2) which is mounted with radially stable and axially unstable magnetic bearings (3, 4). Said magnetic bearings (3, 4) each consist of concentrically arranged magnetic ring assemblies (5, 6; 7, 8) in which the stationary magnetic ring assembly (5 or 7) is situated inside and the rotating magnetic ring assembly (6 or 8) is situated outside. The machine also comprises means (21, 23, 24, 27) for regulating the axial position of the rotor (2). The aim of the invention is to simplify a machine of this type. To this end, one (4) of the two magnetic bearings (3, 4) is itself equipped with the axial regulation means and at least one coil (23) controlled by a position sensor (21) and pole components (24) surround the outer magnetic ring assembly (8) of the axially regulated bearing (4).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Maschine (1) mit einem Stator, mit einem mittels radial stabiler und axial labiler Magnetlager (3, 4) gelagerten Rotor (2), wobei die Magnetlager (3, 4) jeweils aus konzentrisch angeordneten Magnetringpaketen (5, 6; 7, 8) bestehen, bei denen das ortsfeste Magnetringpaket (5 bzw. 7) innen und das rotierende Magnetringpaket (6 bzw. 8) aussenangeordnet ist sowie mit Mitteln (21, 23, 24, 27) zur Regelung der axialen Lage des Rotors (2); zur Vereinfachung einer Maschine dieser Art wird vorgeschlagen, dass eines (4) der beiden Magnetlager (3, 4) selbst mit den Mitteln zur axialen Regelung ausgerüstet ist und dass mindestens eine von einem Lagesensor (21) gesteuerte Spule (23) sowie Polbauteile (24) das äussere Magnetringpaket (8) des axial geregelten Lagers (4) umgeben.

WO 01/86158 A1

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Maschine, vorzugsweise Vakuumpumpe, mit Magnetlagern

Die Erfindung betrifft eine Maschine mit einem Stator, mit einem mittels radial stabiler und axial labiler Magnetlager gelagerten Rotor, wobei die Magnetlager jeweils aus konzentrisch angeordneten Magnetringpaketen bestehen, bei denen das ortsfeste Magnetringpaket innen und das rotierende Magnetringpaket außen angeordnet ist, sowie mit Mitteln zur Regelung der axialen Lage des Rotors. Die Magnetlagerung soll so ausgebildet sein, dass sie insbesondere zur Lagerung der Rotoren in Gebläsen oder Vakuumpumpen, vorzugsweise mit hoher Drehzahl betriebenen Reibungsvakuumpumpen, geeignet ist.

Der Einsatz von Magnetlagern in Turbomolekularvakuumpumpen ist bekannt (vgl. EP 414 127 A1) und hat sich bewährt. Die genannte Schrift offenbart Magnetlager, die aus miteinander verzahnten Stator- und Rotormagnetringpaketen bestehen. Bei Magnetlagern dieser Art und damit auch bei den damit ausgerüsteten Maschinen ist

der Montageaufwand sehr hoch. Außerdem bereiten Änderungen der Länge des Rotors, welche bei Temperaturbelastungen auftreten, Lagerprobleme.

Aus der DE-A 38 18 556 ist eine Maschine mit den Merkmalen der eingangs genannnten Art bekannt. Es handelt sich um eine Turbomolekularvakuumpumpe mit zwei passiven, radial stabilen und axial labilen Magnetlagern. Die Mittel zur Regelung der axialen Lage des Rotors bestehen zum einen darin, dass der Arbeitspunkt der Magnetlager derart gewählt wird, dass er in Bezug auf den labilen Punkt in Richtung Hochvakuumseite verschoben ist, und zum anderen darin, dass ein von den Magnetlagern unabhängiges Hubsystem vorgesehen ist, mit dem die durch die Verschiebung des Arbeitspunktes wirkenden axialen Kräfte ständig kompensiert werden. Bei einer Lösung dieser Art sind sowohl die Regelung als auch die dazu notwendigen Mittel aufwendig.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Maschine mit den eingangs erwähnten Merkmalen zu schaffen, die im Vergleich zu den Lösungen nach dem Stand der Technik einfacher ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche gelöst.

Bei einer Maschine nach der Erfindung sind verzahnte Magnetringpakete nicht mehr vorhanden, so dass der Montageaufwand reduziert ist. Ein von den Magnetlagern unabhängiges Hubsystem zur Regelung der axialen Lage des Rotors ist nicht mehr erforderlich. Die Lagerung insge-

samt besteht aus weniger voneinander verschiedenen Einzelteilen, so dass Fertigungstiefe, Lagerhaltung und Logistik vereinfacht sind.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen an Hand von in den Figuren 1 bis 10 erläutert werden. Es zeigen

- Figuren 1 und 2 eine schematische Darstellung von Maschinen mit Rotoren, die sich jeweils in einer erfindungsgemäß ausgebildeten Magnetlagerung abstützen,

- Figur 3 eine Turbomolekular-/Molekularvakuumpumpe mit der erfindungsgemäßen Lagerung,

- Figuren 4 bis 7 Teilschnitte durch Magnetlager nach der Erfindung mit unterschiedlich gestalteten Mitteln zur Axialregelung und

- Figuren 8 bis 10 Beispiele für Gestaltungen der Magnetlager mit Dämpfungsmitteln.

Bei den in den Figuren 1 und 2 schematisch dargestellten Maschinen 1 ist das rotierende System 2 in zwei Magnetlagern 3, 4 aufgehängt. Jedes der Magnetlager 3, 4 besteht aus zwei Ringpaketen 5, 6 (Lager 3) bzw. 7, 8 (Lager 4). Das jeweils innere Ringpaket 5, 7 ist ortsfest montiert, die äußeren Ringpakete 6, 8, die das jeweils innere Ringpaket konzentrisch und berührungsfrei (Spalt 9) umgeben, sind Bestandteile des rotierenden

Systems 2. Der Aufbau ist insgesamt rotationssymmetrisch. Ein Antriebsmotor ist nicht dargestellt.

Das rotierende System 2 ist auf beiden Stirnseiten mit zentralen Ausnehmungen 11, 12 versehen. Die Wandungen dieser Ausnehmungen bilden Aufnahmen 13, 14 für die rotierenden Magnetringpakete 6, 8. Bei der Aufnahme 14 handelt es sich um eine rohrförmige Armierung aus nicht magnetisierbarem Werkstoff, z.B. CFK, welche vorzugsweise über einen Presssitz am rotierenden System 2 befestigt ist. Ein die Ausnehmung 12 umgebender Abschnitt der Armierung 14 trägt auf seiner Innenseite das Magnetringpaket 8.

In die Ausnehmungen 11, 12 ragen ortsfeste Träger 15, 16 mit Aufnahmen 17, 18 für die ortsfesten Magnetringpakete 5, 7 derart hinein, dass die äußeren Ringpakete 6, 8 die inneren Pakete 5, 6 konzentrisch umfassen. Die in den Figuren jeweils unteren Träger 16 weisen eine zentrale Bohrung 19 für einen Wellenstumpf 20 des rotierenden Systems 2 auf, dessen Stirnseite ein Axialsensor 21 zugeordnet ist.

