(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2023 000 235 T5** 2024.07.04

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2024/089933**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 000 235.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/022482**
(86) PCT-Anmeldetag: **16.06.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.05.2024**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **04.07.2024**

(51) Int Cl.: ***H02K 1/27*** (2022.01)
H02K 15/03 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2022-169931 24.10.2022 JP

(71) Anmelder:
Murata Manufacturing Co., Ltd., Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP

(74) Vertreter:
Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538 München, DE

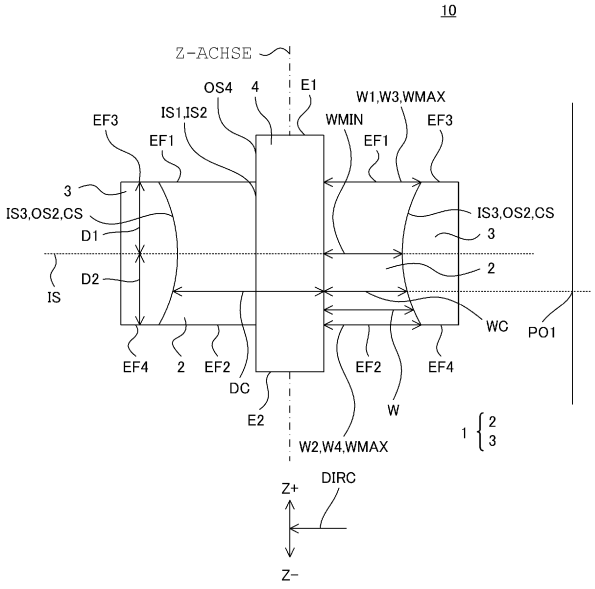
(72) Erfinder:
Saito, Mitsuhiro, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP; Kishimoto, Daiki, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP; Yamamoto, Ryosuke, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP; Nansaka, Takuya, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP; Ishizuka, Kazuyoshi, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP; Amano, Hisato, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP; Natsumeda, Mitsutoshi, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ROTORELEMENT, ROTOR, ELEKTRISCHE DREHMASCHINE, BÜRSTENLOSER MOTOR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES ROTORELEMENTS**

(57) Zusammenfassung: Ein Rotorelement weist auf: einen weichmagnetischen Körper, der ein aus weichmagnetischem Pulver gebildeter röhrenartiger Formkörper ist und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche hat, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist, aufweist; und einen hartmagnetischen Körper, der ein aus hartmagnetischem Pulver gebildeter röhrenartiger Formkörper ist, eine dritte Endfläche, die in die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche, die in die zweite Richtung weist, aufweist und mit einer Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, in Kontakt ist. Eine Kontaktfläche zwischen dem weichmagnetischen Körper und dem hartmagnetischen Körper hat eine Form, die in einer der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht. Eine Position in der ersten Richtung, an der eine Breite eines Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, unterscheidet sich von einer Position der ersten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der zweiten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der dritten Endfläche in der ersten Richtung und einer Position der vierten Endfläche in der ersten Richtung.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Rotorelement, das in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird, einen Rotor, der ein Rotorelement aufweist, eine elektrische Drehmaschine, die ein Rotorelement enthält, einen bürstenlosen Motor, der ein Rotorelement enthält, und ein Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements, das in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Als eine Erfindung, die ein Rotorelement aus dem Stand der Technik betrifft, ist zum Beispiel ein in Patentdokument 1 beschriebener Motorrotor bekannt. Der im Patentdokument 1 beschriebene Motorrotor weist einen weichmagnetischen Jochabschnitt und einen Magnetabschnitt auf. Ein Material des weichmagnetischen Jochabschnitts ist weichmagnetisches Pulver, das ein Bindemittel enthält. Ein Material des Magnetteils ist Magnetpulver, das ein Bindemittel enthält. Das weichmagnetische Pulver, das das Bindemittel enthält, und das Magnetpulver, das das Bindemittel enthält, sind einstückig gegossen.

DRUCKSCHRIFT AUS DEM STAND DER TECHNIK

PATENTDOKUMENT

[0003] Patentdokument 1: Japanische Patentoffenlegung Nr. 2007-074888

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Durch die Erfindung zu lösende Aufgabe

[0004] Im Übrigen besteht die Forderung nach einer Verbesserung der Haftfestigkeit zwischen dem weichmagnetischen Jochteil und dem Magnetteil in dem in Patentdokument 1 beschriebenen Motorrotor.

[0005] Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Rotorelement, einen Rotor, eine elektrische Drehmaschine, einen bürstenlosen Motor und ein Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements bereitzustellen, die eine Verbesserung der Befestigungsstärke zwischen einem weichmagnetischen Körper und einem hartmagnetischen Körper ermöglichen.

