

(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. April 2010 (15.04.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/040532 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/27 (2006.01) H02K 15/03 (2006.01)
H02K 1/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/007238

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Oktober 2009 (08.10.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 050 831.4
8. Oktober 2008 (08.10.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **PRO DISKUS AG** [CH/CH]; Dorfstrasse 16, CH-6341 Baar (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHOTTDORF, Bernd** [DE/DE]; Schloss Duttstein, 89561 Dischingen (DE). **WEISSGERBER, Franz** [DE/DE]; Hauptstraße 11, 86757 Wallerstein (DE).

(74) Anwalt: **TURI, Michael**; SAMSON & PARTNER, Widenmayerstrasse 5, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

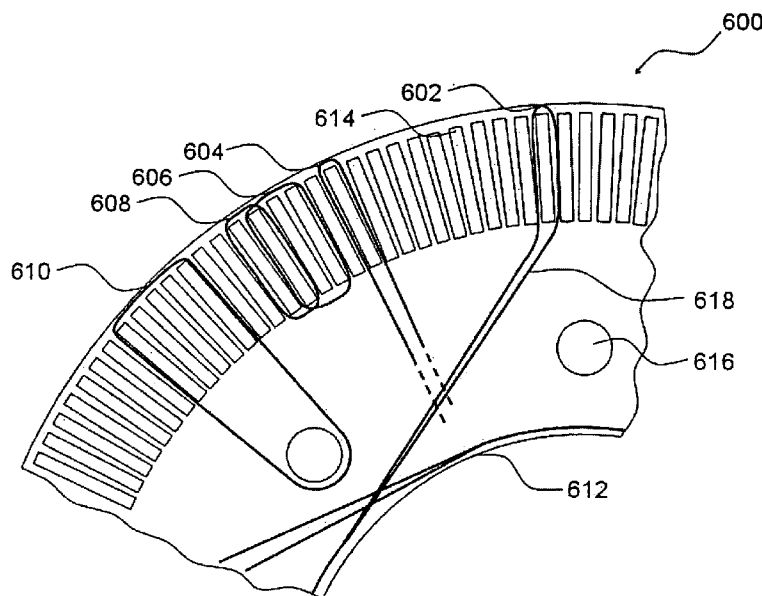
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ROTOR FOR AN ELECTRIC MOTOR, USE THEREOF, AND DEVICE AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung : ROTOR FÜR EINE ELEKTRISCHE MASCHINE SOWIE VERWENDUNG DESSELBEN UND VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to an electric motor (100; 800; 1000; 1500) comprising a stator (102; 801; 1502, 1504, 1506) and a rotor (500; 700; 904; 1004; 1508, 1510, 1512). The rotor (500; 700; 904; 1004; 1508, 1510, 1512) has a main member (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) which is made of fiber composite and includes at least one receptacle (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) for accommodating at least one magnet (304, 312, 314; 420; 814; 1030, 1032). At least one fiber (918; 1114; 1202) of the fiber composite extends around at least one receptacle (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) in the form of a loop. A method for producing said rotor and the use thereof are also disclosed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (100; 800; 1000; 1500) mit einem Stator (102; 801; 1502, 1504, 1506) und einem Rotor (500; 700; 904; 1004; 1508, 1510,

Fig. 6

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/040532 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderun-

gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

1512), wobei der Rotor (500; 700; 904; 1004; 1508, 1510, 1512) einen Rotorhauptkörper (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) umfasst, der aus Faserverbundmaterial besteht, und wenigstens eine Aufnahme (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) zur Anordnung von wenigstens einem Magneten (304, 312, 314; 420; 814; 1030, 1032) aufweist. Wenigstens eine Faser (918; 1114; 1202) des Faserverbundmaterials verläuft in Form einer Schlinge um wenigstens eine Aufnahme (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008). Ferner ist ein Verfahren zur Herstellung des Rotors und Verwendung desselben vorgesehen.

**Rotor für eine elektrische Maschine sowie Verwendung
desselben und Vorrichtung und Verfahren zu dessen
Herstellung**

5 Technisches Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen elektrische Maschinen und insbesondere Rotoren für elektrische Maschinen.

10

Stand der Technik

Elektrische Maschinen, sowohl in Form von Elektromotoren als auch Generatoren, werden in zunehmendem Maße in Bereichen alternativer Energiegewinnung und -versorgung verwendet. Hierbei sind herkömmliche elektrische Maschinen u.a. aufgrund von Baugröße, Gewicht und Wirkungsgrad in vielen Fällen nicht geeignet.

20 Die Patentschrift DE 10 2006 036 707 B3 offenbart einen Trägerring aus faserverstärktem Kunststoff mit Ausschnitten zum Einsetzen von Permanentmagneten. Ein oder mehrere Trägerringe können dabei eine Rotorkonstruktion bilden.

25

Die internationale Anmeldung WO 01/11755 A1 beschreibt ähnlich DE 10 2006 036 707 B3 einen an einer Welle angeordneten eisenlosen, scheibenförmigen Rotor, der Permanentmagnete aufweist, die in einen faser- oder gewebearmierten Kunststoff eingebettet sind. Die Permanentmagnete sind jeweils formschlüssig mit dem umgebenden Kunststoff verbunden. Der Kunststoff bildet zusammen mit den Permanentmagneten und der Maschinenwelle eine formstabile Einheit.

35

Die DE 199 60 182 A1 offenbart einen Rotor für eine elektrische Maschine, wobei vorgeschlagen wird, die Permanentmagnete des Rotors in den Trägerwerkstoff des Motors einzubetten. Fig. 3 zeigt, dass die Permanentmagnete in ein Geflecht oder Gewirke aus Gewebelagen eingebunden werden. Diese beispielsweise vernähten oder verwobenen Gewebelagen können aus einem faserverstärkten, insbesondere glas- oder kohlefaserverstärkten Kunststoffmaterial bestehen. Eine schlingenförmige Führung der oder die Faser/-n um mindestens einen Permanentmagneten herum ist nicht vorgesehen.

DE 197 26 341 A1 offenbart eine Welle einer motorisch angetriebenen Spindel mit einem damit verbundenen Rotor, wobei die Welle aus verstärktem Kunststoff (Komposit-Material) besteht und der Rotor in das Wellenmaterial eingebunden ist. Die Druckschrift offenbart keine Aufnahme zur Aufnahme eines Permanentmagneten.

DE 296 10 872 U1 offenbart einen Läufer mit einer Welle, einem Magnetkörperträger und darauf angeordneten schalenförmigen Permanentmagneten, die in einer Harzschicht gelagert sind. Zwischen den einzelnen Magneten und auf der Oberfläche der Magnete befindet sich eine weitere Harzschicht. In dieser Harzschicht ist eine Kohlefaserbandage eingebettet, die aus einem litzenförmigen, dünnen Kohlefaserbündel besteht.

US 4,879,485 offenbart einen Zylinder, der einen Rotorkörper bildet, der an einer Welle angebracht ist. Der Zylinderkörper kann zum Beispiel aus einem Stapel von Schichten eines magnetischen Materials aufgebaut sein. Acht Permanentmagneten sind durch Kleben auf dem Umfang des Zylinderkörpers angebracht. Die Magnete sind durch

Zwischenräume beabstandet, an deren Böden sich nichtmagnetische Elemente befinden, zum Beispiel Messingplatten. Über diesen Platten liegen Fäden von Kohle- oder Glasfasern, die einen Druck auf die nichtmagnetischen Elemente und die geneigten Seiten der anliegenden Magnete ausüben. Ein schlingenförmiger Verlauf von Fasern um die Magneten herum ist nicht offenbart.

10 JP 61207162 A zeigt eine Schutzvorrichtung für einen Rotor, der Permanentmagneten umfasst. Ein schlingenförmiger Verlauf von Fasern um die Magneten herum ist nicht offenbart.

15 Ferner beschreibt das "Handbuch Verbundwerkstoffe" von Manfred Neitzel und Peter Mitschang, Hanser Verlag, 2004, 1. Auflage, verschiedene herkömmliche Verfahren, um Faserkunststoffverbunde zu verarbeiten. Fig. 14 zeigt ein Übersichtsdiagramm für solche herkömmlichen Verfahren aus
20 Neitzel und Mitschang. Das Diagramm unterteilt auf der horizontalen Achse die Formkomplexität eines Faserkunststoffverbunds und auf der vertikalen Achse eine ungefähre Bauteilgröße.

25 Das Diagramm in Fig. 14 gibt insbesondere Auskunft über Bauteilarten und Verarbeitungsverfahren. Beispielsweise ist die Formkomplexität von runden bzw. ovalen Rohren gering; deren Bauteilgröße kann jedoch von klein bis groß variieren. Die Faserverarbeitungsverfahren Fließformen und Spritzgießen kommen vermehrt bei Bauteilen hoher
30 Formkomplexität und kleiner bis mittlerer Bauteilgröße zum Einsatz, wohingegen das Harzinjektionsverfahren nach Neitzel und Mitschang eher bei hoher Formkomplexität und großer Bauteilgröße zu wählen ist. Als weitere
35 Information kann dem Diagramm entnommen werden, welches

Verarbeitungsverfahren für ein bestimmtes Bauteil geeignet ist. Demnach eignet sich nach Neitzel und Mitschang das Umformen für Strukturbauteile und Schalen, das Wickeln beispielsweise eher für Druckbehälter und
5 runde bzw. ovale Rohre. Nachteilig an allen Verfahren sind jedoch die Verarbeitungskosten und der hohe Energiebedarf beispielsweise bei Einsatz eines Autoklaven zur Aushärtung von Faserkunststoffverbunden.

10 Offenbarung der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Stabilität der aus dem Stand der Technik bekannten Rotoren zu verbessern.

15

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung Gegenstände, Verfahren und Verwendung gemäß den unabhängigen Ansprüchen bereit. Varianten und bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den
20 abhängigen Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen.

Erfindungsgemäß wird ein Rotor für eine elektrische Maschine mit einem Rotorhauptkörper vorgesehen, der aus
25 Faserverbundmaterial besteht. Der Rotor weist wenigstens eine Aufnahme zur Anordnung von wenigstens einem Magneten auf. Wenigstens eine Faser des Faserverbundmaterials verläuft in Form einer Schlinge um die wenigstens eine Aufnahme.

30

Die wenigstens eine Faser kann als Schlinge um die wenigstens eine Aufnahme geführt sein und maximal eine Seite der wenigstens einen Aufnahme frei lassen. Vorzugsweise führt eine Schlinge so um eine Aufnahme, die

beispielsweise vier Seiten aufweist, dass drei von diesen Seiten umschlungen sind.

Die wenigstens eine Faser kann wenigstens zwei
5 benachbarte Aufnahmen wenigstens teilweise umschlingen.

Der Rotorhauptkörper kann wenigstens ein Flanschloch und/oder eine zentrale Wellenaufnahme und/oder Wellendurchführung umfassen, das bzw. die von wenigstens
10 einer Faser wenigstens teilweise umschlungen sein kann bzw. können.

Die wenigstens eine Faser kann wenigstens teilweise den Umfang des Rotorhauptkörpers umschlingen.

15

Vorzugsweise umschlingt die wenigstens eine Faser wenigstens zwei Stellen des Rotorhauptkörpers, wobei eine Stelle eine Aufnahme, eine zentrale Wellenaufnahme, ein Flanschloch oder einen bestimmten Bereich des
20 Rotorhauptkörpers umfasst. Der Vorteil von einer in Schlingen geführten Faser ist eine höhere Stabilität des Rotors. Führt die Schlinge um eine Stelle, kann dort eine verbesserte Zugfestigkeit zu einer anderen Stelle im Rotorhauptkörper hergestellt werden. Eine
25 Schlingenführung von inneren Stellen des Rotorhauptkörpers zu äußeren Stellen wirkt beispielsweise der Fliehkraft auf äußere Stellen des Rotorhauptkörpers entgegen.

30 Vorzugsweise umfasst die wenigstens eine Faser eine Endlosfaser und/oder stückweise Verdickungsfasern. Die Endlosfaser hat den Vorteil, dass sie als aufgespultes Ausgangsmaterial leicht zu verarbeiten ist. Zusätzlich ermöglichen Verdickungsfasern die Herstellung eines
35 Rotorhauptkörpers mit konstanter und gleichmäßiger Dicke.

Wird ein scheibenförmiger Rotorhauptkörper durch wenigstens eine Faser gebildet, so kann eine natürliche Materialverdickung zur Mitte des Rotorhauptkörpers eine Nabe, einen Befestigungsflansch oder eine Wellenanbindung bilden. Vorteilhafterweise kann wenigstens ein Flanschloch als Auswuchtmittel für den Rotorhauptkörper dienen, insbesondere dann, wenn dieser scheibenförmig gebildet ist.

10

Ferner wird eine elektrische Maschine bereitgestellt, die einen wie oben beschriebenen Rotor umfasst.

Vorzugsweise umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors für eine elektrische Maschine, dass ein Rotorhauptkörper mit wenigstens einer Aufnahme zur Anordnung von wenigstens einem Magneten nur aus Faserverbundmaterial hergestellt wird. Bei der Herstellung wird wenigstens eine Faser des Faserverbundmaterials in Form einer Schlinge um die wenigstens eine Aufnahme geführt.

Nachstehend werden weitere bevorzugte beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine elektrische Maschine,

30 Fig. 2 einen Rotorhauptkörper,

Fig. 3a einen vergrößerten Teilbereich eines Rotorhauptkörpers,

- Fig. 3b einen vergrößerten Teilbereich eines Rotorhauptkörpers,
- Fig. 4a eine Seitenansicht eines Rotorhauptkörper
5 mit Decklagen,
- Fig. 4b eine Seitenansicht eines Rotorhauptkörpers mit einem Befestigungsflansch,
- 10 Fig. 5 einen Rotor,
- Fig. 6 einen Ausschnitt eines Rotorhauptkörpers,
- Fig. 7 eine Rotor-Welle-Anordnung,
15 Fig. 8 eine elektrische Maschine,
- Fig. 9a, 9b verschiedene Lagerungsvorrichtungen,
9c und 9d
20 Fig. 10a weitere Lagerungsvorrichtungen,
und 10b
- Fig. 11 eine Negativform zur Rotorherstellung,
25 Fig. 12 eine weitere Negativform zur Rotorherstellung,
- Fig. 13 ein Flussdiagramm für verschiedene
30 Herstellverfahren,
- Fig. 14 ein Diagramm gemäß dem Stand der Technik
- Fig. 15 eine elektrische Maschine,

Fig. 16 ein Hybridsystem, und

Fig. 17a eine elektrische Schaltungsanordnung einer
und 17b Motor-Generatorvorrichtung.

5

Bevor auf die Zeichnungen detailliert eingegangen wird,
werden im Folgenden allgemeine Anmerkungen zu der
vorliegenden Erfindung, Varianten und Ausführungsformen
10 derselben gemacht.

Es ist ein Rotor für eine elektrische Maschine mit einem
Rotorhauptkörper vorgesehen, der Faserverbundmaterial
aufweist. Dabei umfasst der Rotorhauptkörper eine oder
15 eine Mehrzahl von zentrisch zur Mitte des
Rotorhauptkörpers angeordneten Aufnahmen. Weiterhin
umfasst der Rotor eine Mehrzahl von Magneten, die in
wenigstens einer der Aufnahmen angeordnet sind, wobei in
wenigstens einer der Aufnahmen mindestens zwei Magnete
20 angeordnet sind. Bevorzugt handelt es sich bei wenigstens
einem der Magnete um einen Permanentmagneten.

Vorzugsweise weist das Material des Magneten Seltene-
Erden-Metalle oder eine chemische Verbindung mit
25 Seltenen-Erden-Metallen auf. Ergänzend oder alternativ
kann das Material des Magneten Neodym und/oder eine
chemische Verbindung mit Neodym aufweisen. Das Material
des Magneten kann zusätzlich oder alternativ die
chemische Verbindung Neodym-Eisen-Bor oder Samarium-
30 Kobalt umfassen.

Es ist vorgesehen, dass in jeder der Aufnahmen entweder
kein Magnet oder genau zwei Magnete angeordnet sind. In
einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die

zentrisch angeordneten Aufnahmen durch den Rotorhauptkörper hindurchgehende Löcher.

Vorzugsweise ist wenigstens eine Decklage vorgesehen, wobei die wenigstens eine Decklage derart an dem Rotorhauptkörper angeordnet sein kann, dass die in den zentrischen Aufnahmen angeordneten Magnete zumindest teilweise abgedeckt werden. Wenigstens eine der Decklagen kann dabei Faserverbundmaterial aufweisen. In einer Ausführungsform sind die Magnete dabei dergestalt durch zumindest eine der Decklagen abgedeckt, dass sie aus den Aufnahmen nicht entnehmbar sind.

In einer weiteren Ausführungsform sind an einer Vorderfläche und/oder einer Rückfläche des Rotorhauptkörpers jeweils wenigstens eine Decklage angeordnet.