Der Axialsensor 21 ist Bestandteil der Mittel zur Axialregelung des Magnetlagers 4. Ein oder mehrere Spulen 23 mit jeweils einem U-förmigen, zum Ringpaket 8 hin offenen Joch 24 erzeugen die mit gestrichelten Linien und Pfeilen 25 angedeuteten Magnetfelder. In den Figuren 1 und 2 sind jeweils zwei das Ringpaket 8 umgebende Spulen 23 vorgesehen. Ihre Jochbauteile 24 sind durch eine Distanzscheibe 26 aus nicht-ferritischem Werkstoff voneinander getrennt.

Der Steuerung der Spulen bzw. der von den Spulen 23 erzeugten Magnetfelder in Abhängigkeit der vom Sensor 21 gelieferten Signale dient ein Regler 27. Im Spalt 28 zwischen den jeweils äußeren, rotierenden Ringpaketen 6, 8 und den Spulen 23 bzw. Stirnseiten der Schenkel der Jochbauteile 24 werden die der Axial-Regelung dienenden Magnetkräfte wirksam.

Die Ringpakete 5 bis 8 bestehen jeweils aus in axialer Richtung magnetisierten Ringen, die derart polwechselnd (beispielhaft angedeutet im Lager 3 nach Figur 1) angeordnet sind, dass die Ringpakete 5, 6 bzw. 7, 8 der Magnetlager 3, 4 einander abstoßen. Vorzugsweise sind so viele Außen- und Innenringpaare vorgesehen, dass jedes der Magnetringpakete auf beiden Seiten mit dem gleichen Magnetpol endet. Bei der Lösung nach Figur 1 bilden die Ringpakete 5, 6 bzw. 7, 8 jeweils zwei konzentrisch zueinander angeordnete Zylinder. Die Abmessungen der Magnetringe der Magnetringpakete 5, 7 bzw. 6, 8 sind zweckmäßig jeweils identisch. Bei der Lösung nach Figur 2 verändern sich die Durchmesser der einander zugewandten Umfangsflächen der Ringe beider Ringpakete 5, 6 bzw. 7, 8 der Lager 3, 4 stufenweise (gleichsinnig), so dass auch der Spalt 9 Stufenform hat. Auch der Spalt 28 im Lager 4 kann (anders als in Figur 2 dargestellt) Stufenform haben.

Im oberen Lager 3 kann der Querschnitt des rotierenden Magneten kleiner gehalten werden als im Lager 4. Dies spart Kosten für Magnetmaterial.

In Lager 4 ist es erforderlich, dass der Spalt 28 zwischen Polflächen der Jochbauteile und den Magneten, die über den konstanten Innendurchmesser des CFK-Rohres gehalten werden, klein ist, damit das Axiallager auf die Magneten wirken kann.

Die Ringe der Magnetringpakete 5 bis 8 sind fest in ihren Aufnahmen 13, 14, 17, 18 gehaltert. Beiden Stirnseiten eines jeden Magnetringes liegen kreisringförmige Distanzscheiben 31 an, die aus nicht ferritischen Werkstoffen bestehen, damit die magnetischen Kräfte vorzugsweise in den Spalten 9 bzw. 28 wirksam werden. Hat der Werkstoff der Distanzringscheiben 31 zusätzlich elektrisch gut leitende Eigenschaften (z. B. Kupfer), wird gleichzeitig eine Dämpfung der Rotorbewegungen erzielt.

Zusätzlich zu den Distanzscheiben können die einander zugewandten Flächen der Ringe der Ringpakete gekapselt sein, um die Magnetwerkstoffe vor aggressiven Gasen (z.B. Wasserstoff bei Reibungsvakuumpumpen) zu schützen. Als Beispiel sind in Figur 2 gestufte Hülsen 32, 33 für die jeweils ortsfesten Ringpakete 5, 7 dargestellt. Sie sind seitlich von den Ringpaketen mit den zugehörigen Aufnahmen gasdicht verbunden, z.B. verschweißt.

Vorzugsweise sind die Innen- und Außenringe der Ringpakete 5, 6 bzw. 7, 8 jeweils paarweise angeordnet. Zur Verbesserung der Axialregelung kann es zweckmäßig sein, dem äußeren, rotierenden Ringpaket 8 des axial aktiven Magnetlagers 4 weitere Ringe hinzuzufügen. Varianten

dieser Art sind in den Figuren 1 und 2 dargestellt. Das Ringpaket 8 weist zwei Ringe mehr als das Ringpaket 7 auf. Die beiden äußeren, mit 29 bezeichneten Ringe wurden dem Paket 8 hinzugefügt. Dabei kann es sich um weich-ferritische Ringe handeln; vorzugsweise sind aber zwei weitere Magnetringe hinzugefügt.

Bei der in Figur 3 dargestellten Maschine 1, eine Turbomolekular-/Molekularpumpe, sind im Gehäuse 35 mit dem Anschlussflansch 36 Statorschaufeln 37 montiert. Der magnetisch gelagerte Rotor 2 trägt Rotorschaufeln 38, die zwischen den Statorschaufeln 37 umlaufen und die Förderung der Gase bewirken. Bei der Pumpe 1 handelt es sich um eine Compound-Pumpe. An den mit Schaufeln ausgerüsteten Abschnitt schließt sich ein Molekularpumpenabschnitt 39 an.

Der Rotor 2 ist in den beiden Magnetlagern 3 und 4 aufgehängt. Das Magnetlager 3 befindet sich auf der Hochvakuumseite. Der Träger 15 des ortsfesten Magnetringpaketes 5 mit seiner Aufnahme 17 ist Bestandteil eines Lagersterns 41.

Das Magnetlager 4 befindet sich auf der Vorvakuumseite der Pumpe 1. Beide Lager haben etwa die gleiche Steifigkeit. Der Schwerpunkt des rotierenden Systems 2 ist mit 42 bezeichnet.

Die Pumpe 1 ist mit Notlauflagern oder Fanglagern 44, 45 ausgerüstet. Das hochvakuumseitige Fanglager 44 befindet sich in der Rotorausnehmung 11. Das vorvakuumseitige Fanglager 45 ist unterhalb des Magnetlagers 4

zwischen dem Wellenstumpf 20 und dem ortsfesten Träger 16 angeordnet.

Als Antriebsmotor 46 ist ein Hochfrequenzmotor mit Stator 47 und Anker 48 vorgesehen. Statorseitig ist weiterhin ein Spaltrohr 49 vorgesehen, das den Statorraum 50 vakuumdicht zur Vorvakuumseite hin abdichtet. Das Spaltrohr 49 durchsetzt den Spalt 28 zwischen den Spulen 23 mit ihren Jochbauteilen 24 und dem rotierenden Magnetringpaket 8. Es besteht deshalb zweckmäßig aus nicht magnetisierbarem und elektrisch schlecht leitendem Werkstoff, z.B. CFK.

Rotorseitig ist die bereits beschriebene rohrförmige Armierung 14 vorgesehen. Sie armiert nicht nur das Ringpaket 8 sondern auch den Motoranker 48.

Um Toleranzen auszugleichen, lässt sich das Lager 4 über Justierschrauben 52 einstellen, auf denen der Träger 16 des ortsfesten Ringpaketes 7 ruht. Zweckmäßig wird so justiert, dass sich das rotierende System axial im labilen Arbeitspunkt befindet. Um diesen Punkt erfolgt die axiale Regelung mit wenig Energie.