Mittel zur Lösung des Problems

[0006] Ein Rotorelement gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist
ein Rotorelement, das in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird, wobei das Rotorelement aufweist:

einen weichmagnetischen Körper, der ein Formkörper ist, der eine Röhrenform hat und aus weichmagnetischem Pulver gebildet ist und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche hat, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist; und

einen hartmagnetischen Körper, der ein Formkörper ist, der eine Röhrenform hat und aus hartmagnetischem Pulver gebildet ist, eine dritte Endfläche hat, die in die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche hat, die in die zweite Richtung weist, und in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, mit einer Außenumfangsfläche oder einer Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist,

wobei eine Kontaktfläche zwischen dem weichmagnetischen Körper und dem hartmagnetischen Körper eine Form hat, die in einer der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die in der Radialrichtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, und

eine Position in der ersten Richtung, an der eine Breite eines Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, sich von einer Position der ersten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der zweiten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der dritten Endfläche in der ersten Richtung und einer Position der vierten Endfläche in der ersten Richtung unterscheidet.

[0007] Ein Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist
ein Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements,
wobei das Rotorelement in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird und aufweist:

einen weichmagnetischen Körper, der eine Röhrenform hat und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist, aufweist; und

einen hartmagnetischen Körper, der eine Röhrenform hat, eine dritte Endfläche hat, die in

die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche hat, die in die zweite Richtung weist, und in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, mit einer Außenumfangsfläche oder einer Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist,

wobei das Verfahren umfasst:

einen Schritt zum Bilden eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers, bei dem durch Formpressen eines hartmagnetischen Pulvers ein vorläufiger hartmagnetischer Körper gebildet wird, in dem isotropes Magnetpulver und erstes Bindemittelpulver gemischt sind;

einen Füllschritt zum Befüllen einer Matrize derart, dass weichmagnetisches Pulver, in dem Eisenpulver und zweites Bindemittelpulver gemischt sind, und der vorläufige hartmagnetische Körper nach dem Schritt zum Bilden eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers in der Radialrichtung fluchten und miteinander in Kontakt sind; und

einen Rotorelementbildungsschritt zum Bilden des Rotorelements durch Formpressen des weichmagnetischen Pulvers und des vorläufigen hartmagnetischen Körpers aus der ersten Richtung, nach dem Füllschritt,

wobei in dem Rotorelementbildungsschritt ein Druck zum Pressen des vorläufigen hartmagnetischen Körpers höher ist als ein Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers.

Vorteilhafte Wirkung der Erfindung

[0008] Erfindungsgemäß ist es möglich, das Rotorelement, den Rotor, die elektrische Drehmaschine, den bürstenlosen Motor und das Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements bereitzustellen, die die Verbesserung der Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper und dem hartmagnetischen Körper ermöglichen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Rotors 10.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht des Rotors 10, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 3 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 zeigt.

Fig. 4 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Herstellungsschritt des Rotorelements 1 zeigt.

Fig. 5 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Herstellungsschritt des Rotorelements 1 zeigt.

Fig. 6 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Herstellungsschritt des Rotorelements 1 zeigt.

Fig. 7 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Herstellungsschritt des Rotorelements 1 zeigt.

Fig. 8 ist eine perspektivische Außenansicht eines bürstenlosen Motors 100, in dem das Rotorelement 1 verwendet wird.

Fig. 9 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung des bürstenlosen Motors 100, in dem das Rotorelement 1 verwendet wird.

Fig. 10 ist eine Schnittansicht eines Rotors 20 gemäß einem Vergleichsbeispiel, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 11 ist eine Modelldarstellung eines Schertests des Rotorelements 1.

Fig. 12 ist eine Modelldarstellung eines Schertests eines Rotorelements 6 gemäß einem Vergleichsbeispiel.

Fig. 13 zeigt die Ergebnisse der Schertests des Rotorelements 1 und des Rotorelements 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel.

Fig. 14 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10a, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 15 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10b, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 16 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10c, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 17 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10d, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 18 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10e, aufgenommen entlang der Linie A-A.

Fig. 19 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10f, aufgenommen entlang der Linie A-A.

MODUS ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[Erste Ausführungsform]

(Konfiguration des Rotors 10)

[0009] Nachfolgend wird eine Konfiguration eines Rotors 10 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 1 ist eine perspektivische Ansicht des Rotors 10. **Fig.** 2 ist eine Schnittansicht des Rotors 10, aufgenommen entlang der Linie A-A.

[0010] Der Rotor 10 wird für einen bürstenlosen Motor 100 verwendet, der später beschrieben wird. Der bürstenlose Motor 100 ist ein Beispiel für eine erfindungsgemäße „elektrische Drehmaschine“

[0011] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, weist der Rotor 10 eine Welle 4 und ein Rotorelement 1. Wie in **Fig.** 1 dargestellt, hat die Welle 4 eine Form, die sich in einer Z+ Richtung (positiven Z Richtung) erstreckt, die eine positive Richtung einer Z-Achse (negative -). ist. Genauer hat die Welle 4 eine Säulenform. Eine Mittelachse der Welle 4 ist die Z-Achse. Darüber hinaus hat die Welle 4 ein erstes Ende E1 und ein zweites Ende E2. Das erste Ende E1 befindet sich in der Z+ Richtung in Bezug auf ein Ende des Rotorelements 1 in der Z+ Richtung. Das zweite Ende E2 befindet sich in einer Z- Richtung (negativen Z Richtung) in Bezug auf ein Ende des Rotorelements 1 in der Z-Richtung, die eine negative Richtung der Z-Achse ist. Die Z-Richtung ist eine der Z+ Richtung entgegengesetzte Richtung. Darüber hinaus entspricht die Z+ Richtung einer „ersten Richtung“ der vorliegenden Erfindung. Die Z- Richtung entspricht einer „zweiten Richtung“ der vorliegenden Erfindung. Sowohl die Z+ Richtung als auch die Z- Richtung liegen entlang der Z-Achse.