Das Faserverbundmaterial des Rotors kann Carbon, Epoxidharz und/oder Polypropylen aufweisen.

Des Weiteren ist eine elektrische Maschine mit einem Stator und einem erfindungsgemäßen Rotor vorgesehen.

Bei dem Herstellungsverfahren kann wenigstens eine Faser für das Faserverbundmaterial derart ausgelegt sein, dass sie in/auf ein formgebendes Mittel gelegt wird. Es kann auch vorgesehen sein, dass Faserverbundmaterial aufweisendes Halbzeug zum Bilden des Rotorhauptkörpers verwendet wird. Vorzugsweise wird dabei wenigstens eine Faser für das Faserverbundmaterial derart ausgelegt, dass sie in/auf ein formgebendes Mittel gelegt wird.

Auch sieht die Erfindung die Verwendung des Rotors in einer elektrischen Maschine als Antrieb für ein Luft-,

Wasser- oder Landfahrzeug oder als Generator in einer
Stromerzeugungsvorrichtung vor. Die
Stromerzeugungsvorrichtung kann Wind- und
Wasserkraftanlagen umfassen und/oder ausgelegt sein, von
5 einem Fahrzeug erzeugte rotatorische Kräfte und/oder
Momente in elektrische Energie umzuwandeln.

Außerdem sieht die Erfindung eine als Nabenmotor und/oder
-generator für ein Fahrzeug ausgeführte elektrische
10 Maschine vor.

Ferner ist ein Rotor für eine elektrische Maschine mit
einem Rotorhauptkörper vorgesehen, der aus
Faserverbundmaterial besteht. Ein an dem Rotorhauptkörper
15 angeordneter Befestigungsflansch kann ebenfalls aus
Faserverbundmaterial bestehen. Vorzugsweise sind der
Rotorhauptkörper und der Befestigungsflansch einstückig
aus Faserverbundmaterial und werden zusammen als Rotor
bezeichnet.

20

Der Befestigungsflansch kann flächig an einer Vorder- und
einer Rückseite des Rotorhauptkörpers angeordnet sein.
Vorzugsweise ist der Rotor zylinderförmig und dessen
Vorderseite, d.h. der Zylinderdeckel, eine kreisförmige
25 Fläche, die der ebenfalls kreisförmigen Rückseite, d.h.
dem Zylinderboden, gegenüberliegt. Vorteilhafterweise ist
das Verhältnis Rotorhauptkörperdurchmesser zu
Rotorhauptkörperdicke hoch, d.h. der Rotorhauptkörper ist
vorteilhafterweise flach und hat daher ein geringes
30 Gewicht. Wenn der Rotor in seiner Mitte mit einer Welle
verbunden werden soll, ist es vorteilhaft, wenn der Rotor
in der Mitte dicker ist. Dazu kann an der Vorder-
und/oder Rückseite des Rotors ein Befestigungsflansch
angeordnet werden. Der Befestigungsflansch erhöht

vorzugsweise die Dicke des Rotorhauptkörpers zu dessen Mitte hin.

Der Befestigungsflansch kann ausgelegt sein, ein
5 Drehmoment vom Rotorhauptkörper an die Welle zu
übertragen, die an dem Befestigungsflansch angeordnet
ist. Dies ermöglicht z.B. eine Baugruppe aus vorzugsweise
miteinander verbundenen Komponenten, wobei die
Komponenten den Rotorhauptkörper, den Befestigungsflansch
10 und die Welle umfassen.

Der Befestigungsflansch kann formschlüssig zur Welle
ausgebildet sein. Vorzugsweise weist der
Befestigungsflansch ein Passloch auf, in das die Welle
15 eingepasst wird. Vorzugsweise wird eine feste Passung
(z.B. Presspassung) verwendet, um ein Befestigungsspiel,
mechanischen Verschleiß und Verluste sowie Unwuchten im
Rotor zu vermeiden oder zu reduzieren.

20 Wenigstens eine Faser eines Fasermaterials kann den
Rotorhauptkörper und den Befestigungsflansch bilden.
Vorzugsweise wird die wenigstens eine Faser gewickelt,
gelegt, gespannt oder auf eine andere Art so angeordnet,
dass ein Volumenkörper wie der Rotorhauptkörper und/oder
25 der Befestigungskörper einstückig gebildet werden kann.
Das kann den Vorteil haben, dass Rotorhauptkörper und der
Befestigungsflansch eine verbesserte, hohe Stabilität
aufweisen. Sind der Rotorhauptkörper und der
Befestigungsflansch einstückig ausgebildet, so kann ein
30 zusätzlicher Verbindungsvorgang zweier Bauteile
weggelassen und ein fester Zusammenhalt und eine schnelle
Herstellung erreicht werden.

Der Befestigungsflansch kann wenigstens ein Bauteil
35 umfassen, das aus plattenartigem Faserverbundhalbzeug

gebildet ist. Vorzugsweise ist der Befestigungsflansch aus einem oder mehreren flachen aufeinandergestapelten Bauteilen gebildet. Vorteilhafterweise ist ein solches Bauteil ein leicht verfügbares, einfach aufgebautes Bauteil, das leicht und schnell herstellbar ist. Durch Bauteile mit verschiedener Größe und verschiedenen mechanischen Eigenschaften kann vorteilhafterweise ein Befestigungsflansch in einem "Baukastensystem" zusammengesetzt und anwendungsspezifisch gebildet werden.

10 Unter plattenartigem Faserverbundhalbzeug ist vorzugsweise eine aus Faserverbund-Rohmaterial gebildete Platte zu verstehen, die leicht durch gängige Bearbeitungsverfahren in eine gewünschte Form gebracht werden kann. Der Veredelungsvorgang vom

15 Faserverbundhalbzeug bis zum Befestigungsflansch ist vorteilhafterweise kurz, preiswert und kann mit gängigen Maschinenbauwerkzeugen bewältigt werden. Unter plattenartigem Faserverbundhalbzeug können vorzugsweise auch oder alternativ vorgefertigte Stäbe, Holme, Rohre,

20 Matten und Sandwichplatten, die jeweils Faserverbundmaterial aufweisen können, verstanden werden.

Die wenigstens eine Faser zur Mitte des Rotors hin kann eine Verdickung bilden. Vorzugsweise entsteht bei einer

25 gleichmäßig radial geführten Anordnung der wenigstens einen Faser eine natürliche Verdickung zur Mitte des Rotors hin. Vorteilhafterweise kann die Verdickung einen Befestigungsflansch bilden.

30 Erfindungsgemäß wird ein Rotor für eine elektrische Maschine mit einem Rotorhauptkörper vorgesehen, der aus Faserverbundmaterial besteht. Der Rotor weist wenigstens eine Aufnahme zur Anordnung von wenigstens einem Magneten auf. Wenigstens eine Faser des Faserverbundmaterials

35 verläuft in Form einer Schlinge um die wenigstens eine

Aufnahme. Der Vorteil eines aus Faserverbundmaterial bestehenden Rotors ist ein niedrigeres Gewicht und eine höhere Stabilität im Vergleich zu herkömmlichen aus Weicheisenmaterial bestehenden Rotoren.

5

Unter einem "Verlauf in Form einer Schlinge" wird hier ein geschlossener, ringartiger Verlauf einer Faser verstanden. In diesen Ausführungsformen umfasst der Rotor typischerweise eine Vielzahl derartiger Faserringe. Im Falle einer Endlosfaser wird die Faser so verlegt, dass sie ein- oder mehrmals in ihrem Verlauf zu einer Stelle (oder zumindest ungefähr zu einer Stelle) zurückkehrt, an der sie schon einmal war. Die Schlinge kann sich in ihrem Verlauf auch selbst schneiden. Ein Verlauf einer Faser in Form einer Schlinge um eine Aufnahme bedeutet lediglich, dass die Aufnahme an einer beliebigen Stelle im Inneren der Schlinge liegt, jedoch nicht zwangsläufig, dass die Schlinge vollständig am Rand der Aufnahme verläuft. Die Schlinge kann also vollständig oder teilweise unmittelbar um die Aufnahme (d.h. am Rand der Aufnahme) verlaufen, muss es aber nicht.

In einigen Ausführungsformen ist die wenigstens eine Faser als Schlinge am Rand um die wenigstens eine Aufnahme geführt und lässt dabei maximal eine Seite des Randes der wenigstens einen Aufnahme frei. Vorzugsweise verläuft eine Schlinge derart am Rand einer Aufnahme, die beispielsweise vier Seiten aufweist, dass sie eine Seite frei lässt.

30

Die Aufnahmen können auch kreisförmig oder oval ausgebildet sein, so dass man nicht von Seiten sprechen kann. In diesen Fällen wird ein Teil des Umfangs freigelassen.

35

In anderen Ausführungsformen verläuft eine Schlinge um zwei benachbarte Aufnahmen.

Der Rotorhauptkörper kann wenigstens ein Flanschloch und/oder eine zentrale Wellenaufnahme und/oder Wellendurchführung umfassen, um das bzw. die wenigstens eine Faser außerdem in Form einer Schlinge verläuft.

Die wenigstens eine Faser kann wenigstens teilweise den Umfang des Rotorhauptkörpers umschlingen.

Vorzugsweise verläuft die wenigstens eine Faser um wenigstens zwei Stellen des Rotorhauptkörpers, wobei eine Stelle eine Aufnahme, eine zentrale Wellenaufnahme, ein Flanschloch oder einen bestimmter Bereich des Rotorhauptkörpers umfasst.

Der Vorteil von einer in Form einer oder mehrerer Schlinge(n) geführten Faser ist eine höhere Stabilität des Rotors. Führt die Schlinge um eine Stelle, kann dort eine verbesserte Zugfestigkeit zu einer anderen Stelle im Rotorhauptkörper hergestellt werden. Eine Schlingenführung von inneren Stellen des Rotorhauptkörpers zu äußeren Stellen wirkt beispielsweise der Fliehkraft auf äußere Stellen des Rotorhauptkörpers entgegen.

Vorzugsweise umfasst die wenigstens eine Faser eine Endlosfaser und/oder stückweise Verdickungsfasern. Die Endlosfaser hat den Vorteil, dass sie als aufgespultes Ausgangsmaterial leicht zu verarbeiten ist. Zusätzlich ermöglichen Verdickungsfasern die Herstellung eines Rotorhauptkörpers mit konstanter und gleichmäßiger Dicke.

Wird ein scheibenförmiger Rotorhauptkörper durch wenigstens eine Faser gebildet, so kann eine natürliche Materialverdickung zur Mitte des Rotorhauptkörpers eine Nabe, einen Befestigungsflansch oder eine Wellenanbindung bilden. Vorteilhafterweise kann wenigstens ein Flanschloch als Auswuchtmittel für den Rotorhauptkörper dienen, insbesondere dann, wenn dieser scheibenförmig gebildet ist.

10 Vorzugsweise umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors für eine elektrische Maschine, dass ein Rotorhauptkörper als Rotor nur aus Faserverbundmaterial hergestellt wird, und ein nur aus Faserverbundmaterial bestehender Befestigungsflansch am Rotorhauptkörper
15 angeordnet wird.

Ferner ist eine Rotor-Welle-Anordnung für eine elektrische Maschine vorgesehen, die eine Welle und einen an der Welle angeordneten Rotor mit einem
20 Faserverbundmaterial aufweisenden Rotorhauptkörper umfasst, wobei die Welle und der Rotorhauptkörper mittels wenigstens einer Längsstiftverbindung gekoppelt sind. Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Rotor-Welle-Anordnung einen Flansch aufweist, der mit dem
25 Rotorhauptkörper verbunden ist, wobei der Rotorhauptkörper und der Flansch mittels wenigstens einer der Längsstiftverbindungen mit der Welle gekoppelt sind. Bevorzugt umfasst die Längsstiftverbindung wenigstens einen Längsstift aus einem vorbestimmten Material, der
30 gegen einen anderen Längsstift austauschbar ist. Vorzugsweise kann das vorbestimmte Material dabei ein elastischer Werkstoff sein. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Längsstiftverbindung den wenigstens einen Längsstift bei hohem Drehmoment abschert. Weiterhin kann

die Längsstiftverbindung Anlauf- und/oder Bremsschlupf und/oder mechanische Dämpfung ermöglichen.

Ferner ist ein Hybridsystem mit einer
5 Verbrennungsmotoreinheit oder einer anderen
Drehtriebseinheit, einer Getriebereinheit und einer
Elektromotoreinheit mit einer Welle vorgesehen, wobei die
Getriebereinheit das Drehmoment der Verbrennungs-
10 motoreinheit oder einer anderen Drehtriebseinheit mit
dem Drehmoment der Elektromotoreinheit summiert und die
Elektromotoreinheit wenigstens einen Faserverbundmaterial
aufweisenden Rotor umfasst, der durch eine
Längsstiftverbindung an die Welle der Elektromotoreinheit
gekoppelt ist.

15

Weiterhin kann die Längsstiftverbindung zur Kopplung des
Rotorhauptkörpers mit der Welle wenigstens einen
Längsstift aus einem vorbestimmten Material umfassen, der
gegen einen Längsstift aus einem anderen vorbestimmten
20 Material austauschbar ist. Dabei kann das vorbestimmte
Material ein elastischer Werkstoff sein. Des Weiteren
kann vorgesehen sein, dass die Längsstiftverbindung bei
hohem Drehmoment absichert. Darüber hinaus ist eine
Ausführung des Hybridsystems vorgesehen, die Anlauf-
25 und/oder Bremsschlupf und/oder mechanische Dämpfung
ermöglicht.

Des Weiteren ist eine elektrische Maschine mit einem
Stator und der oben beschriebenen Rotor-Welle-Anordnung
30 bereitgestellt.

Weiterhin ist ein Verfahren zur Herstellung einer Rotor-
Welle-Anordnung vorgesehen, das die folgenden Schritte
umfasst:

- Bereitstellen eines Faserverbundmaterial aufweisenden Rotorhauptkörpers
- Bereitstellen einer Welle
- Anordnen des Rotorhauptkörpers und der Welle, so
5 dass die Welle und der Rotorhauptkörper mittels
wenigstens einer Längsstiftverbindung gekoppelt
sind.

Des Weiteren ist eine oben beschriebene Rotor-Welle-
10 Anordnung, ein oben beschriebenes Hybridsystem und/oder
eine oben beschriebene elektrische Maschine als ein
und/oder für einen Antrieb für ein Luft-, Wasser- oder
Landfahrzeug oder als Generator in einer
Stromerzeugungsvorrichtung vorgesehen, wobei die
15 Stromerzeugungsvorrichtung Wind- und Wasserkraftanlagen
umfasst.

Ferner ist eine Lagerungsanordnung mit einem an einer
Rotationsachse drehbar angeordneten Rotor aus
20 Faserverbundmaterial und wenigstens einem Rotorlager
vorgesehen, das in einem radial von der Rotationsachse
beabstandeten Bereich mit dem Rotor in Wirkverbindung
steht. Dabei kann wenigstens eines der Lager und
insbesondere zwei Lager an einem radial außen liegenden
25 Bereich des Rotors mit diesem in Wirkverbindung stehen.
Auch kann vorgesehen sein, dass wenigstens zwei der Lager
an verschiedenen Seiten des Rotors mit diesem in
Wirkverbindung stehen. In einer Ausführungsform steht
wenigstens eines der Lager mit der Welle in
30 Wirkverbindung. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass
wenigstens eines der Lager an oder innerhalb eines
Stators des Elektromotors vorgesehen ist. Wenigstens
eines der Lager, das an einem radial außen liegenden

Bereich des Rotors mit diesem in Wirkverbindung steht, kann dabei ein Gleitlager sein.

Für eine der oben beschriebenen Lagerungsvorrichtungen kann eine Magnetlagerung vorgesehen sein. Für die Magnetlagerung können wiederum Magnete, insbesondere Permanentmagnete, an dem oder innerhalb des Rotors vorgesehen sein. Die Magnetlagerung kann aktiv steuerbar sein. Bevorzugt kann dabei vorgesehen sein, dass eine kreisförmige Anordnung einer Gruppe von Permanentmagneten an dem oder innerhalb des Rotors und eine entsprechend kreisförmige Anordnung von einer Gruppe von außen liegenden feststehenden Permanentmagneten oder Feldspulen in der Nähe des Rotors bei repulsiver Feldkraft eine radiale Zentrierwirkung auf den Rotor ausübt und ein Radiallager entlastet. Weiterhin kann es bevorzugt sein, dass die Welle durch wenigstens zwei Lager gestützt ist.

Des Weiteren ist eine elektrische Maschine mit einem Stator, einem Rotor, einer Welle und einer Lagerungsanordnung.