Die Figuren 4 bis 7 zeigen verschiedene Ausführungen für das aktive Magnetlager 4. Bei der Lösung nach den Figuren 4 (ohne Magnetfeldlinien) und 5 (mit Magnetfeldlinien) bilden jeweils vier Magnetringe die Ringpakete 7 und 8. Nur eine Spule 23 mit ihrem U-förmigen Joch 24 ist vorgesehen. Der Abstand der Stirnseiten der U-Schenkel des Jochs 24 entspricht etwa der axialen Abmessung eines Magnetringes des Ringpaketes 8. Zur Er-

zielung einer optimalen Wechselwirkung der Magnetkräfte liegen die Stirnseiten der U-Schenkel in Höhe der Mitten zweier benachbarter Magnetringe des Ringpaketes 8, bei der dargestellten Ausführung in Höhe der Mitten der beiden mittleren Magnetringe.

Bei der Ausführung nach Figur 6 ist ebenfalls nur eine Spule 23 mit ihrem Joch 24 vorgesehen. Der Abstand der den Ringen des Ringpaketes 8 zugewandten Stirnseiten der Schenkel des U-förmigen Jochs 24 entspricht etwa dem doppelten der axialen Abmessung eines Magnetringes. Figur 7 zeigt eine Lösung mit fünf Spulen 23 und Jochen 24. Das Ringpaket 8 weist sechs Magnetringe auf. Die Stirnseiten der insgesamt sechs Jochschenkel liegen etwa in der Höhe der Mitten der Magnetringe.

Zwischen jedem der Ringe der Magnetringpakete 7, 8 befinden sich - wie bereits beschrieben - Distanzringscheiben 31, die je nach Werkstoff Einfluss auf die Ausbildung der Magnetfeldlinien und/oder dämpfende Wirkung haben.

Zweckmäßige Gestaltungen der Distanzringscheiben 31, vorzugsweise zur Erzielung einer Dämpfungswirkung, sowie ergänzende Beschichtungen der Magnetringe werden an Hand von in den Figuren 8 bis 10 dargestellten Ausführungen des Magnetlagers 3 erläutert.

Besteht der Werkstoff der Distanzringscheiben 31 aus einem für die Erzielung der Dämpfungswirkung zweckmäßigen Werkstoff mit hoher elektrischer Leitfähigkeit, kann es zur Verbesserung der Dämpfungswirkung zweckmä-

ßig sein, die Ränder der Distanzringscheiben 31 dort, wo das Magnetfeld in den Spalt 9 eintritt, zu verstärken, z. B. kontinuierlich nach außen zunehmend, und die Form der Magnetringe diesen Rändern anzupassen. In Figur 8 ist diese Ausführung dargestellt. Der spaltnahe verstärkte Rand der mittleren Distanzringscheibe 31 ist mit 54 bezeichnet. Dadurch, dass die Magnetfelder mehr leitendes Material durchfluten, werden die von Wirbelströmen erzeugten, die Dämpfung bewirkenden Gegenkräfte größer.

Bei der Ausführung nach Figur 9 sind beispielsweise die Magnetringe des Ringpaketes 5 allseitig beschichtet (Beschichtung 55). Seitlich haben sie die Funktion der Distanzscheiben 31, so dass sie bei ausreichender Dicke der Beschichtung 55 und geeigneter Werkstoffauswahl die die Magnetfeldlinien beeinflussende und/oder dämpfende Wirkung haben. Zusätzlich wird erreicht, dass die Magnetringe vor aggressiven Gasen geschützt sind. Dieser Schutz kann auch dadurch erreicht werden, dass eine Hülse 32 vorgesehen ist, sei sie stufenförmig, wie bereits zu Figur 2 beschrieben, oder zylindrisch, wie beispielsweise in Figur 10 (Ringpaket 5) dargestellt.

Die Distanzringscheiben 31 (bzw. Beschichtung 55) der Magnetringe müssen ausreichend dick sein, um ihre Zwekke zu erfüllen, zumal auch die gewünschte Steifigkeit des Lagers von der Dicke der Distanzscheiben abhängt. Bei Reibungspumpen mittlerer Größenordnung hat sich eine Dicke im Bereich von 0,25 mm bis 1,0 mm als zweckmäßig erwiesen.

Weiterhin hat sich die Verwendung von spiralförmig gewickelten Folienspulen 23 als zweckmäßig erwiesen, da ihr Raumbedarf relativ klein ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Maschine (1) mit einem Stator, mit einem mittels radial stabiler und axial labiler Magnetlager (3, 4) gelagerten Rotor (2), wobei die Magnetlager (3, 4) jeweils aus konzentrisch angeordneten Magnetringpaketen (5, 6; 7,8) bestehen, bei denen das ortsfeste Magnetringpaket (5 bzw. 7) innen und das rotierende Magnetringpaket (6 bzw. 8) außen angeordnet ist, sowie mit Mitteln (21, 23, 24, 27) zur Regelung der axialen Lage des Rotors (2), dadurch gekennzeichnet, dass eines (4) der beiden Magnetlager (3, 4) selbst mit den Mitteln zur axialen Regelung ausgerüstet ist und dass mindestens eine von einem Lagesensor (21) gesteuerte Spule (23) sowie Polbauteile (24) das äußere Magnetringpaket (8) des axial geregelten Lagers (4) umgeben.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetringpakete (5 bis 8) aus in axialer

Richtung magnetisierten Ringen bestehen, die polwechselnd übereinander angeordnet sind, und dass die Ringpakete (5, 6 bzw. 7, 8) eines Lagers (3, 4) einander abstoßen.

3. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Polbauteile (24) im Querschnitt U-förmig ausgebildet sind und dass die Stirnseiten der U-Schenkel der Polbauteile (24) dem äußeren Magnetringpaket (8) zugewandt sind.

4. Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Stirnseiten der U-Schenkel der Polbauteile (24) einen Abstand haben, der etwa dem ein- oder mehrfachen der axialen Abmessung eines Magnetringes entspricht, und dass die Spulen / Jochbauteile so angeordnet sind, dass die Stirnseiten der U-Schenkel in Höhe der Mitten von Magnetringen liegen.

5. Maschine nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Spule(n) (23) mit einem bzw. jeweils einem U-förmigen Polbauteil (24) vorgesehen ist (sind).

6. Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei n Magnetringen des äußeren Ringpaketes (8) n-1 Spulen (23) vorgesehen sind, die jeweils von U-förmig angeordneten Polbauteilen (24) umgeben sind, und dass die Schenkel der U-förmigen Jochbauteile (24) etwa in Höhe der Mitten der Magnetringe liegen.

7. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Magnetringe der beiden Ringpakete eines Magnetlagers verschieden ist.

8. Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Magnetringe des rotierenden Magnetringpaketes (6, 8) größer ist als die Anzahl der Magnetringe des ortsfesten Magnetringpaares (5, 7).

9. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetringe der Ringpakete (5, 6, 7, 8) in Aufnahmen befestigt sind und dass als Aufnahme für die Magnetringe des äußeren Ringpaketes (8) des axial aktiven Lagers (4) eine rohrförmige Armierung dient, die mit einem ersten Abschnitt am rotierenden System (2) befestigt ist und mit einem zweiten Abschnitt die Magnetringe des Ringpaketes (8) trägt.

10. Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierung (14) auch den Anker (48) eines Antriebsmotors (46) umgibt.