[0012] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, weist das Rotorelement 1 einen weichmagnetischen Körper 2 und einen hartmagnetischen Körper 3 auf. Das Rotorelement 1 hat eine zylindrische Form. Eine Mittelachse des Rotorelements 1 ist die Z-Achse. Das bedeutet, die Mittelachse des Rotorelements 1 fällt mit der Mittelachse der Welle 4 zusammen. Darüber hinaus ist das Rotorelement 1 so angeordnet, dass eine Innenkante des Rotorelements 1 mit einer Außenkante der Welle 4 in Z- Richtung gesehen zusammenfällt. Das bedeutet, wie in **Fig.** 2 dargestellt, ist eine Außenumfangsfläche OS4 der Welle 4 in einer Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit einer Innenumfangsfläche IS1 des Rotorelements 1 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist.

[0013] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, hat der weichmagnetische Körper 2 eine zylindrische Form. Eine Mittelachse des weichmagnetischen Körpers 2 ist die Z-Achse. Das bedeutet, die Mittelachse des weichmagnetischen Körpers 2 fällt mit der Mittelachse der Welle 4 zusammen. Darüber hinaus hat sowohl eine Innenkante des weichmagnetischen Körpers 2 als auch eine Außenkante des weichmagnetischen Körpers 2 in Z- Richtung gesehen eine Kreisform. Darüber hinaus ist der weichmagnetische Körper 2 so angeordnet, dass der innere Rand des weichmagnetischen Körpers 2 mit dem äußeren Rand der Welle 4 in Z- Richtung gesehen zusammenfällt. Das bedeutet, wie in **Fig.** 2 dargestellt, ist die Außenumfangsfläche OS4 der Welle 4 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse in Kontakt mit einer Innenumfangsfläche IS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse. Somit ist der weichmagnetische Körper 2 in Kontakt mit der Außenumfangsfläche OS4 der Welle 4 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist.

[0014] Wie in **Fig.** 2 dargestellt, hat der weichmagnetische Körper 2 eine erste Endfläche EF1 und eine zweite Endfläche EF2. Genauer befindet sich die erste Endfläche EF1 an einem Ende des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung. Darüber hinaus weist die erste Endfläche EF1 in die Z+ Richtung. Das bedeutet, eine Normalenrichtung der ersten Endfläche EF1 ist die Z+ Richtung. Die zweite Endfläche EF2 befindet sich an einem Ende des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z- Richtung. Darüber hinaus weist die zweite Endfläche EF2 in die Z-Richtung. Das bedeutet, eine Normalenrichtung der zweiten Endfläche EF2 ist die Z- Richtung. Darüber hinaus hat jeder der inneren Kante der ersten Endfläche EF1 in Z- Richtung, der äußeren Kante der ersten Endfläche EF1 in Z- Richtung, der inneren Kante der zweiten Endfläche EF2 in Z+ Richtung und der äußeren Kante der zweiten Endfläche EF2 in Z+ Richtung eine Kreisform.

[0015] Der weichmagnetische Körper 2 ist ein weichmagnetischer Körper. Der weichmagnetische Körper wird magnetisiert, wenn ein Magnetfeld von außen angelegt wird. Danach, wenn das Anlegen des Magnetfeldes beendet wird, verliert der weichmagnetische Körper seine Magnetisierung. Ein Material des weichmagnetischen Körpers ist z. B. Eisen.

[0016] Der weichmagnetische Körper 2 ist ein aus weichmagnetischem Pulver 21 gebildeter Formkörper. Das Material des weichmagnetischen Pulvers 21 enthält z. B. Eisen und ein Bindemittel. Eisen ist ein Beispiel für einen weichmagnetischen Körper. Das Bindemittel ist z. B. Harz. Das weichmagnetische Pulver 21 ist z. B. eine Mischung aus Eisenpulver und Epoxidharzpulver als Beispiel für ein Bindemittelpulver. Ein Verfahren zur Herstellung des weichmagnetischen Körpers 2 wird später beschrieben.

[0017] Wie in **Fig.** 1 dargestellt, hat der hartmagnetische Körper 3 eine zylindrische Form. Eine Mittelachse des hartmagnetischen Körpers 3 ist die Z-Achse. Das bedeutet, die Mittelachse des hartmagnetischen Körpers 3 fällt mit der Mittelachse der Welle 4 zusammen. Darüber hinaus hat sowohl eine Innenkante des hartmagnetischen Körpers 3 als auch eine Außenkante des hartmagnetischen Körpers 3 in Z- Richtung gesehen eine Kreisform. Darüber hinaus ist der hartmagnetische Körper 3 so angeordnet, dass der innere Rand des hartmagnetischen Körpers 3 mit dem äußeren Rand des weichmagnetischen Körpers 2 in Z- Richtung gesehen zusammenfällt. Das bedeutet, wie in **Fig.** 2 dargestellt, ist eine Innenumfangsfläche IS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit einer Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert

ist. Somit ist der hartmagnetische Körper 3 in Kontakt mit der Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. Darüber hinaus ist der hartmagnetische Körper 3, wie in den **Fig.** 1 und 2 dargestellt, nicht in Kontakt mit der Innenumfangsfläche IS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist.