Darüber hinaus ist ein Verfahren zur Herstellung einer Lagerungsanordnung für einen Elektromotor vorgesehen, wobei ein Rotor aus Faserverbundmaterial, eine Welle und ein Rotorlager bereitgestellt wird, und wobei der Rotor, die Welle und das Rotorlager derart angeordnet sind, dass der Rotor drehbar um eine Rotationsachse angeordnet ist und wobei das wenigstens eine Rotorlager in einem radial von der Rotationsachse beabstandeten Bereich mit dem Rotor in Wirkverbindung steht.

Weiterhin ist ein Verfahren zur Herstellung einer oben beschriebenen elektrischen Maschine vorgesehen, wobei zur

Herstellung der Lagerungsanordnung das oben beschriebene Verfahren verwendet wird.

Schließlich ist eine Verwendung der oben beschriebenen Lagerungsvorrichtung in einer elektrischen Maschine als Antrieb für ein Luft-, Wasser- oder Landfahrzeug oder als Generator in einer Stromerzeugungsvorrichtung, insbesondere bei Wind- und Wasserkraftanlagen vorgesehen.

Es ist ferner ein Verfahren zur Herstellung eines aus Faserverbundmaterial bestehenden Rotors mit einem Rotorhauptkörper für einen Elektromotor vorgesehen, das die folgenden Schritte umfasst: Zusammenführen von Fasern eines Fasermaterials mit einer Matrix zu einem Fasergemenge, Einbringen des Fasergemenges mit diffus angeordneten Fasern in eine der Form des Rotorhauptkörpers entsprechende Negativform, Komprimieren des in der Negativform eingebrachten Fasergemenges und Aushärten des komprimierten Fasergemenges, das vorzugsweise bei vorbestimmter Temperatur und vorbestimmtem Druck geschieht.

Vorzugsweise entstehen die Fasern des Fasermaterials durch Trennen, Zerschneiden oder ähnliches einer Endlosfaser in Faserteile bestimmter Länge. Vorzugsweise werden diese Faserteile mit einer Matrix zusammengeführt. Die Matrix ist dabei vorzugsweise ein Bindemittel oder Verbindungsmittel, das in Verbindung mit den Fasern bestimmte vorteilhafte physikalische und mechanische Eigenschaften ausbildet.

Eine Matrix kann beispielsweise aus der Gruppe der Duroplaste (z.B. ungesättigte Polyesterharze, Vinylesterharze, Epoxidharze) oder aus der Gruppe der Thermoplaste

(z.B. Polypropylen, Polyamid, Polyethylenterephthalat, Polyphenylensulfid, Polyetheretherketon) stammen.

Diffus angeordnete Fasern erlauben vorteilhafterweise
5 eine schnelle und preisgünstige Verarbeitung, da kein
Zwischenschritt zum Ausrichten oder gezielten Anordnen
der Fasern notwendig ist. Vorzugsweise geschieht das
Zusammenführen der Fasern mit der Matrix entweder vor dem
Einbringen in die Negativform als Fasergemisch oder die
10 diffus angeordneten Fasern werden nach dem Einbringen in
die Negativform mit einer flüssigen Matrix
zusammengeführt.

Das Aushärten des Fasergemisches ist vorzugsweise ein
15 Vorgang, der einen Phasenübergang der Matrix von flüssig
nach fest hervorruft. Bei Duroplasten ist dieser
Phasenübergang beispielsweise irreversibel, bei
Thermoplasten reversibel. Aushärten bedeutet in diesem
Zusammenhang nicht zwangsläufig, dass das nach dem
20 Aushärten entstandene Faserverbundbauteil hart oder
versteift ist; es kann je nach Matrix- und Fasertyp
verschiedene mechanische und physikalische Eigenschaften
aufweisen, wie z.B. hohe Zähigkeit, niedriges Gewicht,
elektrische Leitfähigkeit, hohe Flexibilität etc.

25

Das Faserverbundmaterial und/oder die Faser kann Carbon
umfassen. Carbon ist ein besonders leichter und
strapazierfähiger Werkstoff, der als Fasermaterial viele
Formen bilden kann und durch Zusammenwirken mit einem
30 Bindemittel eine solche Form dauerhaft beibehält. Ein aus
Carbon-Faserverbundmaterial hergestellter Rotorhaupt-
körper ist leicht und kann trotzdem einwirkenden Kräften
und Momenten standhalten.

Das Fasergemenge kann mittels einer Mikrowellenquelle erwärmt werden. Wenn das Faserverbundmaterial Carbon umfasst, kann die elektrische Leitfähigkeit von Carbon dazu eingesetzt werden, durch eine Mikrowellenquelle erhitzt zu werden. Das hat gegenüber herkömmlichen Autoklavenprozessen den Vorteil verringerten Energiebedarfs, um das Fasergemisch auszuhärten.

Das Fasergemenge kann vorzugsweise während des Erhitzens durch eine Mikrowelle in einer Negativform unter vorbestimmtem Druck stehen, oder das Fasergemenge wurde vor dem Erhitzen in der Negativform unter vorbestimmten Druck gepresst. Alternativ kann ein vorbestimmter Druck anstatt von einer Negativform vermittelt durch das Fasergemenge umgebenden Gasdruck hervorgerufen werden. Das hat den Vorteil, dass das Fasergemenge eine hohe Materialdichte und dabei niedriges Volumen erreicht.

Da die meisten Carbonarten einen negativen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, ist für den Aushärteschritt von in einer Negativform eingebrachtem Fasergemenge vorzuziehen, dass das Material der Negativform ebenfalls Faserverbundmaterial und insbesondere Carbon aufweist.

Des Weiteren ist eine Negativform zur Herstellung eines Rotorhauptkörper vorgesehen, wobei wenigstens eine Faser in oder an der Negativform liegt und ein Bindemittel oder Verbindungsmittel Abschnitte der wenigstens einen Faser miteinander verbindet.

Eine elektrische Maschine kann einen Stator und einen Rotor umfassen, der den Rotorhauptkörper nach einer der oben genannten Lösungen umfasst. Vorzugsweise ist eine solche elektrische Maschine ein Scheibenläufer-

Elektromotor/-generator mit permanenterregtem Rotor und dient als Antrieb für ein Luft-, Wasser- oder Landfahrzeug oder als Generator in einer Stromerzeugungsvorrichtung, wobei die Stromerzeugungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform Wind- und Wasserkraftanlagen umfasst.

Fig. 1 zeigt eine elektrische Maschine, die einen Stator 102 und einen Rotorhauptkörper 104 umfasst. Der Rotorhauptkörper 104 kann dabei scheibenförmig, zylinderförmig, kegelstumpfförmig oder doppelkegelstumpfförmig sein. Am Rotorhauptkörper 104 kann zusätzlich ein Befestigungsflansch angeordnet sein, wobei eine Anordnung Rotorhauptkörper 104 mit einem Befestigungsflansch als Rotor bezeichnet wird.

Des Weiteren zeigt Fig. 1 zwei in der Schnittdarstellung des Rotorhauptkörpers 102 sichtbare Magnete 106, z.B. Permanentmagnete, von denen mehrere ringförmig im oder am Rotorhauptkörper 104 angeordnet sind, sowie im Stator 102 vorgesehene Statorwicklungen (nicht gezeigt). Weiterhin zeigt Fig. 1 eine Welle 108, die beispielsweise durch den Befestigungsflansch mit dem Rotorhauptkörper 104 so verbunden ist, dass eine Drehbewegung der Welle 108 zu einer Drehbewegung des Rotorhauptkörpers 104 führt und umgekehrt. Die Welle 108 kann z.B. ein stabförmiges Bauteil aus Vollmaterial oder ein hohlzylinderförmiges Bauteil sein, wobei der Querschnitt eines solchen Bauteils vollständig oder teilweise kreisförmig, rechteckförmig, elliptisch oder gezahnt sein kann und als Gelenk-, Hohl-, Kardan- oder biegsame Welle ausgeführt ist.

Des Weiteren stellt Fig. 1 zwei Lager 110 dar, die die Welle 108 radial stützen, so dass die Welle 108 und der

mit ihr verbundene Rotorhauptkörper 104 auch bei Drehung um seine Rotationsachse radial in ihrer Lage gehalten werden.

5 Wird die elektrische Maschine 100 als Motor betrieben, so treten die am Rotorhauptkörper 104 angebrachten Magnete 106 derart mit den Statorwicklungen am Stator 102 in magnetische Wechselwirkung, dass es zu einer Drehung des Rotorhauptkörpers 100 und der mit ihm verbundenen Welle
10 108 um die Rotorachse kommt. Bei einem Betrieb der elektrischen Maschine als Generator ist die Wirkweise der elektrischen Maschine dagegen umgekehrt: Eine Drehung der Welle 108 und des mit ihr verbundenen Rotorhauptkörpers 104 führt zu einer elektromagnetischen Wechselwirkung
15 zwischen den auf dem Rotorhauptkörper angeordneten Magneten 106 und den Statorwicklungen, wodurch schließlich elektrischer Strom erzeugt wird.

Durch die Anordnung in Fig. 1 kann der Rotorhauptkörper
20 104 bei einem Durchmesser von vorzugsweise größer zwei Metern, vier Metern, sechs Metern und mehr stabil und mit kleinem Statorspalt 112 bei hohen Drehzahlen im Stator drehen, sodass eine gute magnetische Wechselwirkung zwischen den Magneten 106 und dem Stator ausgenutzt wird.

25 Außerdem ist eine Umkehrung der mechanisch bewegten Bauteile in Fig. 1 möglich. Das heißt ein Rotor 104 als außenliegendes Bauteil umgreift einen Stator als innenliegendes Bauteil.

30 Fig. 2 zeigt einen Rotorhauptkörper 200, der scheibenförmig und mit einer vorbestimmten Dicke vorgesehen ist. Das Material des Rotorhauptkörpers 200 umfasst dabei Faserverbundmaterial, vorzugsweise
35 Carbonfaserverbundmaterial. Der Rotorhauptkörper 200

umfasst weiterhin 172 (nur beispielhafte Anzahl) rechteckförmige Aufnahmen 202, die zentrisch um die Rotationsachse des Rotorhauptkörpers 200 und nahe an dessen Außenrand angeordnet sind. Zentrisch angeordnete
5 Flanschlöcher 204 und die mittig im Rotorhauptkörper 200 liegende Wellendurchführung 206 sorgen für eine Verbindungsmöglichkeit mit einer Welle (nicht gezeigt). Die zentrisch angeordneten Flanschlöcher 204 sind zwischen der mittig liegenden Wellendurchführung 206 und
10 den nahe am Außenrand des Rotorhauptkörpers 200 liegenden Aufnahmen 202 angeordnet. Die Anzahl und Anordnung der Flanschlöcher 204 kann dabei insbesondere von zu übertragenden Kräften und Momenten abhängen.

15 Die rechteckförmigen Aufnahmen 202 dienen zur Aufnahme von Magneten, insbesondere von Permanentmagneten. Jeweils wenigstens ein Magnet kann dabei in allen, einer Mehrzahl, insbesondere zwei, drei, vier, fünf, acht, elf oder 16, oder aber in genau einer Aufnahme angeordnet
20 sein. Dabei werden für den Rotorhauptkörper 200 eine beliebig wählbare Anzahl von Aufnahmen 202 vorgesehen, beispielsweise genau eine Aufnahme, zwei, drei, vier, fünf, acht, 13, 16, 65 oder 172 Aufnahmen.

25 Fig. 3a zeigt in einer vergrößerten Darstellung einen Teilbereich eines Rotorhauptkörpers 200. Die Aufnahmen 302 am Außenrand des Rotorhauptkörpers nehmen jeweils einen Magneten 304 auf. Während des Betriebs der elektrischen Maschine treten die Magnete 312 in
30 magnetische Wechselwirkung mit den am Stator angeordneten Statorwicklungen (nicht gezeigt) und erzeugen hierdurch Strom (soweit die elektrische Maschine als Generator fungiert), beziehungsweise lösen hierdurch eine Drehbewegung des Rotors aus (falls die elektrische
35 Maschine als Motor arbeitet). In Fig. 3a (und ebenso in

Fig. 3b) ist der Nordpol der Magneten 312 mit N bezeichnet.

In dem in Fig. 3b gezeigten Beispiel werden nun in den
5 Aufnahmen 302 anstatt einem, jeweils zwei kleinere
Magnete 312, 314 längs nebeneinander angeordnet. Bei den
kleineren Magneten 312, 314 handelt es sich dabei um
separat voneinander magnetisierte Magnete. Verglichen mit
Fig. 3a haben die beiden kleineren Magnete 312, 314
10 insgesamt das Volumen eines der dort gezeigten Magnete
304. Es wird die Eigenschaft ausgenutzt, dass bei der
Herstellung von Magneten kleinere ferromagnetische Körper
in der Regel besser magnetisiert werden können als
größere. So haben zwei kleinere Magnete in der Regel eine
15 höhere Magnetisierung als ein vergleichbarer Magnet,
dessen Volumen dem der Summe der Volumina der beiden
kleineren Magnete entspricht, wenn dieser in demselben
magnetischen Feld auf dieselbe Weise wie die beiden
kleineren Magnete magnetisiert worden ist.

20

Mit dem in Fig. 3b gezeigten Beispiel kann erreicht
werden, dass die in einer Aufnahme befindlichen Magnete
bei gleichem Gesamtvolumen und gleichem Gesamtgewicht
eine größere Magnetisierung aufweisen als ein
25 vergleichbar hergestellter, doppelt so großer Magnet in
einer Aufnahme, wie sie z.B. in Fig. 3a zu sehen ist. Es
kann somit ein Rotor mit leistungsfähigeren Magneten bei
gleichem Volumen und Gewicht bereitgestellt werden. Da
der Rotorhauptkörper Faserverbundmaterial umfasst, wird
30 das Gewicht des Rotors im Vergleich zu einem ebenso
leistungsfähigen, herkömmlich hergestellten Rotor weiter
vermindert.

Ist die Rede davon, dass in wenigstens einer Aufnahme
35 mindestens zwei Magnete angeordnet sind, so sind unter

"mindestens zwei Magneten" oder ähnlichen Formulierungen auch solche Anordnungen zu verstehen, bei denen wenigstens zwei ferromagnetische Körper zwar als separate Körper magnetisiert wurden, dann aber nach ihrer
5 Magnetisierung oder nach einem ersten Magnetisierungsvorgang, dem weitere Magnetisierungsvorgänge folgen können, zu einem Körper zusammengefügt werden, insbesondere durch Zusammenkleben oder andere Verfahren zum Zusammenfügen von Gegenständen. Die hier
10 dargestellten Vorzüge der Verwendung von Magneten, die als kleinere Körper magnetisiert wurden, kommen auch bei derartigen Ausführungsbeispielen zum Tragen.

In dem in Fig. 3b dargestellten Beispiel zeigen die
15 Nordpole zweier Magnete 312, 314 immer entweder zur Mitte oder aber zum Rand des Motors. Weitere Beispiele umfassen Anordnungen, bei denen die Nordpole der in einer Aufnahme befindlichen zwei Magnete in verschiedene Richtungen zeigen. Andere Beispiele umfassen des Weiteren
20 Anordnungen, bei denen die Magnete einer Aufnahme nicht an ihren Längskanten, sondern an ihren kurzen Kantenflächen benachbart angeordnet sind. Bei weiteren Beispielen sind in wenigstens einer Aufnahme drei, vier oder mehr kleinere Einzelmagnete angeordnet. Während in
25 dem in Fig. 3b gezeigten Beispiel der Nordpol der Magnete in benachbarten Aufnahmen immer in unterschiedliche Richtungen zeigt, sind auch Beispiele umfasst, bei denen die Nordpole der Magnete immer in dieselbe Richtung zeigen. Des Weiteren können Beispiele vorgesehen sein,
30 bei denen die Pole der Einzelmagnete beliebig gerichtet angeordnet sind.

Fig. 4a zeigt einen Rotorhauptkörper 402 und eine Welle 404 in einer Seitenansicht. Der Rotorhauptkörper 402
35 weist, wie in Fig. 3 gezeigt, rechteckförmige Aufnahmen

406 auf, von denen eine in der Schnittdarstellung oberhalb der Symmetrielinie zu sehen ist. Auf der Vorder- und Rückseite des Rotorhauptkörpers 402 sind zwei Decklagen 412, 414 angeordnet, die aus plattenartigem
5 Halbzeug aus Carbonfaserverbundmaterial hergestellt sind. Die Decklagen 412, 414 bedecken die rechteckförmigen Aufnahmen 406 und darin gegebenenfalls angeordnete Magnete, von denen in der Schnittdarstellung ein Magnet 420 sichtbar ist.

10

Bei den Aufnahmen 406 des Rotorhauptkörpers 402 handelt es sich um hindurchgehende Löcher. Dabei werden in den Aufnahmen 406 je zwei der oben beschriebenen Magnete (nicht gezeigt) angeordnet. Die beiden Decklagen 412 und
15 414 sind an dem Rotorhauptkörper befestigt und verhindern ein Herausfallen der Magnete. Bei einem Beispiel weisen die Decklagen 412, 414 Faserverbundmaterial auf. Hierdurch wird sichergestellt, dass die die Magnete haltenden Decklagen 412, 414 geringes Gewicht aufweisen.