11. Maschine nach Anspruch 2 und einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zentral angeordnete Träger (15, 16) für die ortsfesten Magnetringpakete (5, 7) vorgesehen sind, dass einer der Träger (15, 16) mit einer zentralen Bohrung (19) ausgerüstet ist, dass ein Wellenstumpf (20)

des rotierenden Systems (2) die Bohrung (19) durchsetzt und dass der freien Stirnseite des Wellenstumpfes (20) ein Axialsensor (21) zugeordnet ist.

12. Maschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass einer der Träger (15, 16) axial justierbar ist.

13. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Durchmesser der einander zugewandten Umfangsflächen der Ringe eines Ringpaketpaares (5, 6 bzw. 7, 8) stufenweise ändern.

14. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwischen einem Teil der Magnetringe der Magnetringpakete (5, 6, 7, 8) Distanzringscheiben (31) aus einem nicht ferritischen Werkstoff befinden.

15. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff der Distanzringscheiben (31) eine hohe elektrische Leitfähigkeit hat.

16. Maschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass spaltnahe Ränder der Distanzringscheiben (31) verstärkt sind.

17. Maschine nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass Magnetringe gekapselt sind und

dass die Schichten der Kapselung die Funktion der Distanzringscheiben (31) haben.

18. Maschine nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass den spaltnahen Umfangsflächen der Magnetringe eine Hülse (32) zugeordnet ist.

19. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Reibungspumpe (1) ausgebildet ist und dass das passive Lager (3) auf der Hochvakuumseite, das axial aktive Lager (4) auf der Vorvakuumseite angeordnet ist.

20. Maschine nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antriebsmotor (46) mit einem Spaltrohr (49) vorgesehen ist und dass das Spaltrohr (49) den Spalt (28) des axial aktiven Lagers (4) durchsetzt.

FIG.1

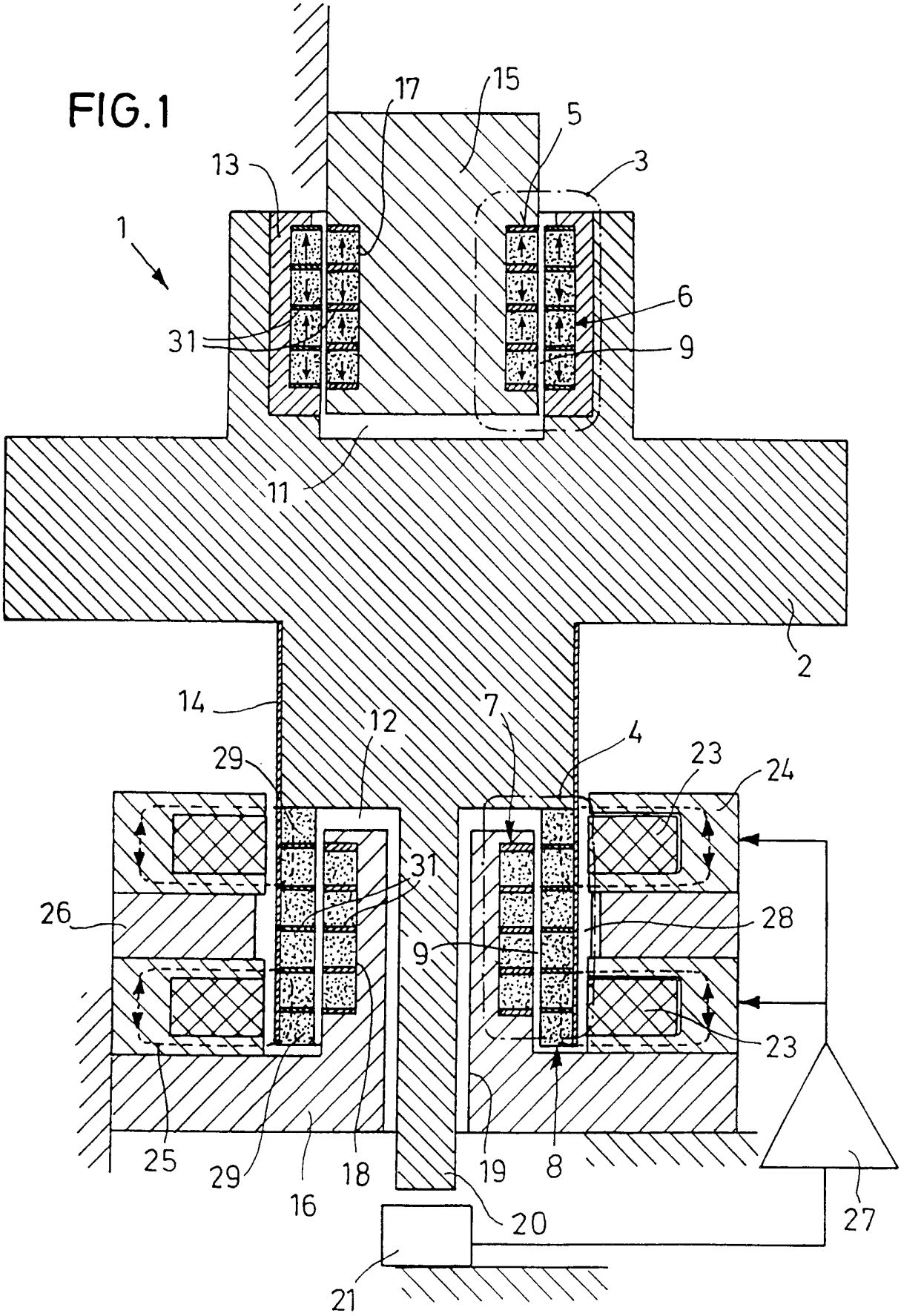
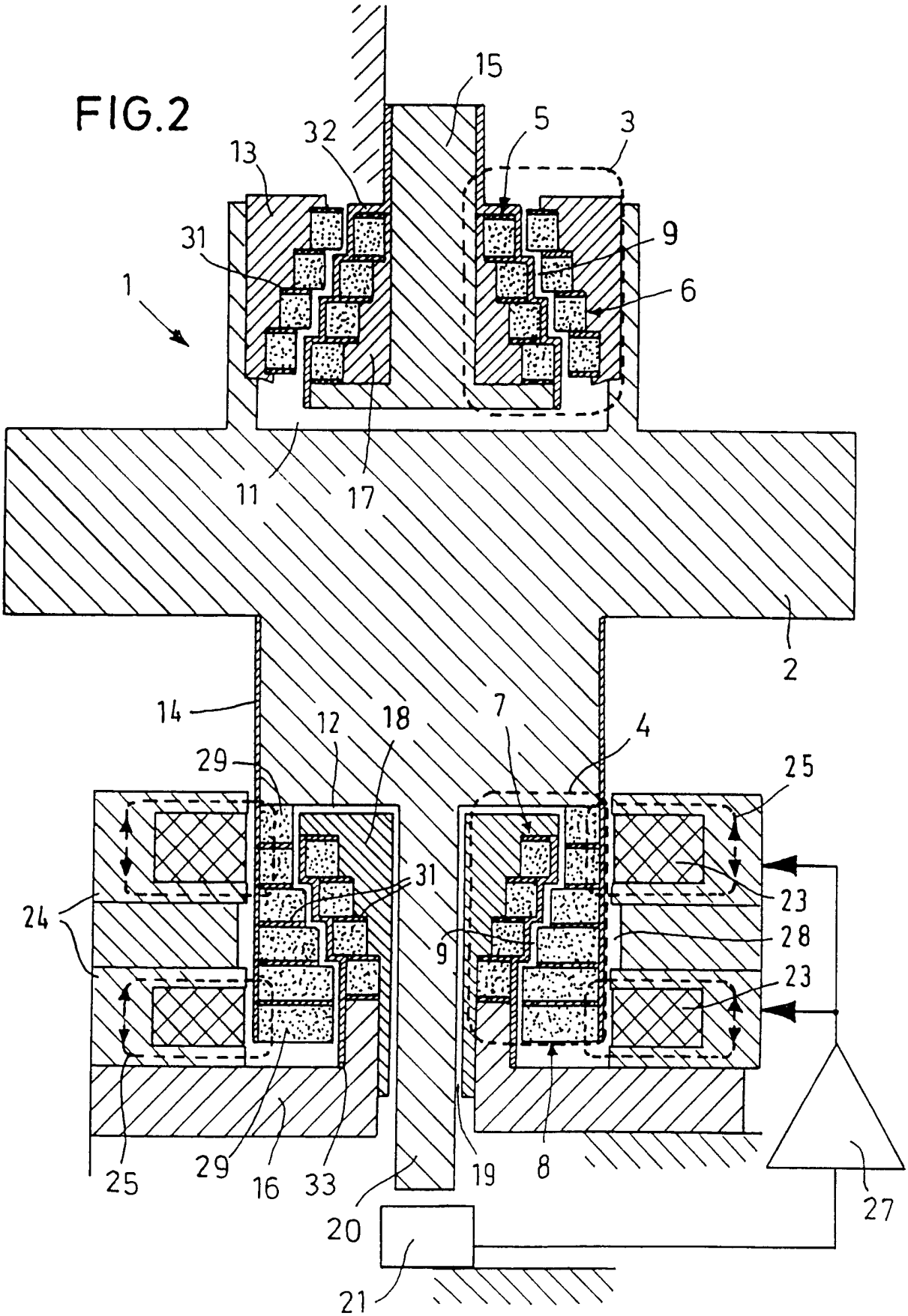