[0018] Wie in **Fig.** 2 dargestellt, hat der hartmagnetische Körper 3 eine dritte Endfläche EF3 und eine vierte Endfläche EF4. Genauer befindet sich die dritte Endfläche EF3 an einem Ende des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung. Darüber hinaus weist die dritte Endfläche EF3 in die Z+ Richtung. Das bedeutet, eine Normalenrichtung der dritten Endfläche EF3 ist die Z+ Richtung. Die vierte Endfläche EF4 befindet sich an einem Ende des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z- Richtung. Darüber hinaus weist die vierte Endfläche EF4 in die Z-Richtung. Das bedeutet, eine Normalenrichtung der vierten Endfläche EF4 ist die Z- Richtung. Darüber hinaus haben die innere Kante der dritten Endfläche EF3 in Z- Richtung, die äußere Kante der dritten Endfläche EF3 in Z- Richtung, die innere Kante der vierten Endfläche EF4 in Z+ Richtung und die äußere Kante der vierten Endfläche EF4 in Z+ Richtung eine Kreisform.

[0019] Der hartmagnetische Körper 3 ist ein hartmagnetischer Körper. Der hartmagnetische Körper wird magnetisiert, wenn ein Magnetfeld von außen angelegt wird. Danach verliert der hartmagnetische Körper seine Magnetisierung nicht mehr, wenn das Anlegen des Magnetfeldes beendet wird. Ein Material des hartmagnetischen Körpers ist ein Magnet.

[0020] Der hartmagnetische Körper 3 ist ein aus hartmagnetischem Pulver 31 gebildeter Formkörper. Das Material des hartmagnetischen Pulvers 31 enthält z. B. einen Magneten und ein Bindemittel. Der Magnet ist zum Beispiel ein Seltenerdmagnet wie ein Neodym-Magnet. Das Bindemittel ist z. B. Harz. Das hartmagnetische Pulver 31 ist z. B. eine Mischung aus Neodym-Magnetpulver und Epoxidharzpulver als Beispiel für ein Bindemittelpulver. Ein Verfahren zur Herstellung des hartmagnetischen Körpers 3 wird später beschrieben.

[0021] Wie in **Fig.** 2 dargestellt, ist eine Position der ersten Endfläche EF1 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung gleich einer Position der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung. Darüber hinaus ist eine Position der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung gleich einer Position der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung.

[0022] Die gesamte Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, ist in Flächenkontakt mit der gesamten Innenumfangsfläche IS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, wie in den **Fig.** 1 und 2 dargestellt. Daher wird jede der Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, und der Innenumfangsfläche IS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, als eine Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in der vorliegenden Ausführungsform definiert.

[0023] Wie in **Fig.** 2 dargestellt, hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine Form, die in einer zentripetalen Richtung DIRC vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper 3 in Kontakt mit der Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 ist. In diesem Fall ist die zentripetale Richtung DIRC eine Richtung entgegengesetzt zur Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. Insbesondere ist die zentripetale Richtung DIRC eine Richtung, die orthogonal zur Z-Achse verläuft und der Z-Achse in der Z+ Richtung oder der Z- Richtung entgegengesetzt ist. Mit anderen Worten ist die zentripetale Richtung DIRC eine Richtung, die der Z-Achse in der Z+ Richtung oder der Z- Richtung entgegengesetzt ist. In der vorliegenden Ausführungsform hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine Form, die so gekrümmt ist, dass sie in der zentripetalen Richtung DIRC vorsteht, wie in **Fig.** 2 dargestellt. Darüber hinaus ist die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine gekrümmte Fläche und beinhaltet keine ebene Fläche.

[0024] Da die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 die Form hat, die in der zentripetalen Richtung DIRC auf diese Weise vorsteht, ist eine Position der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in der zentripetalen Richtung DIRC in der Z + Richtung ungleichmäßig, wie in **Fig.** 2 dargestellt. Das bedeutet, eine Breite W eines Abschnitts (der Außenumfangsfläche OS2), der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, bildet, ist in der Z+ Richtung ungleichmäßig.

[0025] Mit anderen Worten ist die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, bildet, ein Abstand (zum

Beispiel ein Abstand WC in **Fig.** 2) zwischen der Innenumfangsfläche IS2 und der Außenumfangsfläche OS2 in der zentripetalen Richtung DIRC an einer ersten Position PO1 in einem Fall, in dem es kein Element (zum Beispiel die Welle 4 in **Fig.** 2), Raum oder ähnliches außer dem weichmagnetischen Körper 2 zwischen der Innenumfangsfläche IS2 und der Außenumfangsfläche OS2 an der ersten Position PO1 außerhalb der Abstände (z.B. die Abstände WC und DC in **Fig.** 2) zwischen der Innenumfangsfläche IS2 und der Außenumfangsfläche OS2 in der zentripetalen Richtung DIRC an einer Position (z.B. die erste Position PO1 in **Fig.** 2) in der Z+ Richtung, wo der weichmagnetische Körper 2 vorhanden ist.