20

Weitere Beispiele sehen vor, dass die Aufnahmen 406 lediglich Ausnehmungen darstellen, die keine durch den Rotorhauptkörper hindurchgehenden Löcher sind. In einem solchen Fall kann vorgesehen sein, dass lediglich eine
25 Decklage 412 zur Befestigung der Magnete 420 am Rotorhauptkörper 402 angeordnet ist.

30

Fig. 4b zeigt einen Befestigungsflansch 400. Ferner zeigt Fig. 4b eine Seitenansicht des in Fig. 1 gezeigten Rotorhauptkörpers 104 und eine Welle 404. Der Rotorhauptkörper 402, der oberhalb der Welle 404 in Schnittdarstellung gezeigt ist, weist eine rechteckförmige Aufnahme 406, wie in Fig. 1 gezeigt, auf. An der Vorder- und Rückseite 408 bzw. 410 des
35 Rotorhauptkörpers 402 sind zwei Decklagen 412 und 414

angeordnet, die aus plattenartigem Halbzeug aus Carbonfaserverbundmaterial hergestellt sind und beidseitig vom Außenrand 416 des Rotorhauptkörpers 402 bis zu einer inneren Befestigungsflanschscheibe 418
5 reichen. Die Decklagen 412 und 414 bedecken die rechteckförmigen Aufnahmen 406 und darin angeordnete Magnete, z.B. Permanentmagnete, von denen in der Schnittdarstellung ein Permanentmagnet 420 sichtbar ist.

10 Zur Mitte des Rotorhauptkörpers 402 hin sind an dessen Vorderseite 408 und Rückseite 410 je zwei innere und äußere Befestigungsflanschscheiben 418 und 422 angeordnet. Die inneren Befestigungsflanschscheiben 418 sind direkt am Rotorhauptkörper 402 durch ein Haftmittel
15 (nicht gezeigt) angebracht und weisen einen geringeren Durchmesser als der Rotorhauptkörper 402 sowie einen größeren Durchmesser als die äußeren Befestigungsflanschscheiben 422 auf. Die äußeren Befestigungsflanschscheiben 422 sind wiederum durch ein
20 Haftmittel (nicht gezeigt) jeweils mit einer ihnen benachbarten inneren Befestigungsflanschscheibe 418 verbunden. Die Befestigungsflanschscheiben 418 und 422 sind aus plattenartigem Carbonfaserverbundhalbzeug hergestellte Bauteile. Der gesamte Befestigungsflansch
25 stellt eine form- und kraftschlüssige Verbindung zur Welle 404 her.

In Zusammenhang mit Figur 4b erläuterte Begriffe mit dem Bestandteil -"scheibe" sind nicht einschränkend auf
30 zylinderförmige Bauteile zu verstehen. Vielmehr können der Rotorhauptkörper 402 und/oder die Befestigungsflanschscheiben 418 und 422 einen rechteckigen, elliptischen, ringförmigen Querschnitt oder dergleichen aufweisen. Die Befestigungsflanschscheiben 418 und 422
35 können einstückig miteinander gebildet und an den

Rotorhauptkörper 402 angeordnet werden oder die Befestigungsflanschscheiben 418 und 422 sind mit dem Rotorhauptkörper 402 integral ausgebildet.

5 Die Befestigungsflanschscheiben 418 und 422 verleihen dem Rotorhauptkörper eine flächen- und volumenmäßig größere Schnittstelle zur Welle 404, wodurch die Übertragung von Kräften und Momenten zwischen dem Rotorhauptkörper 402 und der Welle 404 verbessert wird.

10

Fig. 5 zeigt einen Rotor 500. Von außen sind der Reihe nach in Fig. 5 zu sehen: ein Rotorhauptkörper 502, ein mit dem Rotorhauptkörper 502 einstückig ausgebildeter kegelstumpfförmiger Befestigungsflansch 504, eine im
15 Befestigungsflansch 504 vorgesehene Wellendurchführung 506 mit darin eingelassener Nut 508 und eine mit einer Mitnehmernase 510 versehene Welle 512 in Querschnittsdarstellung. Die Welle 512 ist durch geeignete
20 Passung in der Wellendurchführung 506 des Befestigungsflansches 504 angeordnet. Die austauschbar an der Welle vorgesehene Mitnehmernase 510 greift in die Nut 508 ein und ermöglicht eine Übertragung von Drehmomenten und Kräften zwischen der Welle 512 und dem
25 Rotorhauptkörper 502, sodass sich die Welle 512, der Rotorhauptkörper 502 und der Befestigungsflansch 504 mit im Durchschnitt der gleichen Winkelgeschwindigkeit in die beiden durch den Doppelpfeil 514 angezeigten
Drehrichtungen drehen können.

30 Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt eines Rotorhauptkörpers 600. In dem sektorförmigen Ausschnitt des in Fig. 6 gezeigten Rotorhauptkörpers 600 sind beispielhafte Carbonfaserschlingen 602, 604, 606, 608, 610 veranschaulicht. Dabei führt eine Wellendurchführungs-
35 Carbonfaserschlinge 602 um eine Wellendurchführung 612

und um eine Aufnahme 614. Eine Befestigungsflanschloch-
Carbonfaserschlinge 610 führt um ein
Befestigungsflanschloch 616 und um mehrere Aufnahmen
614. Eine Mehrfachaufnahmen-Carbonfaserschlinge 606, 608
5 führt um eine Mehrzahl an Aufnahmen 614. Oben genannte
Carbonfaserschlingen können miteinander kombiniert, in
Reihe hintereinander, abwechselnd, nach einem
vorbestimmten Ablaufmuster und beispielsweise durch eine
Endloscarbonfaser 618 realisiert werden. Außerdem sind
10 folgende Faserschlingenfürungen möglich: Faserschlingen
werden in Acht-, Helix-, oder Fassbandform um ein oder
mehrere Aufnahmen 614 und/oder ein oder mehrere
Befestigungsflanschlöcher 616 und/oder die
Wellendurchführung 612 und/oder den Außenrand des
15 Rotorhauptkörpers 600 gewickelt oder Faserschlingen
werden in geodätischen Linien zwischen zwei oder mehr
Stellen gewickelt, die ein oder mehrere Aufnahmen 614
und/oder ein oder mehrere Befestigungsflanschlöcher 616
und/oder die Wellendurchführung 612 und/oder den
20 Außenrand des Rotorhauptkörpers 600 umfassen.

Die in Fig. 6 gezeigte Faserschlingen 606, 608 und 610
sind nur schematisch als geschlossen gezeichnet, sie
können ebenso als an einer Seite geöffnete Schlingen oder
25 an einer Stelle mit überlappenden Teilen einer
Endlosfaser 618 ausgeführt sein. Eine solche
Endloscarbonfaser 618 wird am Außenrandbereich des
Rotorhauptkörpers 600 durch zusätzliche stückweise
Carbonfasern ergänzt, um eine vorbestimmte Dicke des
30 Rotorhauptkörpers 600 herzustellen. Zur Mitte des
Rotorhauptkörpers 600 hin verdickt die Endloscarbonfaser
618 den Rotorhauptkörper 600 entlang seiner Hochachse zu
einer natürlichen Nabe.

Fig. 7 zeigt einen Rotor 700 einer elektrischen Maschine und eine aus Endloscarbonfaser hergestellte Nabe 704. Die durch die Nabe 704 gebildete Wellendurchführung nimmt formschlüssig eine Welle 702 auf. Am Übergang von Welle
5 702 und Nabe 704 sind vier Löcher mit darin formschlüssig angeordneten Längsstiften 706 gekoppelt. Bei den Längsstiften kann es sich insbesondere um zylinderstiftartige, kegelstiftartige oder kerbstiftartige Längsstifte handeln. Welle und Nabe
10 bilden hierdurch eine gekoppelte Verbindung. Die Anzahl und Anordnung der Längsstifte 706 am Übergang von Welle 702 und Nabe 704 kann insbesondere von den zu übertragenden Kräften und Momenten abhängen. Bei dem in Fig. 7 gezeigten Beispiel wurden vier Längsstifte
15 verwendet. Es kann jedoch eine beliebige Anzahl von Längsstiften die Stiftverbindung realisieren, insbesondere ein Längsstift, zwei, drei, vier, fünf, elf oder 18 Längsstifte. Das Material der Längsstifte 706 ist dabei elastisch und schert bei hohem Drehmoment ab. Somit
20 bieten die Längsstifte 706 einerseits Anlauf-, Bremsschlupf und Drehdämpfung und andererseits dabei gleichzeitig eine Sicherheitsfunktion, um den Rotor 700 und die Welle 702 vor einem zu hohen Drehmoment zu schützen. Außerdem ist es möglich, einen abgenutzten
25 Längsstift 706 durch einen neuen auszutauschen.

Fig. 8 zeigt eine elektrische Maschine 800. In Fig. 8 umgreift ein Stator 801 einen Rotorhauptkörper 802. Der Rotorhauptkörper 802 ist einstückig mit einem
30 Befestigungsflansch 804 ausgebildet, der durch eine Mitnehmernase 806 mit einer Welle 808 verbunden ist. Die Mitnehmernase 806 greift dabei in ein im Befestigungsflansch eingelassene Nut 810 ein. Die Welle 408 wird zu beiden Seiten des Stators 801 durch zwei

feststehende Wälzlager 812 radial und/oder axial gestützt.

Der Stator 801 in Fig. 8 umfasst elektrische Statorspulen
5 (nicht gezeigt), deren Magnetfeld mit einem Magnetfeld von in einem Außenbereich des Rotorhauptkörpers angeordneten Permanentmagnete 814 wechselwirkt. Die Permanentmagnete 814 sind in hohlen Aufnahmen 817 des Rotorhauptkörpers 802 angeordnet und durch an beiden
10 Seiten des Rotorhauptkörpers 802 angeordnete Decklagen 816 und 818 nach außen abgeschlossen.

Der Befestigungsflansch 804 bietet eine große Angriffsfläche für die in die Nut 810 eingreifende
15 Mitnehmernase 806 und ermöglicht dadurch die Übertragung von Kräften und Drehmomenten zwischen der Welle 808 und dem am Rotorhauptkörper 802 angeordneten Befestigungsflansch 804.

20 Der Befestigungsflansch 804 erlaubt beispielsweise eine Übertragung höherer Kräfte und Momente, als bei einer in Fig. 1 gezeigten in vergleichbaren Dimensionen ausgeführten elektrischen Maschine 100 möglich ist.

25 Die in Fig. 8 gezeigten Lager 812 sorgen für eine Lagerung der Welle 808 und des mit ihr über den Befestigungsflansch 804 verbundenen Rotorhauptkörpers 802. Sind jedoch als Lager nur die Lager 812 vorgesehen, so entstehen bei schnellen Drehbewegungen des
30 Rotorhauptkörpers 802 ohne Lagerung in axialen Richtungen Schwingungen. Wünschenswert wäre es, eine Lagerung zu realisieren, die gewährleistet, dass der Rotorhauptkörper 802 bei einer solchen Drehbewegung und/oder bei entstehenden Vibrationen, Schwingungen oder ähnlichen

Bewegungen seine axial vorgesehene Position, insbesondere an seinen Rändern, nicht verlässt.

Fig. 9a zeigt eine schematische Lagerungsvorrichtung. Im
5 gezeigten Ausführungsbeispiel ist ein Rotor 904 über eine
geeignete Rotor-Welle-Anordnung mit einer Welle 902
verbunden. Der Rotor 904 aus Carbonfaserverbundmaterial
umfasst dabei Aufnahmen 906, 908 für Magnete (nicht
10 dargestellt). Weiterhin ist der Rotor 904 durch zwei
Radiallager 912, 914 gelagert. Während des Betriebs der
elektrischen Maschine entstehen Vibrationen und/oder
Schwingungen am Rotor 904 und der Welle 902. Die
Radiallager 912, 914 stellen sicher, dass die Welle 902
15 und der an ihr befestigte Rotor 904 in ihrer vorgesehenen
Position in Radialrichtung R gehalten werden.

Neben den Radiallagern 912, 914 der Welle 902 sind bei
dem in Fig. 9a gezeigten Beispiel erfindungsgemäß weitere
Lager 916, 918 vorgesehen, die den Rotor an beiden Seiten
20 stützen und für eine axiale Lagerung des Rotors 904
sorgen. Die Axiallager 916, 918 stellen sicher, dass der
Rotor 904 und die mit ihm verbundene Welle 902 auch bei
Betrieb der elektrischen Maschine in einer vorbestimmten
axialen Position A gehalten werden. Abhängig von den
25 spezifischen Eigenschaften der eingesetzten elektrischen
Maschine ist es möglich, die Axiallager 916, 918 nahe bei
der Welle 902 oder in der Nähe des Randes des Rotors 904
anzuordnen.

30 Fig. 9b zeigt eine Lagerungsanordnung mit Lagern 922,
924, die die Welle axial stützen. Vorzugsweise sind
weitere Lager 926, 928 vorgesehen. Diese Lager 926, 928
stehen an einem radial außen liegenden Bereich des Rotors
904 mit diesem in Wirkverbindung. Vorzugsweise können
35 solche Lager 926, 928 in und/oder an einem Stator (nicht

gezeigt) angeordnet sein. Eine derartige Anordnung der Lager 926, 928 ist besonders geeignet, eine Schwingung des Rotors aus seiner axialen Position heraus zu verhindern.

5

Bei dem Beispiel von Fig. 9c sind nur Lager 936, 938 vorgesehen. Die am außen liegenden Bereich des Rotors 904 mit diesem in Wirkverbindung stehenden Lager 936 und 938 stützen den Rotor 904 in axialer und/oder in radialer
10 Richtung ab.

Fig. 9d zeigt ein weiteres Beispiel einer Lagerungsanordnung. Ein am außen liegenden Bereich des Rotors vorgesehenes Lager 948 lagert den Rotor 904
15 derart, dass der Rotor 904 axial gestützt wird. Ein weiteres Lager 944 lagert wiederum die Welle 902 und den mit ihr verbundenen Rotor 904 derart, dass diese radial gestützt werden.

20 Die von Fig. 10a gezeigte schematische Darstellung zeigt eine innere Seitenfläche 1022 eines Stators einer elektrischen Maschine 1000, einen Querschnitt 1024 durch den Stator in der gezeigten schematischen Darstellung, eine Welle 1002, einen mit der Welle verbundenen Rotor
25 1004, Aufnahmen 1006, 1008 für Magnete (nicht gezeigt) im Rotor 1004 und erfindungsgemäß vorgesehene Lager 1012, 1014, 1016, 1018. Die Welle 1002 wird dabei durch die vorgesehenen Lager 1012, 1014 radial gestützt. Zusätzlich sind in dem gezeigten Beispiel Lager 1016, 1018
30 vorgesehen, die am Stator angeordnet sind und die den Rotor 1004 axial stützen. Vorzugsweise kann es sich bei den radial stützenden Lagern 1012, 1014 um Wälzlager und bei den axial stützenden Lagern 1016, 1018 um Gleitlager handeln. Durch die Anordnung in Fig. 10a kann der Rotor
35 1004 bei einem Durchmesser von vorzugsweise etwa zwei

Metern, vier Metern, sechs Metern und mehr, stabil und mit kleinem Statorspalt bei hohen Drehzahlen betrieben werden, so dass eine gute magnetische Wechselwirkung zwischen den Magneten und dem Stator genutzt werden kann.

5

Bei dem Beispiel von Fig. 10b realisieren die Lager 1012, 1014 eine radiale Lagerung von Welle 1002. Für die axiale Lagerung des Rotors 1004 ist vorzugsweise eine Magnetlagerung vorgesehen. Hierzu sind sowohl an bzw. im Rotor 1004 als auch an bzw. im Stator weitere Magnete 1030 bzw. 1032 angeordnet. Dabei wirken die zentrisch am bzw. im Rotor 1004 angebrachten Magnete 1030 und die entsprechend zu diesen in der Nähe des Rotors 1004 angeordneten feststehenden Magnete 1032 attraktiv und/oder repulsiv aufeinander. Bei repulsiver Kraftwirkung entsteht zusätzlich eine radiale Zentrierwirkung auf den Rotor 1004, so dass die radial stützenden Lager 1012, 1014 entlastet werden. Ein weiteres Beispiel sieht ergänzend oder alternativ eine andere gleichwirkende Lagerung vor, z.B. Luftlagerung.

Fig. 11 zeigt eine Negativform 1100 zur Rotorherstellung. Die Negativform 1100 ist entlang eines Längsschnittes spiegelsymmetrisch zur Symmetrieachse 1102 ausgelegt und weist einen Negativformaußenrand 1104, eine Carbonfaseraussparung 1106, den Aufnahmen 202 (von Fig. 2) entsprechende Zapfen 1108, eine Carbonfaseraussparung 1106 und den Befestigungsflanschlöchern 204 (von Fig. 2) entsprechende Stifte 1110 auf. In der Mitte der Negativform 1100 ist eine Scheibe 1112 angeordnet, die der Wellendurchführung 206 (von Fig. 2) entspricht.