17
15
5
13
3
1
6
31
9
11
2
14
12
7
4
29
23
24
31
26
28
9
23
25
29
18
19
8
16
20
27
21

FIG.2


15
5
3
32
13
31
9
1
6
11
17
2
14
12
18
7
4
29
25
24
31
23
9
28
23
25
29
16
33
19
8
27
20
21

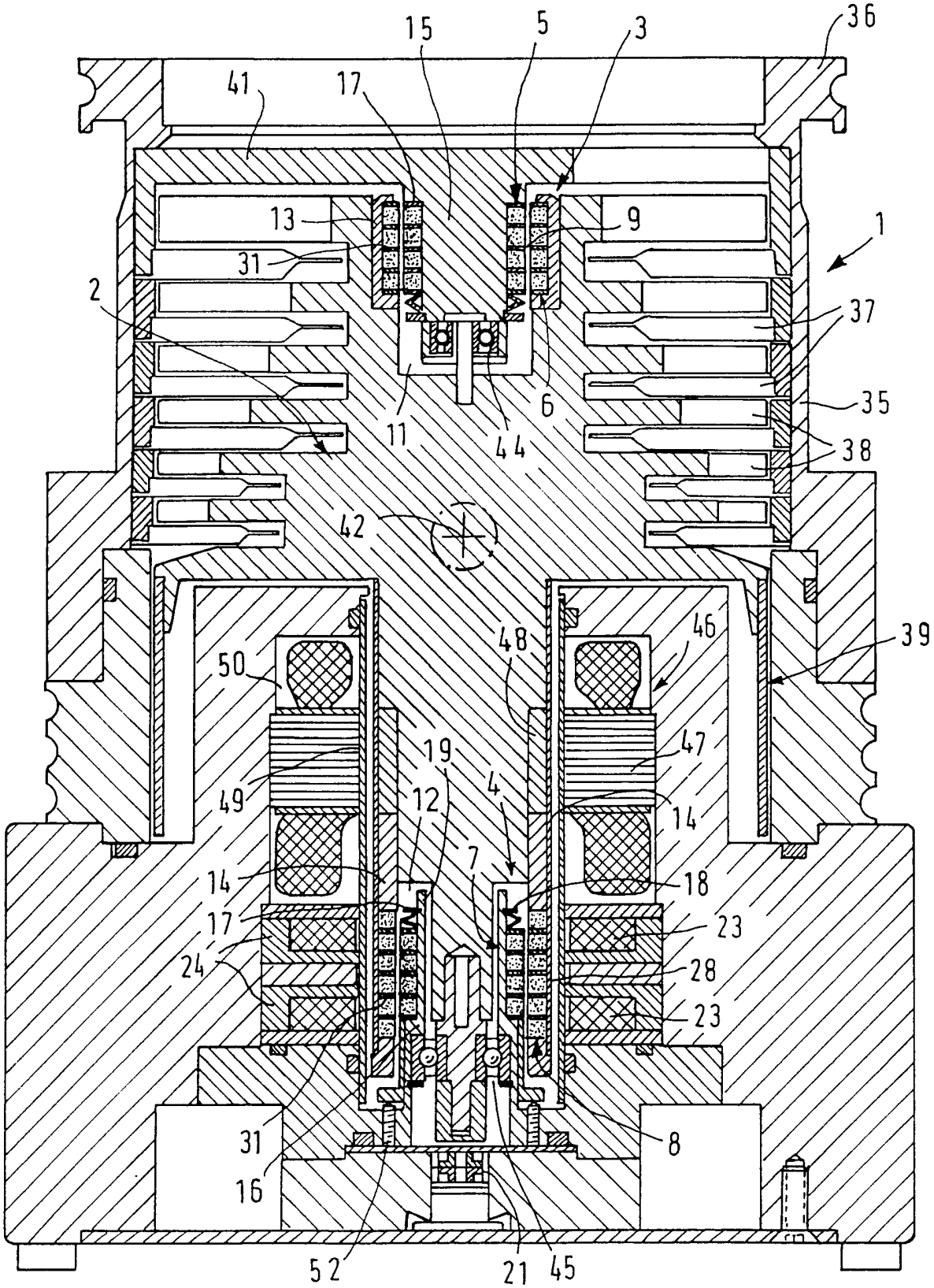

15
5
3
36
41
17
13
9
1
31
2
37
6
35
11
44
38
42
46
39
48
50
19
47
49
12
4
14
7
14
18
17
23
24
28
23
31
8
16
52
21
45