[0026] Eine Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W eine minimale Breite WMIN ist, ist eine Position, die sich von einer beliebigen Position der ersten Endfläche EF1 in der Z+ Richtung, der Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung, der Position der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung und der Position der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung unterscheidet. In der vorliegenden Ausführungsform gibt es nur eine Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W minimiert ist, wie in **Fig.** 2 dargestellt, und die gleich einer Position einer Zwischenfläche IS in der Z+ Richtung ist. Das bedeutet, die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W minimiert ist, ist nur die Position der Zwischenfläche IS in der Z+ Richtung. Hier ist die Zwischenfläche IS eine Fläche, bei der ein Abstand D1 von der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung gleich einem Abstand D2 von der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 ist. Eine solche Zwischenfläche IS ist eine Ebene senkrecht zur Z-Achse, da die Normalenrichtung der dritten Endfläche EF3 die Z+ Richtung ist und die Normalenrichtung der vierten Endfläche EF4 die Z-Richtung ist.

[0027] Darüber hinaus hat der weichmagnetische Körper 2 in der vorliegenden Ausführungsform die folgende Konfiguration. Die Breite W (im Folgenden als „Breite W1“ bezeichnet) an der Position der ersten Endfläche EF1 in der Z+ Richtung ist gleich der Breite W (im Folgenden als „Breite W2“ bezeichnet) an der Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung, und ist eine maximale Breite WMAX des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 bildet (W1 = W2 = WMAX). Die Position der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung ist bei der vorliegenden Ausführungsform gleich der Position der ersten Endfläche EF1 in der Z+ Richtung. Daher ist die Breite W (im Folgenden als „Breite W3“ bezeichnet) an der Position der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung gleich der Breite W1 (W3 = W1). Außerdem ist die Position der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung gleich der Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung. Daher ist die Breite W (im Folgenden als „Breite W4“ bezeichnet) an der Position der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung gleich der Breite W2 (W4 = W2).

(Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1)

[0028] Im Folgenden wird ein Beispiel für ein Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 3 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für das Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 zeigt. **Fig.** 4 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Herstellungsschritt des Rotorelements 1 zeigt. **Fig.** 5 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Herstellungsschritt des Rotorelements 1 zeigt. **Fig.** 6 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Fertigungsschritt des Rotorelements 1 zeigt. **Fig.** 7 ist eine Schnittansicht, aufgenommen entlang der Linie A-A, die ein Beispiel für einen Fertigungsschritt des Rotorelements 1 zeigt.

[0029] Zunächst wird das hartmagnetische Pulver 31 aufgetragen, um einen Spalt zwischen einem Innenstempel IP und einer Außenmatrize ODI, die ein Teil einer Matrize DI ist, in der Z+ Richtung in Bezug auf einen Außenstempel OP zu füllen (**Fig.** 3: Schritt S11). Das hartmagnetische Pulver 31 ist zum Beispiel eine Mischung aus Neodym-Magnetpulver und Epoxidharzpulver. Das Neodym-Magnetpulver ist ein Beispiel für „SeltenerdMagnetpulver“ und „isotropes Magnetpulver“ im Sinne der vorliegenden Erfindung. Das Epoxidharzpulver ist ein Beispiel für ein „Harz“ und ein „erstes Bindemittelpulver“ im Sinne der vorliegenden Erfindung.

[0030] Der Innenstempel IP, der Außenstempel OP und die Außenmatrize ODI haben jeweils eine zylindrische Form. Eine Mittelachse des Innenstempels IP, des Außenstempels OP und der Außenmatrize ODI ist die Z-Achse. Wie in **Fig.** 4 dargestellt, ist der Außenstempel OP in Bezug auf die Außenmatrize ODI in der zentripetalen Richtung DIRC angeordnet. Darüber hinaus ist der Innenstempel IP in der zentripetalen Richtung DIRC in Bezug auf den Außenstempel OP angeordnet. Darüber hinaus ist eine Außenumfangsfläche OSOP des Außenstempels OP in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit einer Innenumfangsfläche ISODI der Außenmatrize ODI in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. Darüber hinaus ist eine Außenumfangsfläche OSIP des Innenstempels IP in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit einer Innenumfangsfläche ISOP des Außenstempels OP in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. Der Innenstempel IP und der Außenstempel OP sind in der positiven Z-Richtung bzw. in der negativen Z- Richtung beweglich.

[0031] Die Matrize DI umfasst die oben beschriebene Außenmatrize ODI und die Innenmatrize IDI. Die Innenmatrize IDI hat eine Säulenform. Eine Mittelachse der Innenmatrize IDI ist die Z-Achse. Wie in **Fig.** 4 dargestellt, ist die Innenmatrize IDI in der zentripetalen Richtung DIRC in Bezug auf den Innenstempel IP angeordnet. Darüber hinaus ist eine Außenumfangsfläche OSIDI der Innenmatrize IDI in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit einer Innenumfangsfläche ISIP des Innenstempels IP in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist.