Der Negativformaußenrand 1104, die Zapfen 1108, die Stifte 1110 und die Scheibe 1112 sind integral mit der Negativform 1100 ausgebildet. Das Material der

Negativform 1100 besteht aus Aluminium oder Carbonfaserverbundmaterial und kann durch einen die Negativform verschließenden Deckel (nicht gezeigt) abgeschlossen werden.

5

Carbonfasern 1114 (Dicke der Fasern 1114 in Fig. 3 nur schematisch) werden z.B. von einer Faserablegevorrichtung (nicht gezeigt) in die Carbonfaseraussparung 306 nach einem vorbestimmten Muster abgelegt, gespannt oder
10 laminiert.

Fig. 12 zeigt eine Negativform 1200 zur Rotorherstellung. Die Negativform 1200 ist in Fig. 12 im Querschnitt dargestellt. Zur Veranschaulichung sind - ebenfalls im
15 Querschnitt dargestellt - Carbonfasern 1202 in der Negativform 1200 liegend gezeigt. Die Lage und Ausrichtung der Carbonfasern 1202 in der Negativform 1200 ist lediglich qualitativ zu verstehen. Die Carbonfasern 1202 können jede beliebige Lage und Ausrichtung in der
20 Negativform 1200 aufweisen. Die Negativform 1200 ist symmetrisch zur Achse 1204, sodass nur eine Hälfte der Negativform 200 näher erläutert wird.

Die Negativform 1200 in Fig. 2 umfasst Zapfen 1206, die
25 in Form und Volumen jeweils den in Fig. 4a, 4b gezeigten Aufnahmen 406 entsprechen. Ferner umfasst die Negativform 1200 in der Mitte einen Stift 1208, der einer Wellendurchführung entspricht. Die Zapfen 1206 und der Stift 1208 sind einstückig mit der Negativform 1200
30 ausgebildet. Der übrige Zwischenraum zwischen den Zapfen 1206, dem Stift 1208 und der Negativform 1200 selbst bildet eine stufenzylinderförmige Mulde, deren Form und Volumen einem Rotor entspricht. Dieser Rotor umfasst einen Rotorhauptkörper, der einem Rotorhauptkörperbereich
35 1210 in der Negativform 1200 entspricht, und einen

einseitig und einstückig mit dem Rotorhauptkörper ausgelegten Befestigungsflansch, der einem Befestigungsflanschbereich 1212 in der Negativform 200 entspricht.

5

Das Material der Negativform 1200 kann z.B. Aluminium oder Faserverbundmaterial aufweisen.

Fig. 13 zeigt ein Flussdiagramm für ein Rotorherstellungsverfahren. Das Flussdiagramm bietet vier alternative Verfahrensabläufe, um einen nur aus Carbonfaserverbundmaterial bestehenden Rotorhauptkörper 1300 herzustellen. Der Verfahrensablauf 1302 umfasst die aufeinanderfolgenden Schritte, Carbonendlosfaser in eine Negativform zu legen oder zu spannen 1304, Epoxydharz in die in der Negativform liegende Carbonendlosfaser einzubringen 1306 und das Gemisch aus Carbonendlosfaser und Epoxydharz bei einem vorbestimmten Druck P_H und einer vorbestimmten Temperatur T_H auszuhärten 1308. Der Verfahrensablauf 1310 umfasst den Schritt, ein plattenartiges Carbonfaserverbundhalbzeug zu fräsen und zu bohren 1312, sodass der Rotorhauptkörper gebildet wird. Der Verfahrensablauf 1314 umfasst die aufeinanderfolgenden Schritte, Faser-Prepreg in eine Negativform zu laminieren 1316 und das Faser-Prepreg bei einem vorbestimmten Druck P_H und einer vorbestimmten Temperatur T_H auszuhärten 1318. Der Verfahrensablauf 1320 umfasst die aufeinanderfolgenden Schritte, Carbonfasern mit Polypropylen zu vermengen 1322, das Gemenge aus Carbonfaser mit Polypropylen in eine Negativform einzubringen oder zu pressen 1324 und das Gemenge bei einem vorbestimmten Druck P_H und einer vorbestimmten Temperatur T_H auszuhärten 1326.

Es können zwei, mehrere oder alle der Verfahrensabläufe auch teilweise miteinander kombiniert werden.

Fig. 15 zeigt eine elektrische Maschine 1500, bei der
5 drei von in Fig. 8 gezeigten Statoren 1502, 1504 und 1506
mit jeweils einem darin drehbar gelagerten Rotor 1508,
1510 und 1512 auf einer Welle 1514 in Serie angeordnet
sind. Eine solche Stator-Rotor-Teileinheit aus einem
Stator und einem Rotor entspricht dabei der in Fig. 8
10 gezeigten elektrischen Maschine 800.

Die Welle 1514 der in Fig. 15 gezeigten elektrischen
Maschine 1500 wird, ähnlich wie in Fig. 8 gezeigt, durch
zwei feststehende Wälzlager 1516 radial und/oder axial
15 gestützt. Da der Durchmesser der in Fig. 15 gezeigten
Stator-Rotor-Teileinheit größer ist als die Dicke der
Stator-Rotor-Teileinheit kann die elektrische Maschine
1500 mit zwei, drei oder mehr seriell hintereinander
angeordneten Stator-Rotor-Teileinheiten eine kompaktere
20 Bauform erreichen, d.h. ein Verhältnis von
Maschinendurchmesser zu Maschinendicke von etwa 1:1 und
dabei die Leistung und das Drehmoment erhöht werden.

Zur Anordnung der elektrischen Maschine in einem System
25 ist ein die in Fig. 15 gezeigten Stator-Rotor-
Teileinheiten umhüllendes Gehäuse 1518 vorgesehen, das
die elektrische Maschine 1500 nach innen und außen vor
Einflüssen (z.B. Staub, Hitze, Feuchtigkeit,
elektromagnetische Strahlung etc.) schützt.

30

Ein weiterer Aspekt ist in Fig. 16 dargestellt, die ein
Hybridsystem zeigt. Die Vorrichtung M1 stellt dabei eine
Motor-Generatorvorrichtung nach einem der vorgenannten
Ausführungsbeispiele dar. Im Gegensatz dazu ist Motor M2
35 ein herkömmlicher Verbrennungsmotor oder vergleichbares.

Die Drehmomente der beiden als Motor wirkenden Vorrichtungen M1 und M2 werden in einem Planetengetriebe 1602 summiert und vom Hybridsystem abgegeben.

5 Fig. 17a und 17b zeigen eine elektrische Schaltungsanordnung einer Motor-Generatorvorrichtung. Dabei zeigt Fig. 17a einen Schaltungsanordnung in einem Zustand, in dem die Motor-Generatorvorrichtung als Generator G1 wirkend mechanische Energie in elektrische
10 Energie umwandelt und in einer Batterie 1702 speichert. Zusätzlich kann in der Schaltungsanordnung ein Gleichrichter oder Kommutator zwischen Batterie 1702 und Generator G1 geschaltet sein, falls der Generator G1 Strom liefert.

15

Fig. 17b zeigt eine Schaltungsanordnung in einem Zustand, in dem die Motor-Generatorvorrichtung als Motor M1 wirkend elektrische Energie von einer Batterie 1702 in mechanische Energie umwandelt.

20

Bei einer Anwendung der Schaltungsanordnung aus Fig. 17a und 17b auf das Hybridsystem von Fig. 16 kann ein Fahrzeugantrieb realisiert werden, der beim Abbremsen des Fahrzeugs kinetische Energie in eine Batterie 1702
25 zurückspeist und wählbar elektrische Energie der Batterie 1702 in kinetische Energie umwandelt. Eine Rotor-Welle-Anordnung der Motor-Generatorvorrichtung kann dabei so ausgelegt sein, dass Antriebs- und Bremsschlupf durch elastische Längsstifte ein weiches Anlaufen und Abbremsen
30 im Hybridsystem ermöglichen und ein durch die elastischen Längsstifte bereitgestelltes Dämpfungsverhalten ein Rückwirken unkonstanten Drehens des Verbrennungsmotors über das Planetengetriebe 1502 auf die Motor-Generatorvorrichtung verhindert.

35

Bei einer der oben beschriebenen Vorrichtungen, insbesondere bei einer der oben beschriebenen elektrischen Maschinen, kann diese insbesondere als Antriebsvorrichtung oder zu einer anderen Verwendung in
5 einem Luftfahrzeug (insbesondere ein Passagierflugzeug, ein Motorflugzeug, ein Segelflugzeug mit oder ohne Hilfsmotor oder eine elektrische Maschine für ein Luftschiff), Wasserfahrzeug (insbesondere ein Schiff oder Boot, beispielsweise ein Motorboot oder ein Segelboot mit
10 oder ohne Hilfsmotor) oder Landfahrzeug (insbesondere ein PKW, ein Motorrad, ein LKW, eine Lokomotive, ein Gabelstapler) eingesetzt werden, wobei das niedrige Gewicht und die hohe Stabilität des aus Faserverbundmaterial hergestellten Rotorhauptkörpers eine
15 hohe Anlauf- und Bremsbeschleunigung der Antriebvorrichtung ermöglicht. Außerdem ist eine Anwendung einer solchen elektrischen Maschine zum Antrieb von Pumpen; als Stellmotor; bei Rasenmähern, Kränen, Panzern; als (Servo-)Motor bei Flug-, Schiffs- und
20 Automodellen; bei Automaten (z.B. Geldautomaten) Spielzeug, Haushaltsgeräten und Elektrogeräten (z.B. CD-, DVD-Spieler, Festplatten) möglich.

Im Übrigen kann die elektrische Maschine eine Kombination
25 aus Generatorfunktion und Motorfunktion übernehmen und z.B. in einem Elektrofahrzeug oder Fahrzeug mit Hybridantrieb wahlweise beim Abbremsen des Fahrzeugs Energie in eine elektrische Batterie speisen oder beim Beschleunigen des Fahrzeugs elektrische Energie aus der
30 Batterie als Motor wieder in kinetische Energie umsetzen.

Ansprüche

1. Rotor für eine elektrische Maschine mit einem Rotorhauptkörper (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300), der aus Faserverbundmaterial besteht und wenigstens eine Aufnahme (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) zur Anordnung von wenigstens einem Magneten (304, 312, 314; 420; 814; 1030, 1032) aufweist, wobei wenigstens eine Faser des Faserverbundmaterials in Form einer Schlinge um die wenigstens eine Aufnahme (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) verläuft.
2. Rotor nach Anspruch 1, wobei die Faser um wenigstens zwei benachbarte Aufnahmen (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) verläuft.
3. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Rotorhauptkörper (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) wenigstens ein Flanschloch (204; 616) umfasst und die wenigstens eine Faser außerdem um das wenigstens eine Flanschloch (204; 616) in Form einer Schlinge verläuft.
4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Rotorhauptkörper (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) eine zentrale Wellenaufnahme (206; 506; 612) umfasst und die wenigstens eine Faser außerdem um die zentrale Wellenaufnahme (206; 506; 612) in Form einer Schlinge verläuft.
5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Faser (918; 1114; 1202) um den Umfang des Rotorhauptkörpers (104; 200; 402; 502; 600; 802;

- 1300) verläuft.
6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Faser (918; 1114; 1202) eine Endlosfaser umfasst.
 7. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Faser (918; 1114; 1202) stückweise Verdickungsfasern umfasst.
 8. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Faser (918; 1114; 1202) zur Mitte des Rotorhauptkörpers (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) hin eine Verdickung bildet.
 9. Rotor nach Anspruch 8, wobei die Verdickung zur Mitte des Rotorhauptkörpers (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) hin eine Nabe oder einen Befestigungsflansch oder eine Wellenanbindung bildet.
 10. Rotor nach Anspruch 3, wobei das wenigstens eine Flanschloch (204; 616) ein Auswuchtmittel bildet.
 11. Elektrische Maschine mit einem Stator (102; 801; 1502, 1504, 1506) und einem Rotor (500; 700; 904; 1004; 1508, 1510, 1512), der den Rotorhauptkörper (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.
 12. Verfahren zur Herstellung eines Rotors (500; 700; 904; 1004; 1508, 1510, 1512) für eine elektrische Maschine (100; 800; 1000; 1500),

Herstellen eines Rotorhauptkörpers (104; 200; 402; 502; 600; 802; 1300) mit wenigstens einer Aufnahme (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) zur Anordnung von wenigstens einem Magneten (304, 312, 314; 420; 814; 1030, 1032) nur aus Faserverbundmaterial, wobei bei der Herstellung wenigstens eine Faser des Faserverbundmaterials in Form einer Schlinge um die wenigstens eine Aufnahme (106; 202; 302; 406; 614; 817; 906, 908; 1006, 1008) geführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die wenigstens eine Faser des Faserverbundmaterials in/auf ein formgebendes Mittel gelegt wird (1304, 1316, 1324) oder ein Faserverbundmaterial aufweisendes Halbzeug zum Bilden des Rotors verwendet wird (1312).
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei die wenigstens eine Faser (918; 1114; 1202) wenigstens teilweise gespannt verarbeitet wird.
15. Verwendung des Rotors nach einem der Ansprüche 1 bis 10 in einer elektrischen Maschine (100; 800; 1000; 1500) als Antrieb für ein Luft-, Wasser- oder Landfahrzeug oder als Generator in einer Stromerzeugungsvorrichtung.
16. Verwendung des Rotors nach Anspruch 15, wobei die Stromerzeugungsvorrichtung Wind- und/oder Wasserkraftanlagen umfasst oder ausgelegt ist, von einem Fahrzeug erzeugte rotatorische Kräfte und/oder Momente in elektrische Energie umzuwandeln.
17. Verwendung des Rotors nach einem Ansprüche 1 bis 10 in einer als Nabenmotor und/oder -generator für ein Fahrzeug

ausgeführten elektrischen Maschine (100; 800; 1000;
1500).