FIG.3

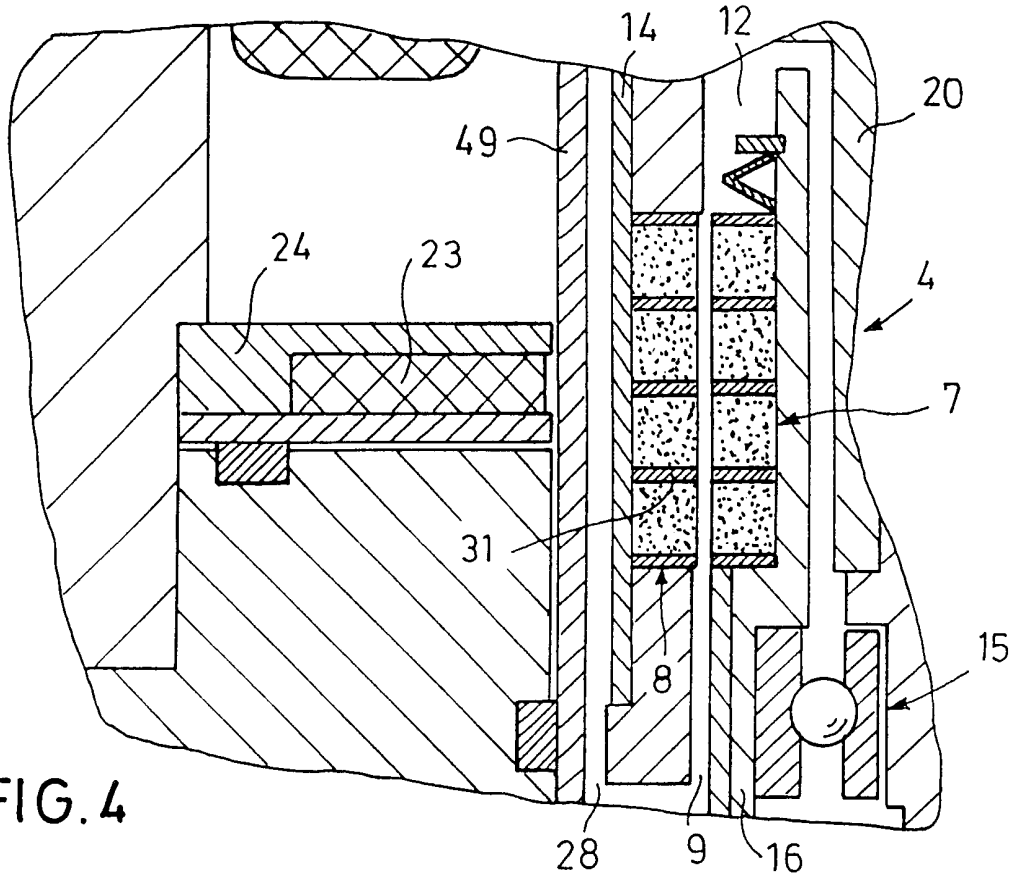


FIG.4

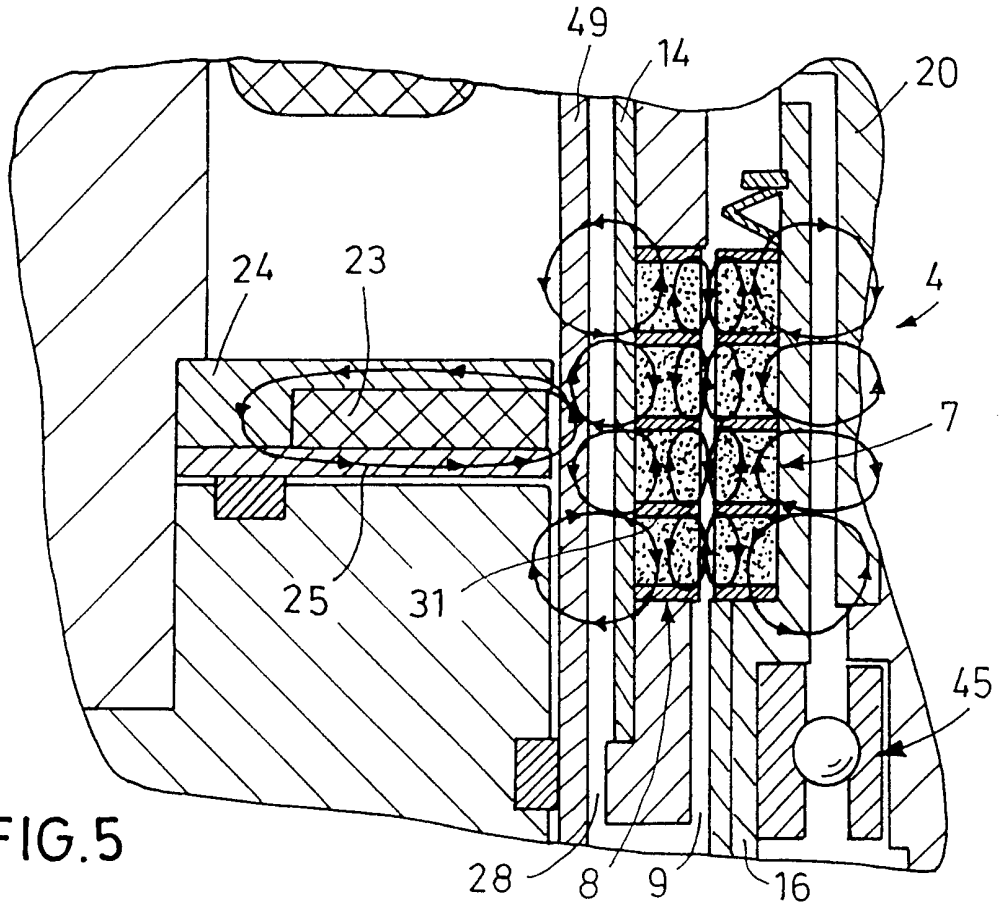


FIG.5

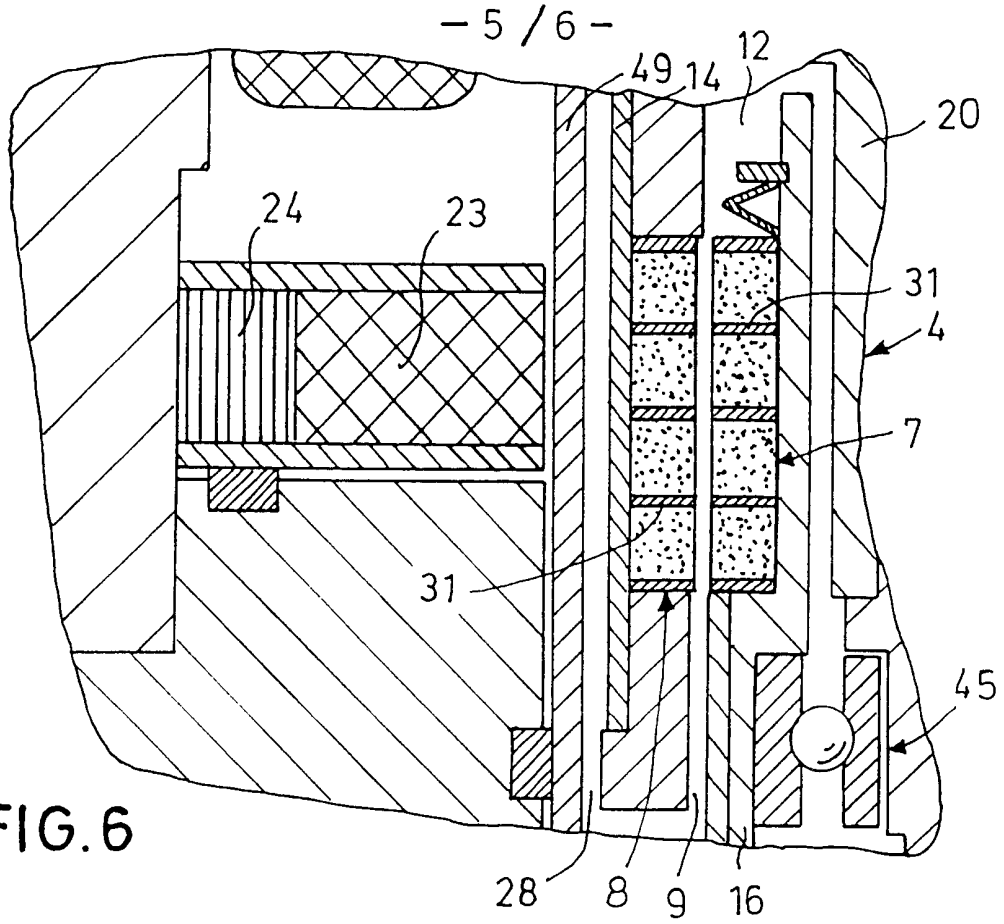

49
14
12
20
24
23
31
4
7
31
45
28
8
9
16

FIG.6

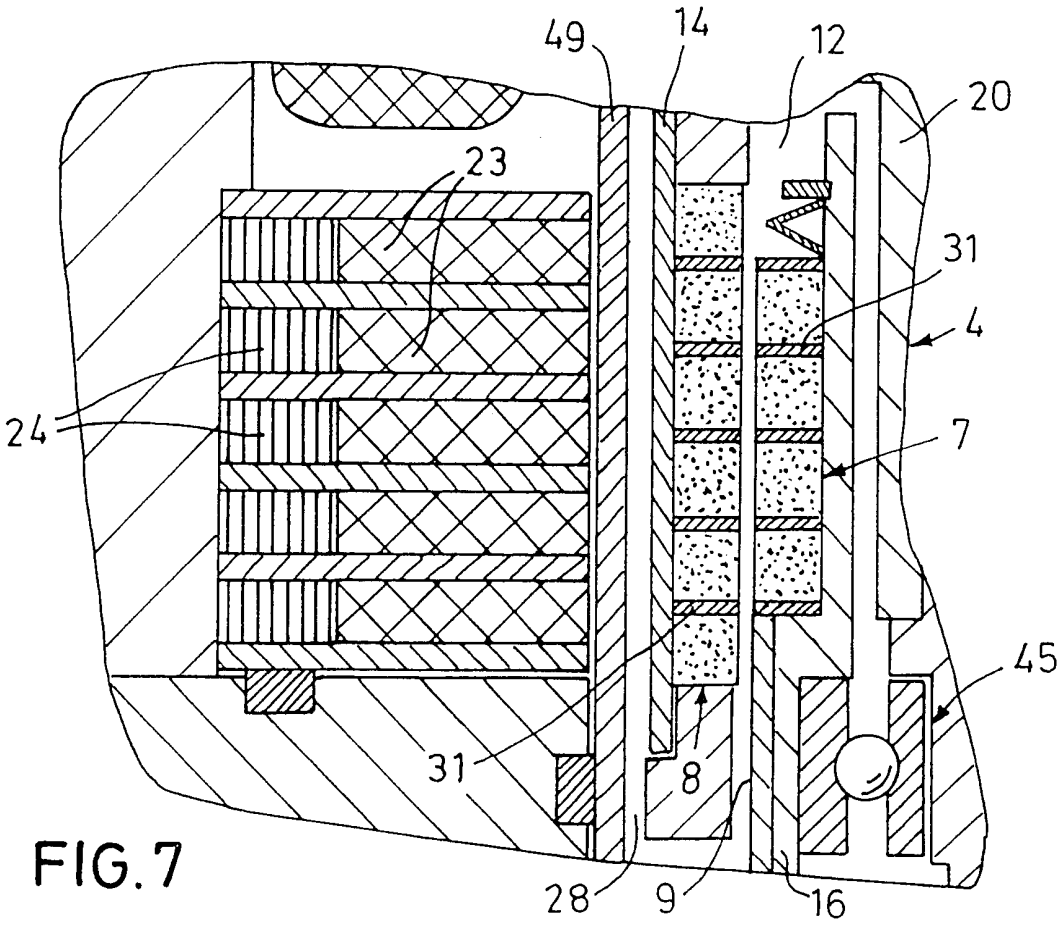

49
14
12
20
23
31
4
24
7
45
31
8
28
9
16

FIG.7

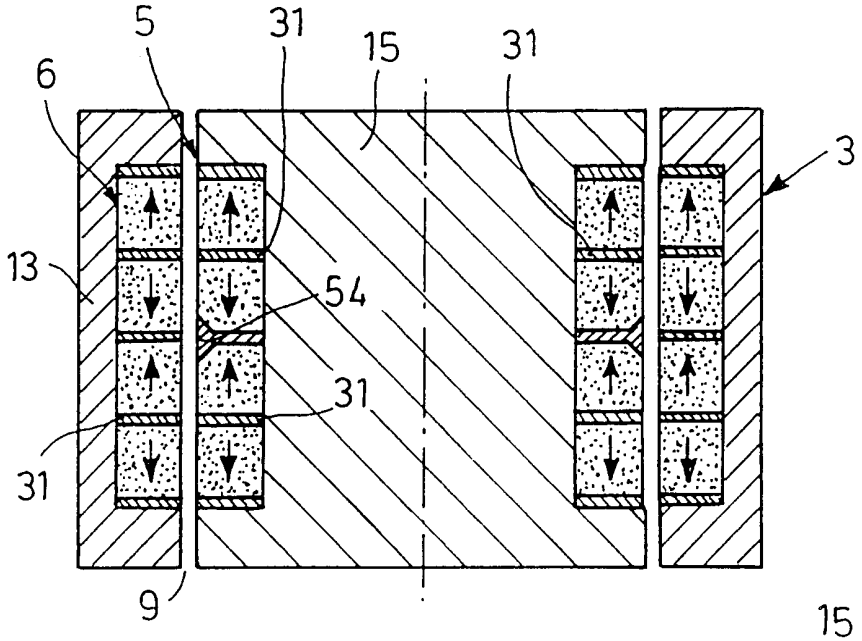


FIG.8

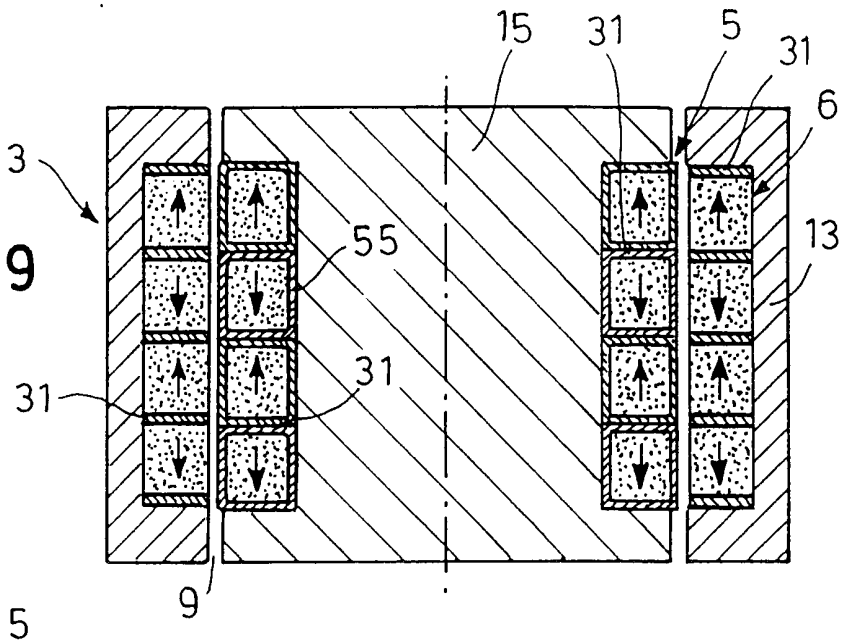


FIG.9

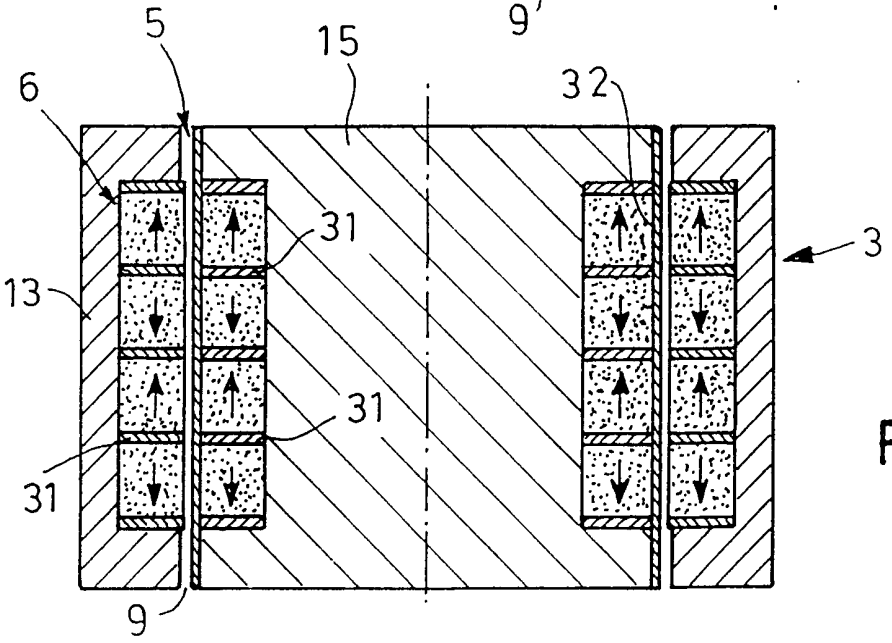


FIG.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int :ional Application No
PCT/EP 01/04531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F16C32/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 910 695 A (LOTZ HEINRICH) 8 June 1999 (1999-06-08) column 3, line 1 - line 59; figure 1 ---	1,9-12, 19
A	US 5 209 631 A (BERNHARDT HELMUT) 11 May 1993 (1993-05-11) column 4, line 9 - line 65; figure 1 ---	1,19
A	US 5 106 273 A (PERRILLAT-AMEDE DENIS ET AL) 21 April 1992 (1992-04-21) column 1, line 47 -column 3, line 10; figure 1 ---	1,2,9, 10,17,18
A	US 5 394 044 A (YAMAMURA AKIRA) 28 February 1995 (1995-02-28) column 2, line 35 -column 3, line 65; figures 3,5 ---	1,2

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 August 2001	31/08/2001

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fischbach, G

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int tional Application No
PCT/EP 01/04531

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 938 913 A (ISENBERG GERHARD ET AL) 17 February 1976 (1976-02-17) column 2, line 35 -column 4, line 34; figures 1-3	1