[0032] Wie in **Fig.** 5 dargestellt, wird das aufgebrachte hartmagnetische Pulver 31 durch den Außenstempel OP, der in Z- Richtung in Bezug auf das hartmagnetische Pulver 31 angeordnet ist, und einen Stempel P, der in Z+ Richtung in Bezug auf das hartmagnetische Pulver 31 angeordnet ist, in Z-Richtung gedrückt. Eine Endfläche des Stempels P in Z- Richtung weist in Z- Richtung. Das bedeutet, dass eine Normalenrichtung der Endfläche des Stempels P in der Z- Richtung die Z- Richtung ist.

[0033] Der Druck zum Pressen des hartmagnetischen Pulvers 31 beträgt z. B. 300 MPa. So wird das hartmagnetische Pulver 31 druckgeformt, um einen vorläufigen hartmagnetischen Körper 32 zu bilden (**Fig.** 3: Schritt S12, ein Schritt zur Bildung eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers). Genauer ist die Dicke des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in der Z+ Richtung gleichmäßig.

[0034] Nach dem Schritt der Bildung des vorläufigen hartmagnetischen Körpers werden das weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 aufgebracht, um die Matrize DI so zu füllen, dass sie in Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse ausgerichtet sind und miteinander in Kontakt stehen, wie in **Fig.** 6 dargestellt (**Fig.** 3: Schritt S13, ein Füllschritt). Konkret handelt es sich bei dem weichmagnetischen Pulver 21 beispielsweise um eine Mischung aus Eisenpulver und Epoxidharzpulver. Das Epoxidharzpulver ist ein Beispiel für ein „Harz“ und ein „zweites Bindemittelpulver“ im Sinne der vorliegenden Erfindung.

[0035] Nach dem Füllschritt werden, wie in **Fig.** 7 dargestellt, das aufgebrachte weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 von dem Innenstempel IP und dem Außenstempel OP, die in Bezug auf das weichmagnetische Pulver 21 bzw. den vorläufigen hartmagnetischen Körper 32 in Z-Richtung angeordnet sind, und von dem Stempel P, der in Bezug auf das weichmagnetische Pulver 21 und den vorläufigen hartmagnetischen Körper 32 in Z+ Richtung angeordnet ist, in Z- Richtung gepresst. Dabei ist der Druck zum Pressen des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 höher als der Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers 21. Der Druck zum Pressen des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 beträgt z. B. 800 MPa. So werden das weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 aus der Z+ Richtung formgepresst, um einen Hauptformkörper zu bilden. Der gebildete Hauptformkörper wird thermisch gehärtet, um das Rotorelement 1 zu bilden (**Fig.** 3: Schritt S14, ein Schritt zum Bilden des Rotorelements).

[0036] Wenn der Hauptformkörper gebildet wird, ist eine Position in der Z+ Richtung einer Endfläche des Innenstempels IP in der Z+ Richtung gleich einer Position in der Z+ Richtung einer Endfläche des Außenstempels OP in der Z+ Richtung. Somit kann die Position der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 in Z+ Richtung mit der Position der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 in Z+ Richtung gleichgesetzt werden. In einem Fall, in dem die Matrize DI gebogen ist, kann die Position in der Z+ Richtung der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 mit der Position in der Z+ Richtung der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 gleich gemacht werden, indem die Position in der Z+ Richtung der Endfläche des Innenstempels IP in der Z+ Richtung und die Position in der Z+ Richtung der Endfläche des Außenstempels OP in der Z+ Richtung festgelegt wird. Da das weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 in der Z- Richtung durch den Stempel P, dessen Endfläche in der Z- Richtung der Z- Richtung zugewandt ist, einstückig geformt werden, kann die Position in der Z+ Richtung der ersten Endfläche EF1 des weichmagnetischen Körpers 2 mit der Position in der Z+ Richtung der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 gleich gemacht werden.

[0037] Außerdem ist der für das Bilden des hartmagnetischen Körpers 3 erforderliche Druck höher als der für zum Bilden des weichmagnetischen Körpers 2 erforderliche Druck. Somit kann die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in eine Form gebracht werden, die in die zentripetale Richtung DIRC vorsteht, indem die Druckbedingungen (durchschnittlicher Druck, Druckverteilung, Presszeit und ähnliches) für das Pressen jedes weichmagnetischen Pulvers 21 und des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 gesteuert werden. Insbesondere ist es möglich, den hartmagnetischen Körper 3 in die zentripetale Richtung DIRC eintreten zu lassen (z.B. ein Bereich A1 in **Fig.** 2) eintreten zu lassen, während der weichmagnetische Körper 2 gebildet wird, indem ein Zeitraum vorgesehen wird, in dem der Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers 21 als auch des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 so eingestellt wird, dass er höher ist als der Druck, der zum Bilden des weichmagnetischen

Körpers 2 erforderlich ist, und niedriger als der Druck, der zum Bilden des hartmagnetischen Körpers 3 erforderlich ist, wenn das weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 aus der Z- Richtung durch den Innenstempel IP bzw. den Außenstempel OP und aus der Z+ Richtung durch den Stempel P gepresst werden. Daher kann die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in die Form gebracht werden, die in der zentripetalen Richtung DIRC vorsteht.