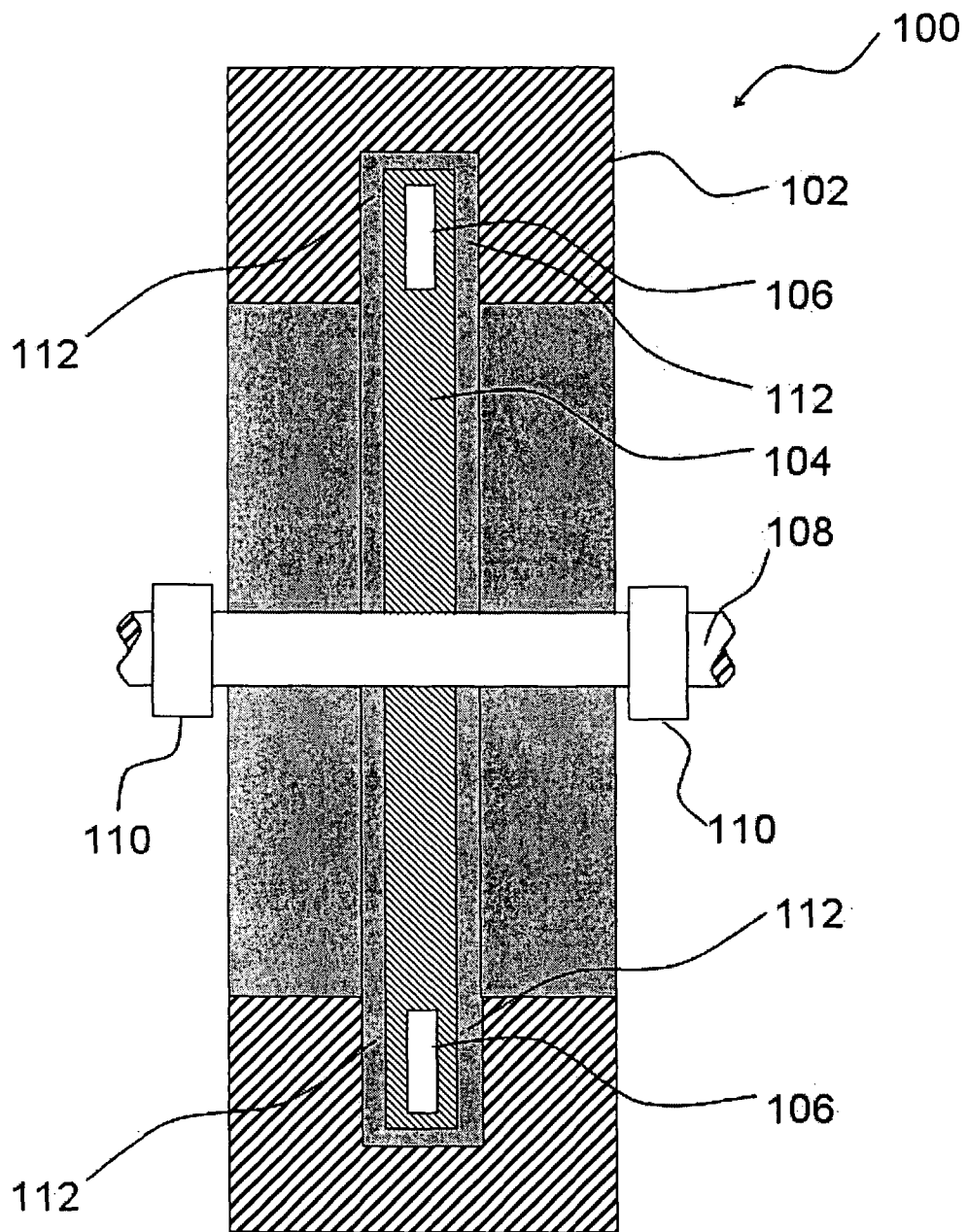


Fig. 1

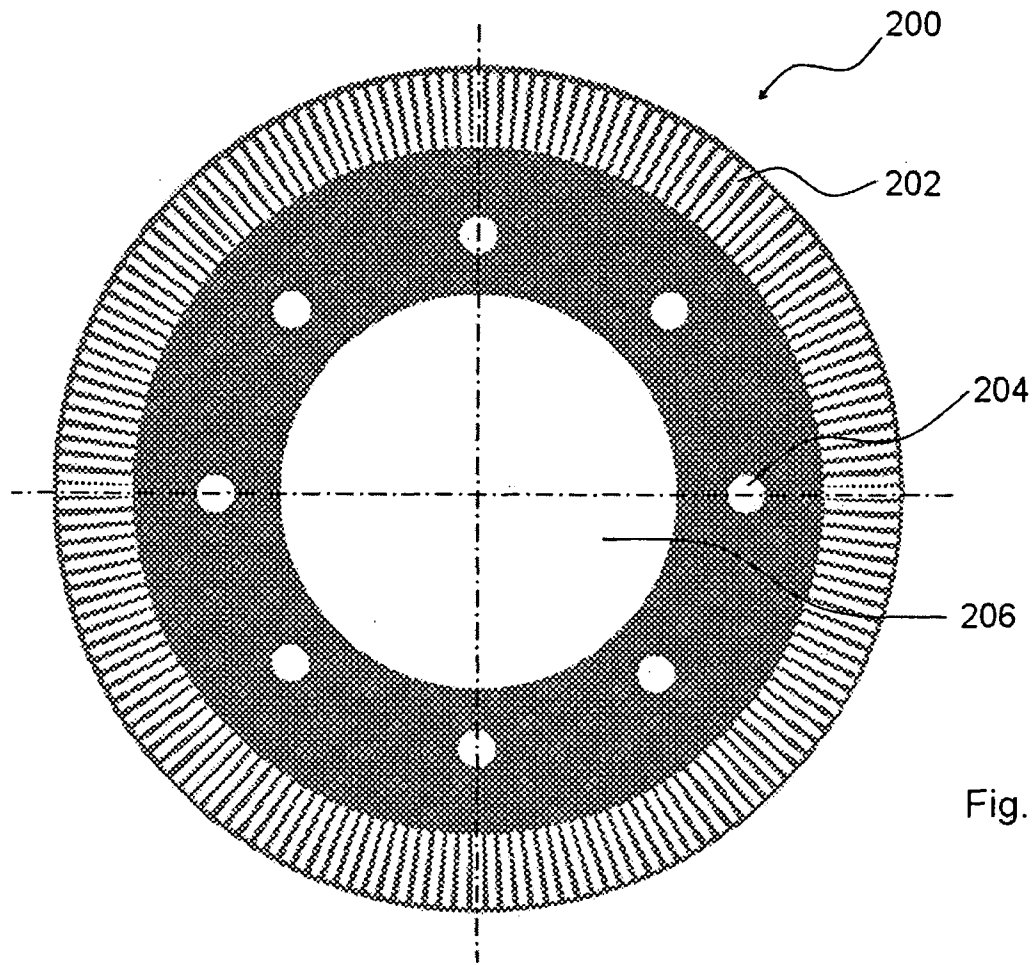


Fig. 2

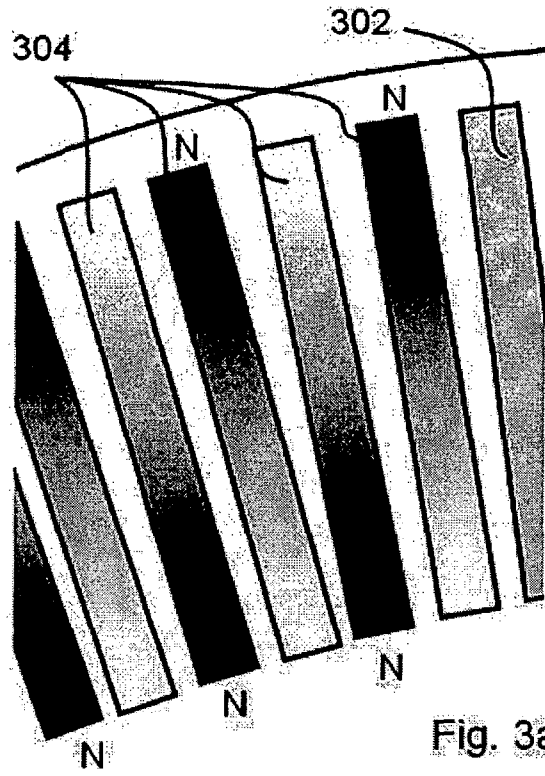


Fig. 3a

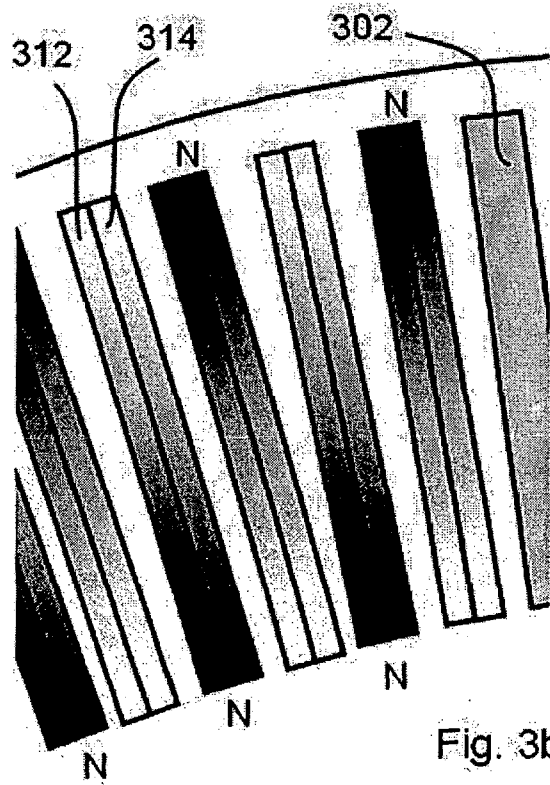


Fig. 3b

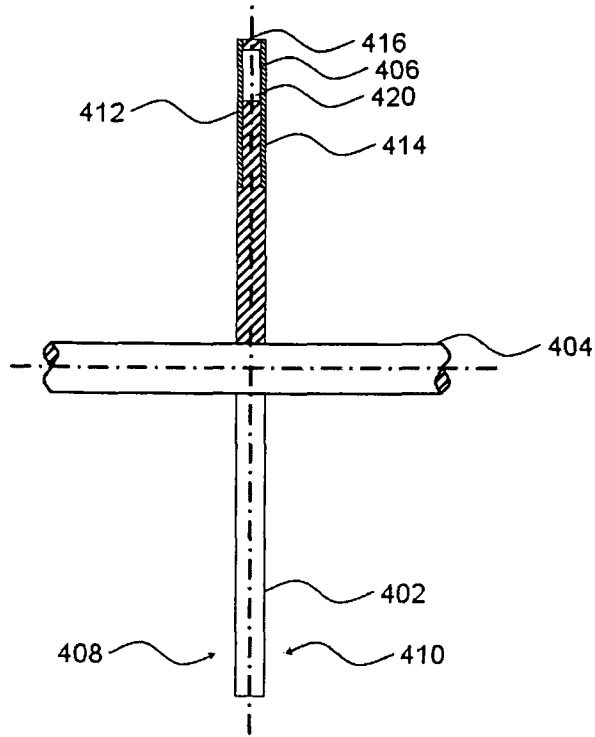


Fig. 4a

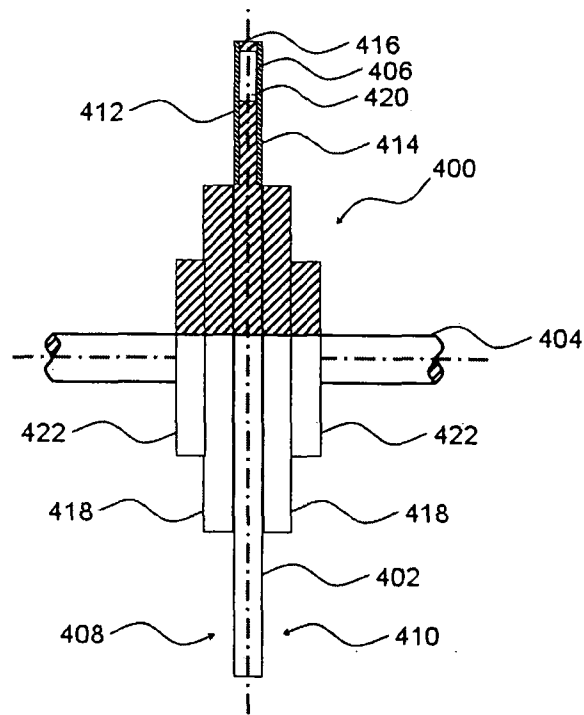


Fig. 4b

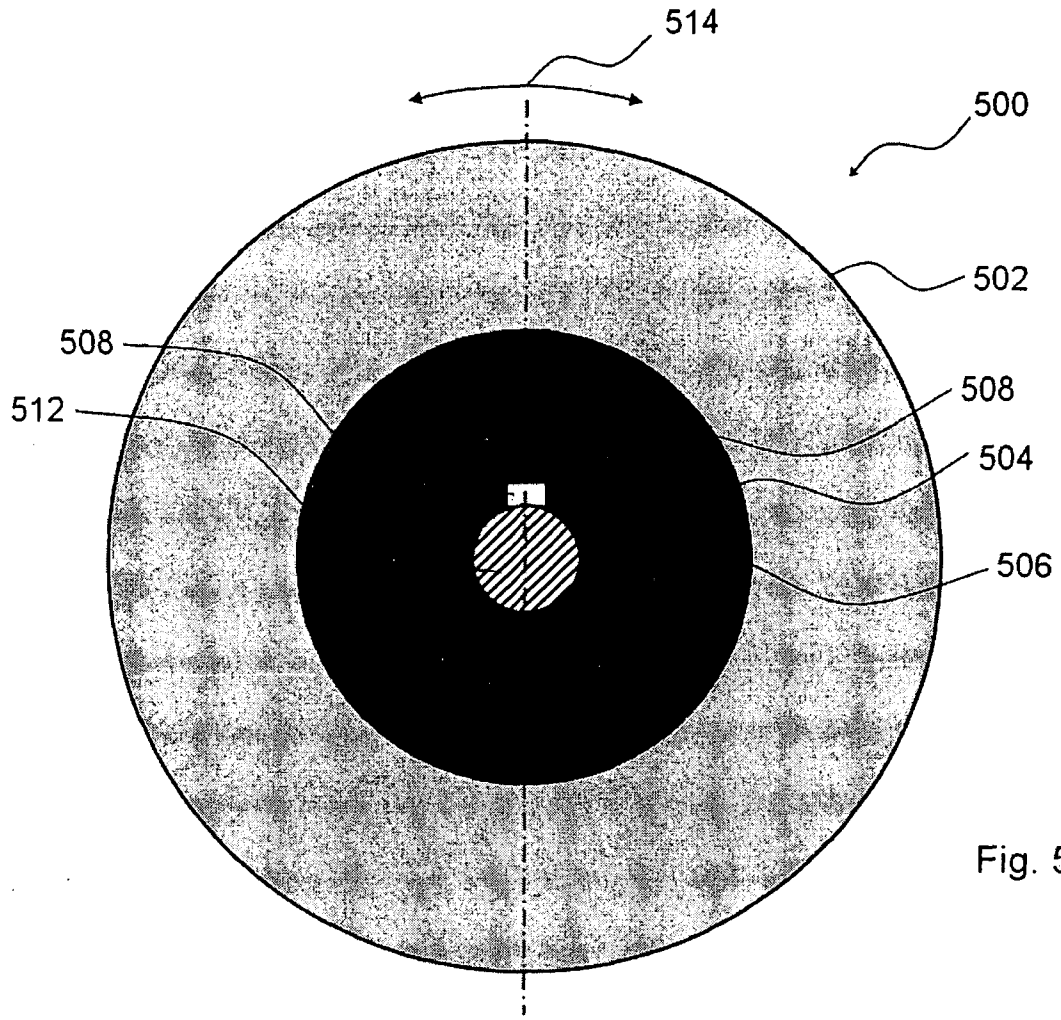


Fig. 5

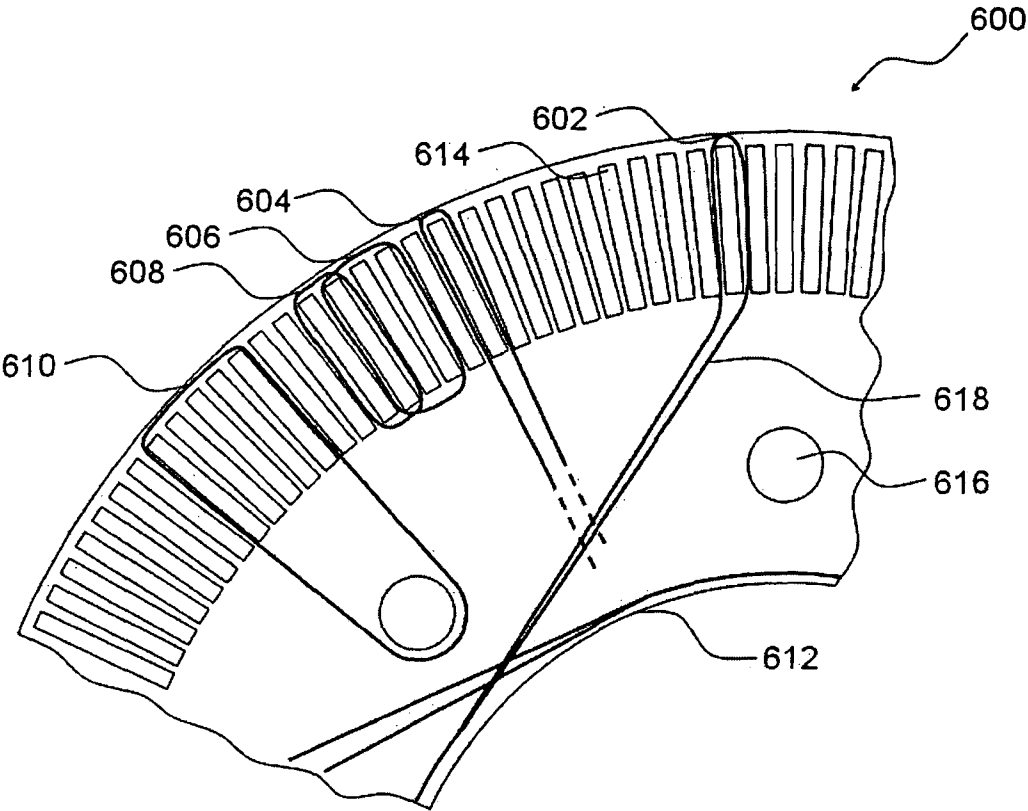


Fig. 6

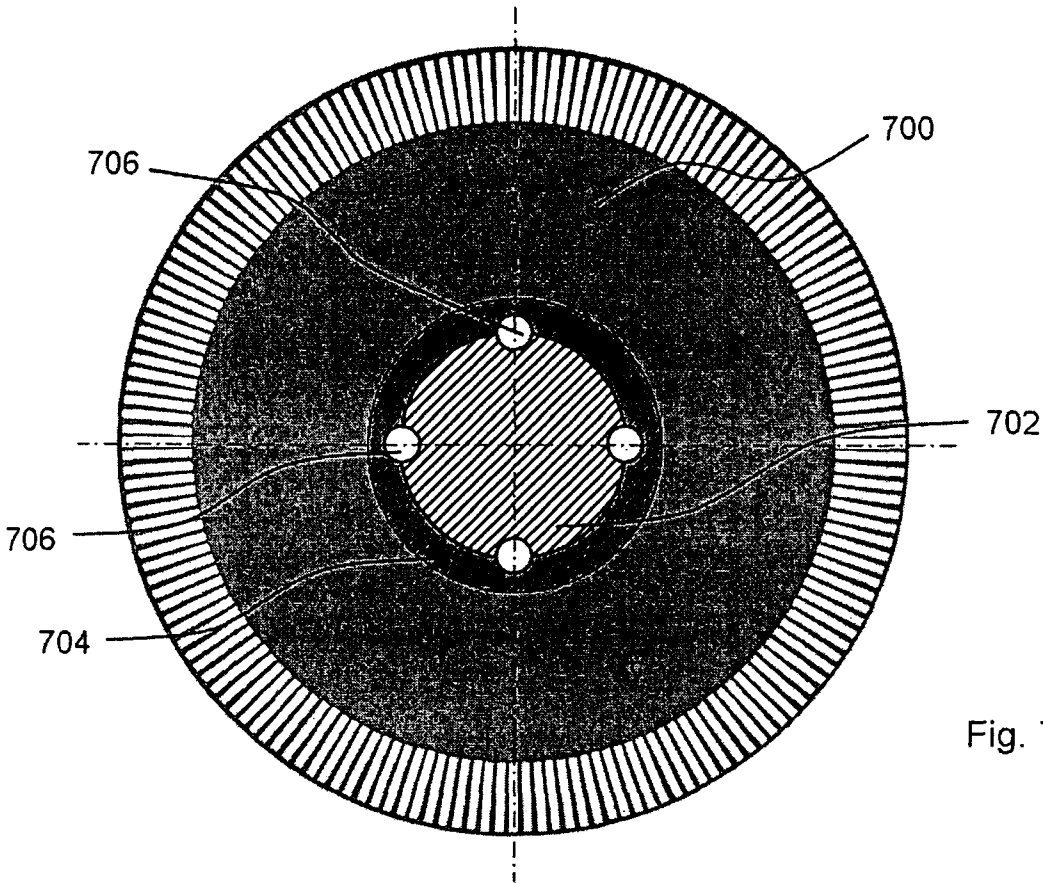
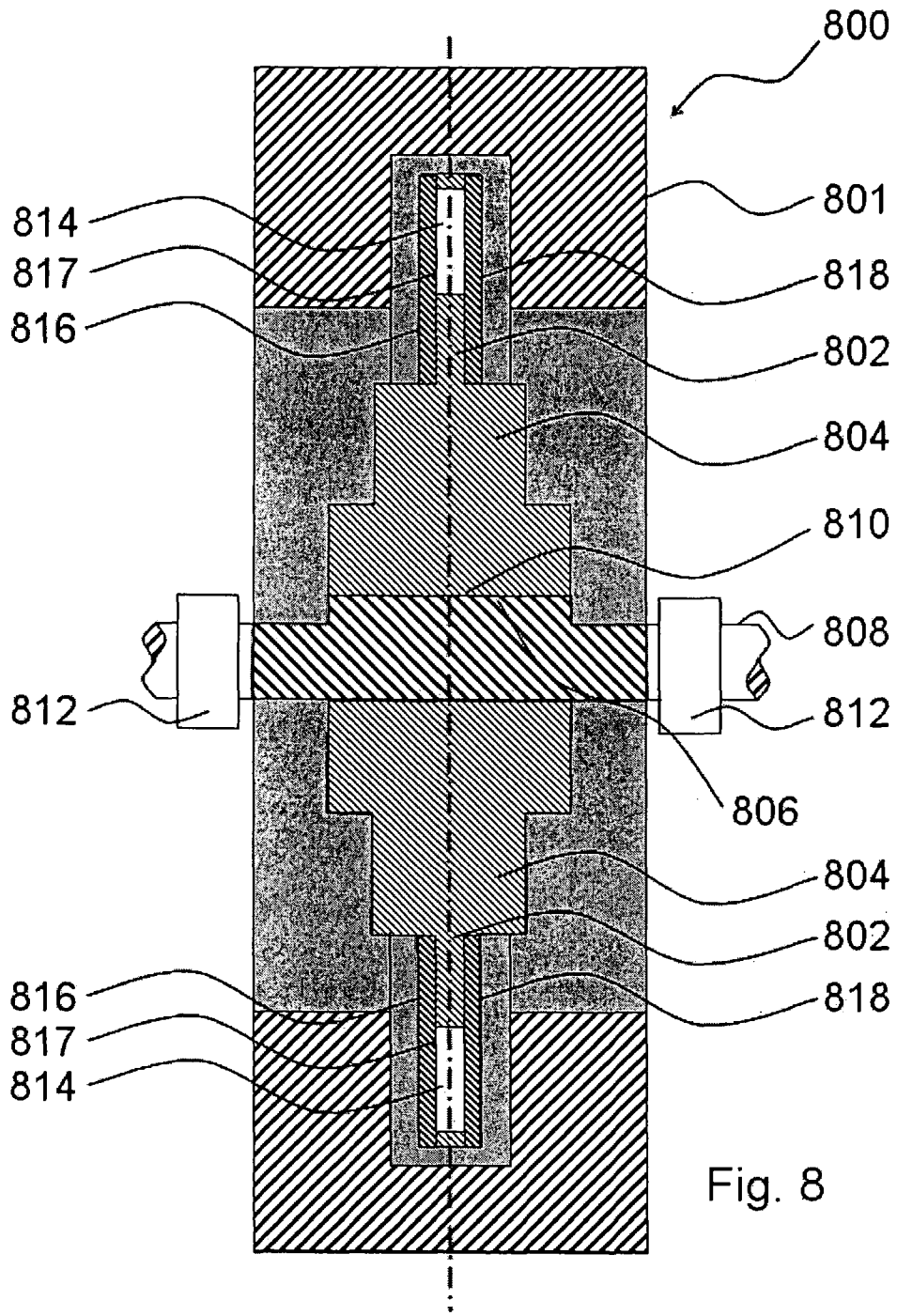