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int ional Application No
PCT/EP 01/04531

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5910695 A	08-06-1999	DE 19712711 A	01-10-1998
		EP 0867627 A	30-09-1998
		JP 10299775 A	10-11-1998
US 5209631 A	11-05-1993	DE 4022523 A	23-01-1992
		DE 59105296 D	01-06-1995
		EP 0467148 A	22-01-1992
		JP 2786955 B	13-08-1998
		JP 4232397 A	20-08-1992
US 5106273 A	21-04-1992	FR 2659396 A	13-09-1991
		AT 101693 T	15-03-1994
		DE 69101162 D	24-03-1994
		DE 69101162 T	01-06-1994
		EP 0445690 A	11-09-1991
		ES 2049998 T	01-05-1994
		JP 2813488 B	22-10-1998
		JP 4219496 A	10-08-1992
		SU 1831589 A	30-07-1993
US 5394044 A	28-02-1995	DE 69011391 D	15-09-1994
		DE 69011391 T	26-01-1995
		EP 0396849 A	14-11-1990
		KR 157968 B	01-05-1999
US 3938913 A	17-02-1976	DE 2163256 A	26-07-1973
		FR 2165633 A	03-08-1973
		GB 1413835 A	12-11-1975
		IT 971852 B	10-05-1974
		JP 48070103 A	22-09-1973

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int(ionales Aktenzeichen
PCT/EP 01/04531

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F16C32/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F16C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 910 695 A (LOTZ HEINRICH) 8. Juni 1999 (1999-06-08) Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 59; Abbildung 1 ---	1,9-12, 19
A	US 5 209 631 A (BERNHARDT HELMUT) 11. Mai 1993 (1993-05-11) Spalte 4, Zeile 9 - Zeile 65; Abbildung 1 ---	1,19
A	US 5 106 273 A (PERRILLAT-AMEDE DENIS ET AL) 21. April 1992 (1992-04-21) Spalte 1, Zeile 47 -Spalte 3, Zeile 10; Abbildung 1 ---	1,2,9, 10,17,18