(Konfiguration des bürstenlosen Motors 100)

[0038] Nachfolgend wird eine Konfiguration des bürstenlosen Motors 100 gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 8 ist eine externe perspektivische Ansicht des bürstenlosen Motors 100, in dem das Rotorelement 1 verwendet wird. **Fig.** 9 ist eine perspektivische Explosionsansicht des bürstenlosen Motors 100, in dem das Rotorelement 1 verwendet wird. In **Fig.** 9 sind von einer Vielzahl von Zahnabschnitten 14b, einer Vielzahl von Spulen 15 und einer Vielzahl von Isolierelementen 16 jeweils nur der repräsentative Zahnabschnitt 14b, die Spule 15 und das Isolierelement 16 durch Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0039] Wie in **Fig.** 8 und 9 dargestellt, weist der bürstenlose Motor 100 eine Statorbaugruppe 11, die Welle 4 und das Rotorelement 1 auf. Wie in **Fig.** 9 dargestellt, ist die Statorbaugruppe 11 in Z- Richtung gesehen um den Rotor 10 herum angeordnet. Das bedeutet, der bürstenlose Motor 100 ist vom Innenläufertyp.

[0040] Wie in **Fig.** 9 dargestellt, weist die Statorbaugruppe 11 ein Lager 12, ein Gehäuse 13, einen Magnetkern 14, die Vielzahl von Spulen 15 und die Vielzahl von Isolierelementen 16 auf.

[0041] Das Lager 12 stützt die Welle 4 so, dass sich die Welle 4 in einer um die Z-Achse zentrierten Umfangsrichtung drehen kann. Genauer weist das Lager 12 ein erstes Lager 12a und ein zweites Lager 12b auf, wie in **Fig.** 9 dargestellt. Sowohl das erste Lager 12a als auch das zweite Lager 12b haben eine zylindrische Form. Eine Mittelachse des ersten Lagers 12a und des zweiten Lagers 12b ist die Z-Achse. Die Mittelachse des ersten Lagers 12a und des zweiten Lagers 12b fällt mit der Mittelachse der Welle 4 zusammen.

[0042] Das erste Lager 12a befindet sich in Bezug auf das zweite Lager 12b in der Z+ Richtung, wie in **Fig.** 9 dargestellt. Außerdem befindet sich das erste Lager 12a in Bezug auf das Rotorelement 1in der Z+ Richtung. Das zweite Lager 12b befindet sich in Bezug auf das Rotorelement 1 in der Z-Richtung. Das zweite Lager 12b stützt das zweite Ende E2 der Welle 4.

[0043] Wie in **Fig.** 8 dargestellt, weist das Gehäuse 13 ein erstes Gehäuse 13a und ein zweites Gehäuse 13b auf. Wie in **Fig.** 8 und 9 dargestellt, hat das erste Gehäuse 13a eine zylindrische Form. Eine Mittelachse des ersten Gehäuses 13a ist die Z-Achse. Das zweite Gehäuse 13b befindet sich in Bezug auf das erste Gehäuse 13a in der Z- Richtung. Außerdem weist das erste Gehäuse 13a eine Öffnung OP1 auf. Somit ragt das erste Ende E1 der Welle 4 in Z+ Richtung aus der Öffnung OP1 heraus. Das bedeutet, dass der bürstenlose Motor 100 vom Einzelwellentyp ist.

[0044] Das erste Gehäuse 13a stützt das erste Lager 12a, den Magnetkern 14, die Vielzahl von Spulen 15 und die Vielzahl von Isolierelementen 16. Das zweite Gehäuse 13b stützt das zweite Lager 12b. Ein Material des ersten Gehäuses 13a und des zweiten Gehäuses 13b ist beispielsweise ein Material mit hoher Steifigkeit, wie etwa SUS.

[0045] Der Magnetkern 14 ist ein weichmagnetischer Körper. Der Magnetkern 14 wird durch Aufeinanderkaschieren von Elektroblechen hergestellt, wie in **Fig.** 9 dargestellt. Der Magnetkern 14 weist einen hinteren Kernabschnitt 14a mit einer zylindrischen Form und eine Vielzahl von Zahnabschnitten 14b auf. Eine Mittelachse des hinteren Kernabschnitts 14a ist die Z-Achse. Die Anzahl der Zahnabschnitte 14b beträgt neun. Die neun Zahnabschnitte 14b sind in der Umfangsrichtung zentriert auf der Z-Achse angeordnet. Darüber hinaus erstreckt sich jeder der neun Zahnabschnitte 14b von einer inneren Seitenfläche des hinteren Kernabschnitts 14a in einer Richtung entgegengesetzt zur Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. Die Außenfläche des Magnetkerns 14 wird einer Isolationsbehandlung unterzogen. Der Magnetkern 14 wird sowohl durch ein vom hartmagnetischen Körper 3 erzeugtes Magnetfeld als auch durch ein von der später zu beschreibenden Spule 15 erzeugtes Magnetfeld magnetisiert.