Fig. 7



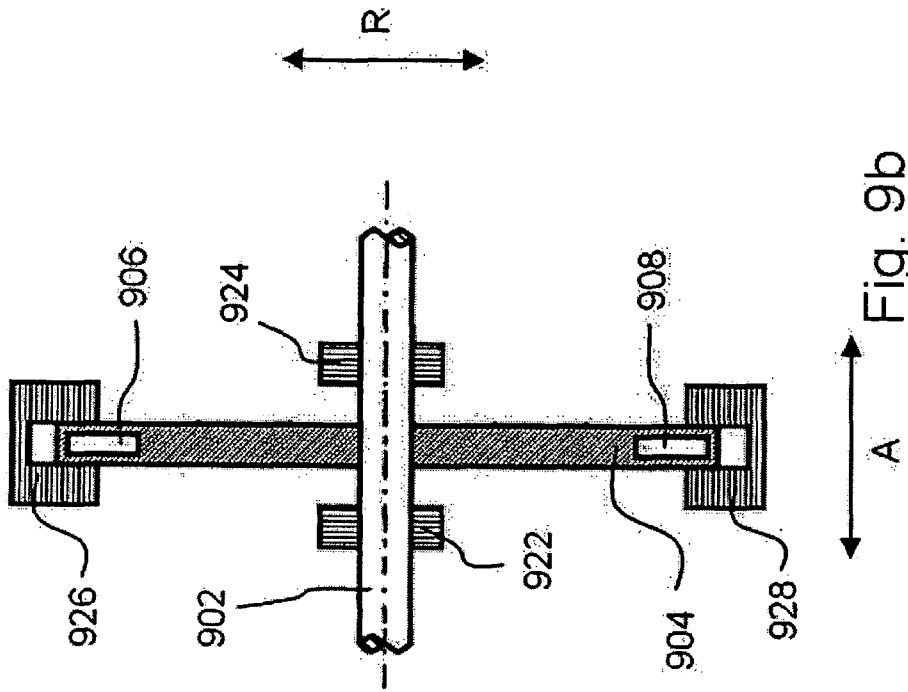


Fig. 9a

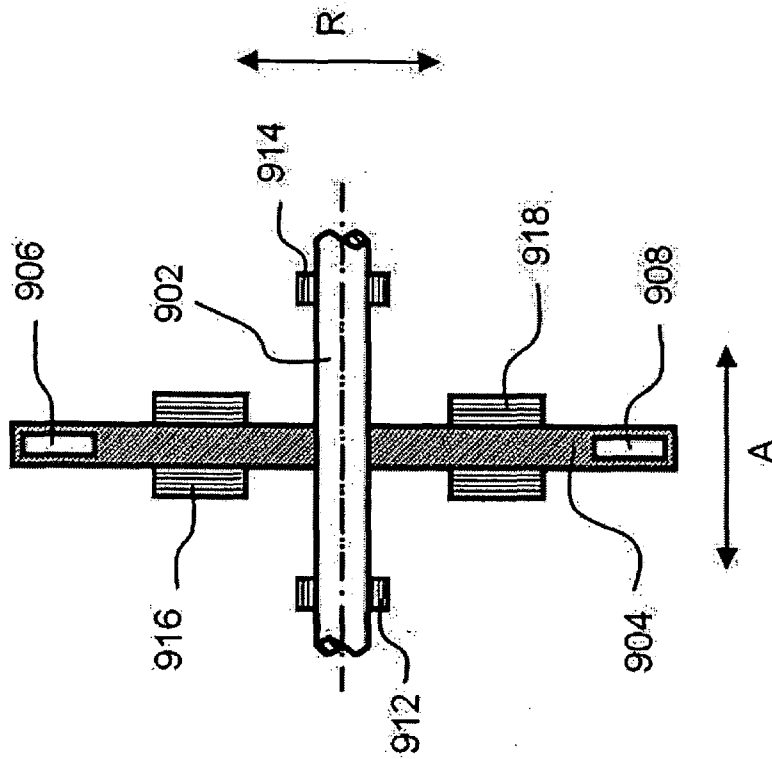


Fig. 9b

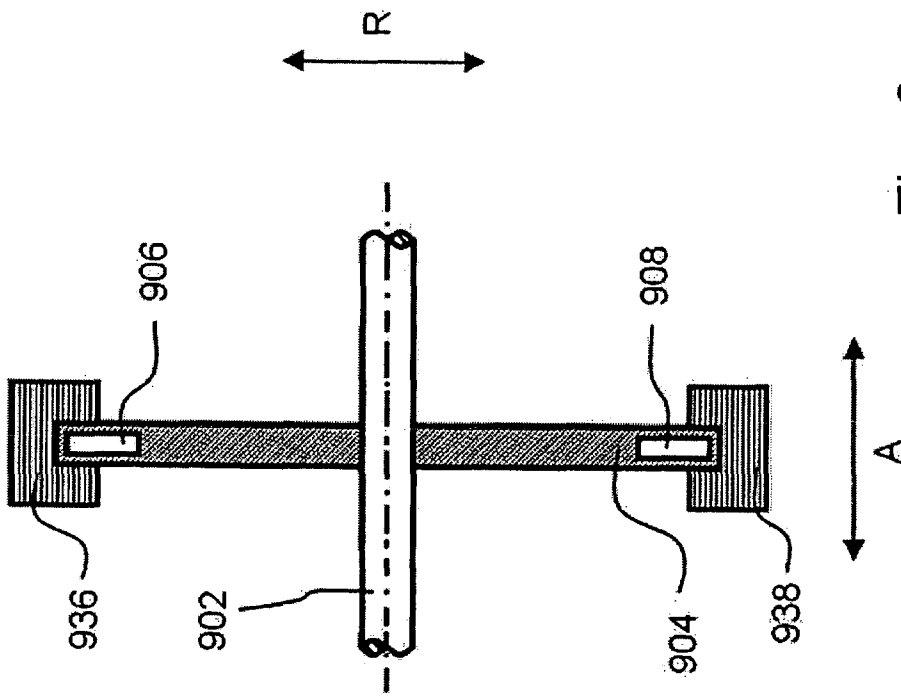


Fig. 9c

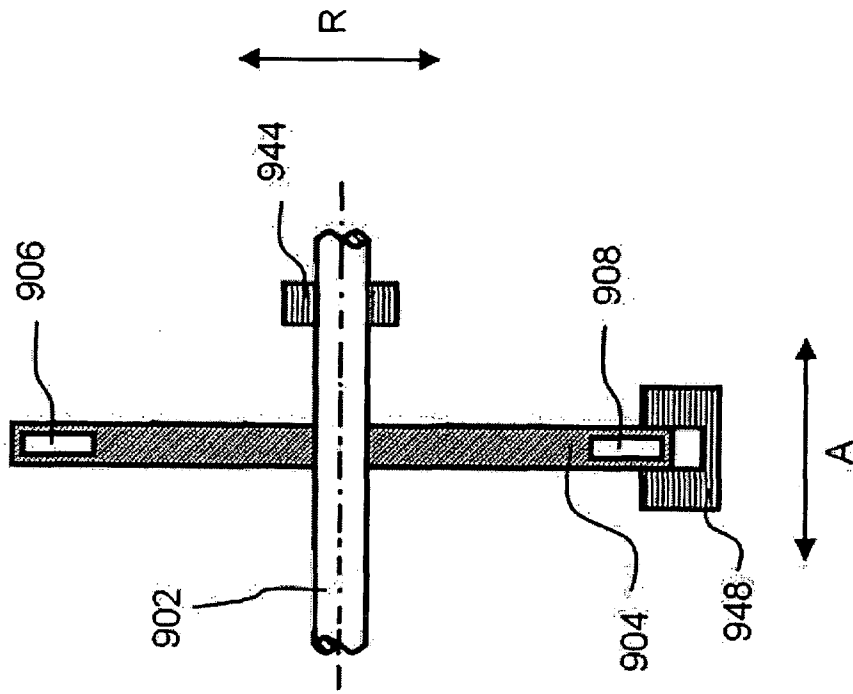


Fig. 9d

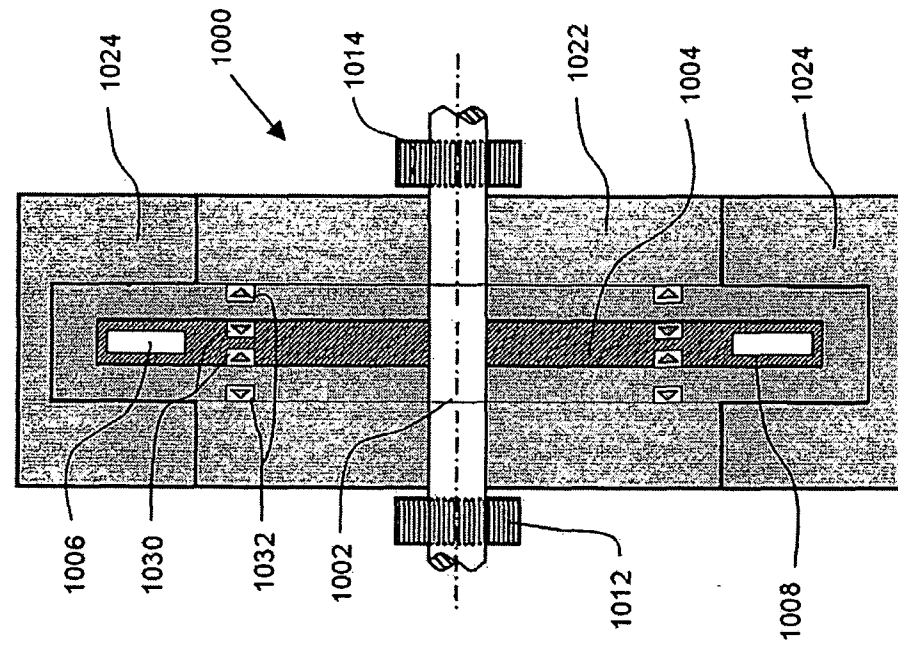


Fig. 10b

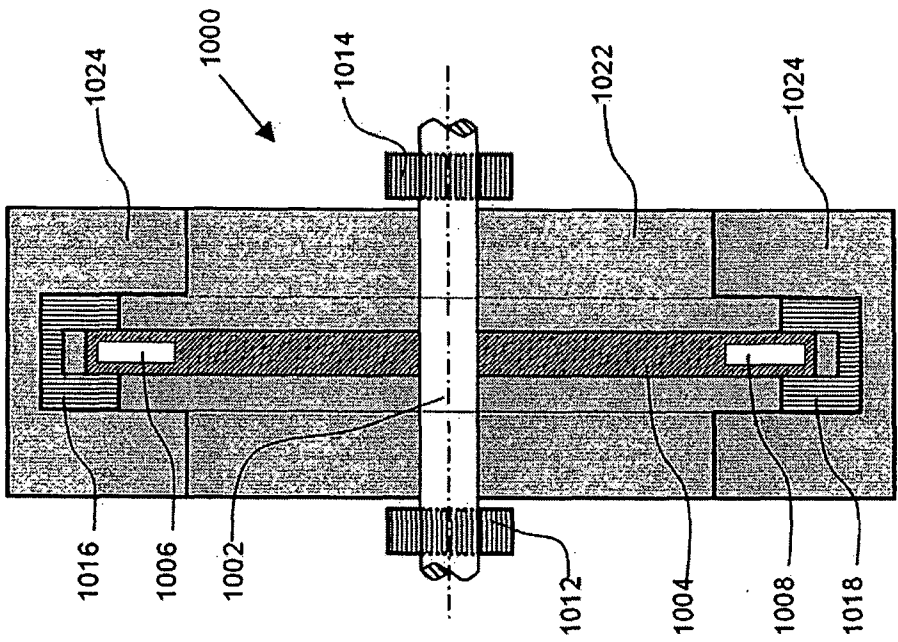


Fig. 10a

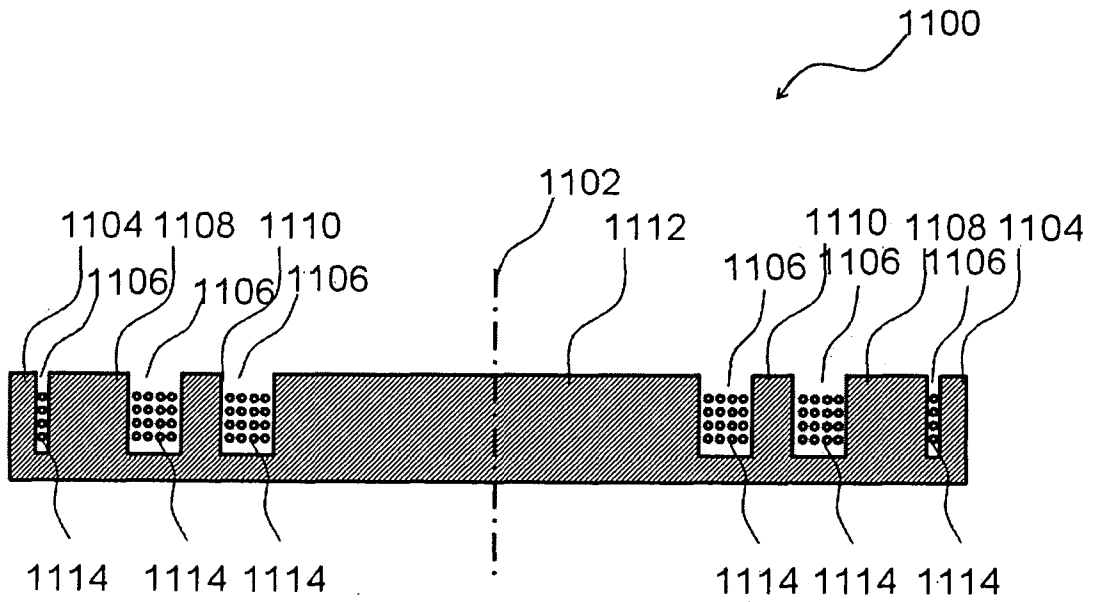


Fig. 11

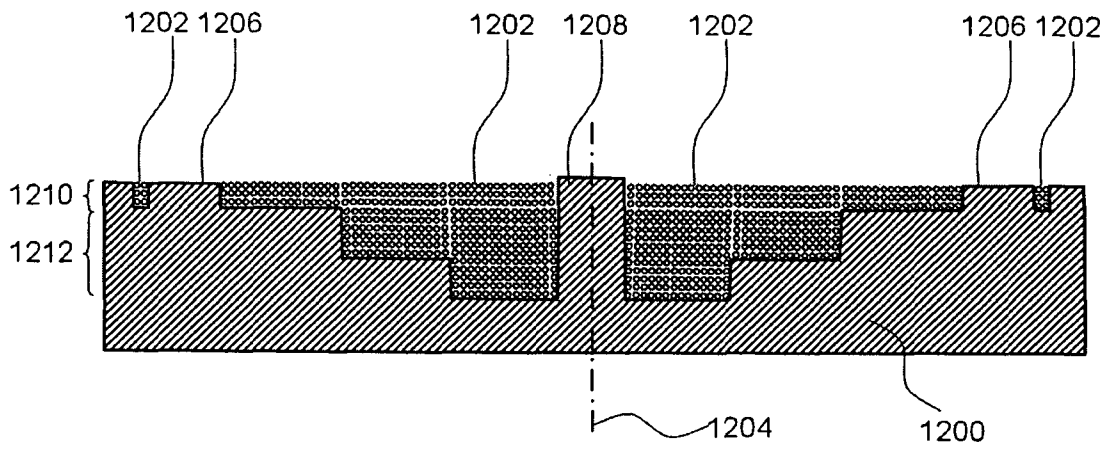


Fig. 12

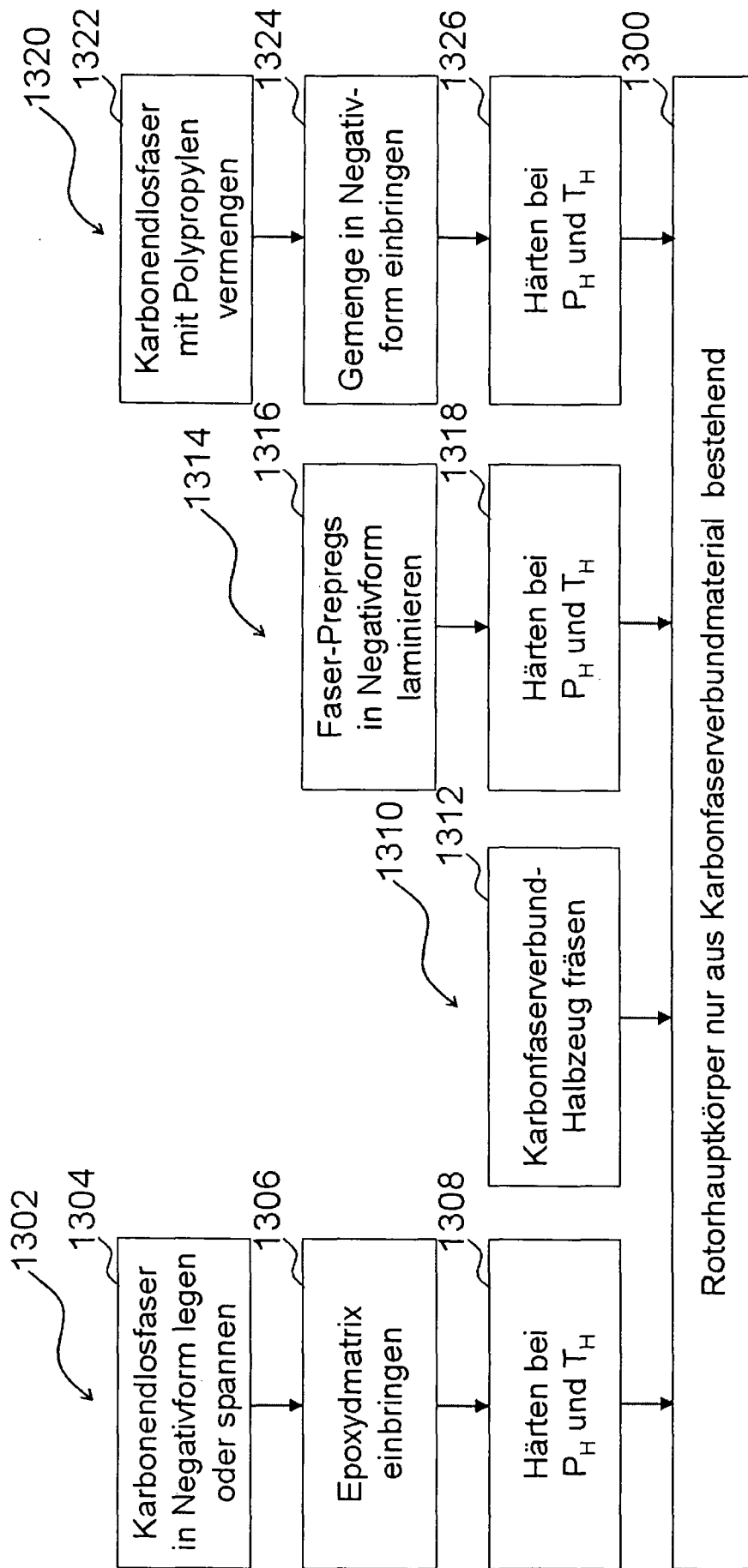


Fig. 13

Stand der Technik

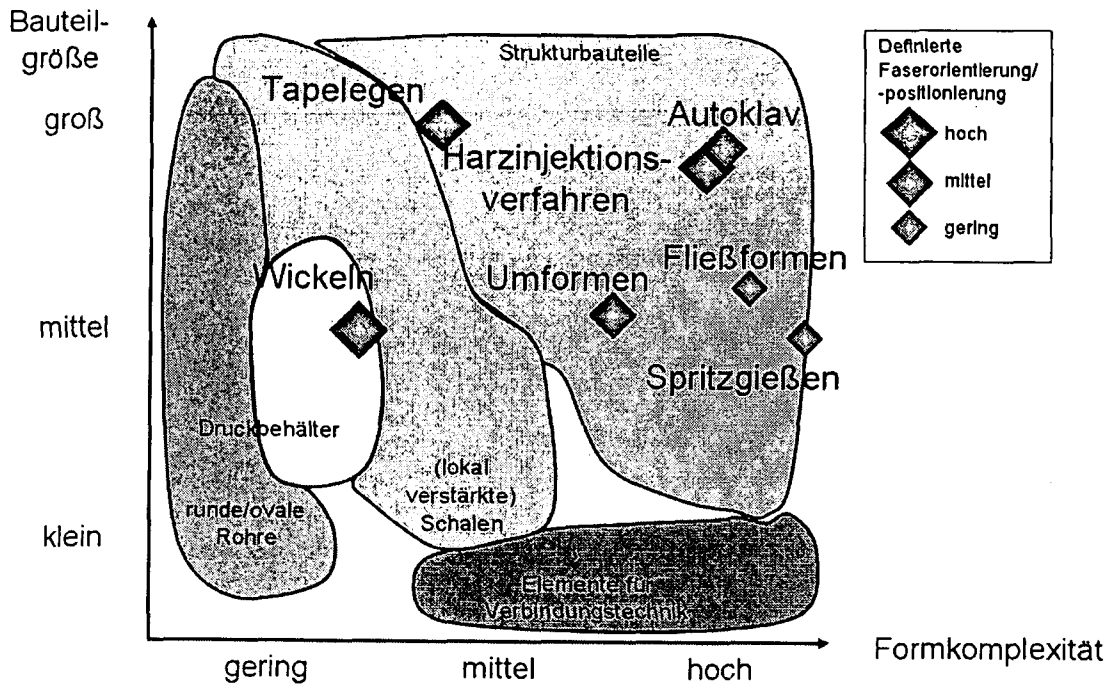


Fig. 14

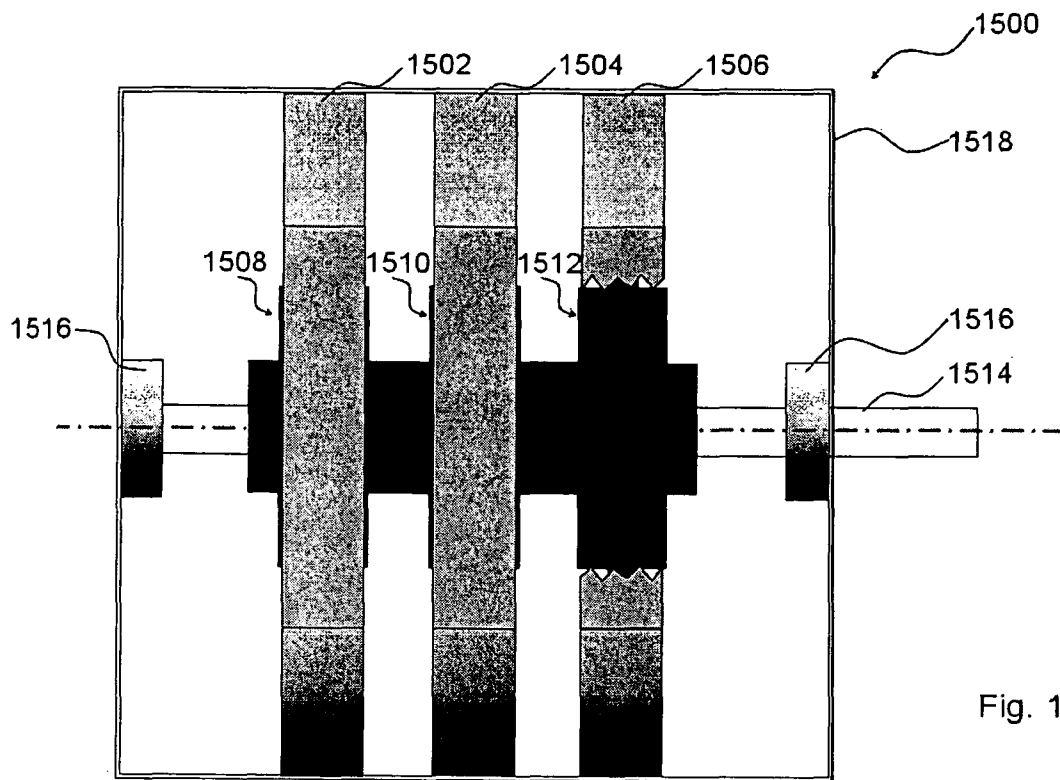


Fig. 15

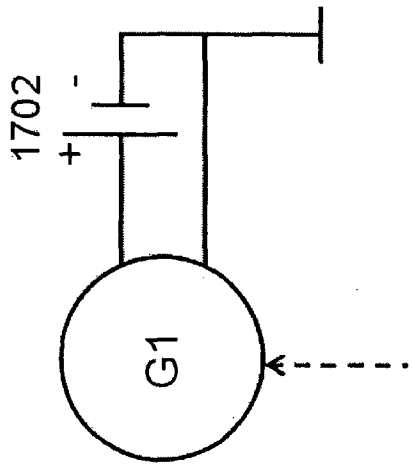


Fig. 17a

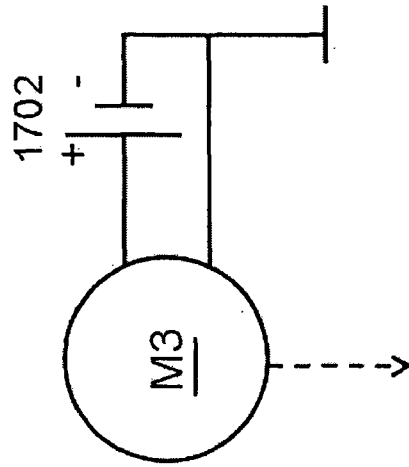


Fig. 17b

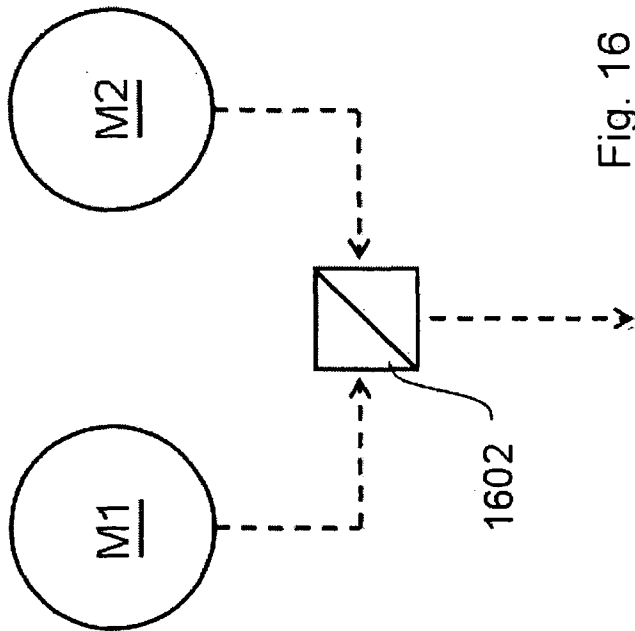


Fig. 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/007238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02K1/27 H02K1/28 H02K15/03

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)
 H02K

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2006/138890 A1 (KATO TAKASHI [JP]) 29 June 2006 (2006-06-29) paragraph [0025] - paragraph [0044]; figures 1,4-7	1,3,5-7, 11-17 2,4,8-10
P,X	WO 2009/038714 A (LIGHT ENGINEERING INC [US]) 26 March 2009 (2009-03-26) page 15, line 10 - page 20, line 20; figures 2-4	1,3

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 15 Februar 2010	Date of mailing of the international search report 05/03/2010
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Sedlmeyer, Rafael
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/007238

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006138890 A1	29-06-2006	JP 2006174554 A	29-06-2006
WO 2009038714 A	26-03-2009	US 2009072639 A1	19-03-2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/007238

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006138890 A1	29-06-2006	JP 2006174554 A	29-06-2006
WO 2009038714 A	26-03-2009	US 2009072639 A1	19-03-2009