A	US 5 394 044 A (YAMAMURA AKIRA) 28. Februar 1995 (1995-02-28) Spalte 2, Zeile 35 -Spalte 3, Zeile 65; Abbildungen 3,5 --- -/--	1,2

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. August 2001	31/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Fischbach, G

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. tionales Aktenzeichen
PCT/EP 01/04531

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 938 913 A (ISENBERG GERHARD ET AL) 17. Februar 1976 (1976-02-17) Spalte 2, Zeile 35 -Spalte 4, Zeile 34; Abbildungen 1-3	1

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int ionales Aktenzeichen
PCT/EP 01/04531

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5910695 A	08-06-1999	DE 19712711 A	01-10-1998
		EP 0867627 A	30-09-1998
		JP 10299775 A	10-11-1998
US 5209631 A	11-05-1993	DE 4022523 A	23-01-1992
		DE 59105296 D	01-06-1995
		EP 0467148 A	22-01-1992
		JP 2786955 B	13-08-1998
		JP 4232397 A	20-08-1992
US 5106273 A	21-04-1992	FR 2659396 A	13-09-1991
		AT 101693 T	15-03-1994
		DE 69101162 D	24-03-1994
		DE 69101162 T	01-06-1994
		EP 0445690 A	11-09-1991
		ES 2049998 T	01-05-1994
		JP 2813488 B	22-10-1998
		JP 4219496 A	10-08-1992
		SU 1831589 A	30-07-1993
US 5394044 A	28-02-1995	DE 69011391 D	15-09-1994
		DE 69011391 T	26-01-1995
		EP 0396849 A	14-11-1990
		KR 157968 B	01-05-1999
US 3938913 A	17-02-1976	DE 2163256 A	26-07-1973
		FR 2165633 A	03-08-1973
		GB 1413835 A	12-11-1975
		IT 971852 B	10-05-1974
		JP 48070103 A	22-09-1973