[0046] Die Anzahl der Vielzahl von Spulen 15 und der Vielzahl von Isolierelementen 16 beträgt jeweils neun. Die jeweiligen neun Spulen 15 und die jeweiligen neun Isolierelemente 16 sind so vorgesehen, dass sie den jeweiligen neun Zahnabschnitten 14b entsprechen. Genauer sind unter der Annahme, dass eine Gruppe, die einen Zahnabschnitt 14b, eine Spule 15 und ein Isolierelement 16 umfasst, ein Satz ist, neun Sätze in der Umfangsrichtung zentriert auf der Z-Achse ausgerichtet. Die jeweiligen Sätze sind um den hartmagnetischen Körper 3 mit einem Leerraum zum hartmagnetischen Körper 3 angeordnet. Die jeweiligen Sätze haben die gleiche Struktur. Daher wird ein Satz mit einem Zahnab-

schnitt 14b, einer Spule 15 und einem Isolierelement 16 beschrieben.

[0047] Wie in **Fig.** 9 dargestellt, ist die Spule 15 so um den Zahnabschnitt 14b gewickelt, dass sie sich in Radialrichtung gesehen mittig auf der Z-Achse um den Zahnabschnitt 14b befindet. Die Spule 15 ist z. B. aus einem leitfähigen Material wie Kupfer gebildet. Darüber hinaus hat die Spule 15 eine Struktur, bei der die Oberfläche eines Kupferdrahtes mit einer Isolierschicht bedeckt ist. Wenn ein Strom durch die Spule 15 fließt, erzeugt die Spule 15 das Magnetfeld.

[0048] Das Isolierelement 16 ist ein Isolator. Das Isolierelement 16 ist zwischen dem Magnetkern 14 und der Spule 15 angeordnet, wie in **Fig.** 9 dargestellt. Somit sind der Magnetkern 14 und die Spule 15 elektrisch isoliert.

[0049] Der Strom wird von einer Stromversorgung (nicht abgebildet) an die Spule 15 zugeführt. Die Drehung des Rotors 10 wird durch Steuern des Stroms geregelt.

[Wirkungen]

[0050] Der Erfinder der vorliegenden Anmeldung hat einen Schertest für jedes Rotorelement 1 und ein Rotorelement 6 gemäß einem Vergleichsbeispiel durchgeführt, um die Verbesserung der Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 zu bestätigen. Der Schertest des Rotorelements 1 und des Rotorelements 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 10 ist eine Schnittansicht eines Rotors 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel aufgenommen entlang der Linie A-A. **Fig.** 11 ist eine Modelldarstellung des Schertests des Rotorelements 1. **Fig.** 12 ist eine Modelldarstellung des Schertests des Rotorelements 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel. **Fig.** 13 veranschaulicht die Ergebnisse des Schertests des Rotorelements 1 und des Rotorelements 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel.

[0051] Zunächst wird der Rotor 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel beschrieben. Bei dem Rotor 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotors 10 unterscheidet, und die anderen Abschnitte werden nicht beschrieben. In dem Rotor 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel ist eine Position der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in der zentripetalen Richtung DIRC einheitlich in der Z+ Richtung, wie in **Fig.** 10 dargestellt. Daher hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotor 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel nicht die Form, die in der zentripetalen Richtung DIRC vorsteht.

[0052] Als nächstes wird der Scherversuch des Rotorelements 1 und des Rotorelements 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel beschrieben. Wenn ein Strom durch die Spule 15 fließt, wird in jedem der Rotoren 10 und 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel ein Drehmoment erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt wird auf jeden der Rotoren 10 und 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel eine Spannung in tangentialer Richtung in Bezug auf eine Drehrichtung (die auf die Z-Achse zentrierte Umfangsrichtung) jedes der Rotoren 10 und 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel ausgeübt. Die Scherspannung wird hauptsächlich auf die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 ausgeübt. Obwohl auch Zugspannung auf die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 ausgeübt wird, wenn die Drehzahl des Rotors 10 und des Rotors 20 gemäß dem Vergleichsbeispiel zunimmt, wird davon ausgegangen, dass in vielen Fällen eine große Scherspannung auf die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 ausgeübt wird, wenn das erfindungsgemäße Rotorelement 1 als der Rotor 10 der elektrischen Drehmaschine verwendet wird. Daher wurde die Scherfestigkeit der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 als Kennzahl für die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 verwendet.

[0053] Wie in den **Fig.** 10 und 11 dargestellt, wurde beim Schertest des Rotorelements 1 und des Rotorelements 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel jeweils eine Kraft in Z- Richtung auf das Rotorelement 1 und das Rotorelement 6 aufgebracht.

[0054] Wie in **Fig.** 13 dargestellt, ist die Scherfestigkeit der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotorelement 1 größer als die Scherfestigkeit der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotorelement 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel. Genauer ist die Scherfestigkeit der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotorelement 6 gemäß dem Vergleichsbeispiel gleich oder kleiner als 20 MPa, was praktisch als der Rotor 10 der elektrischen Drehmaschine erforderlich ist, während die Scherfestigkeit der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotorelement 1 gleich oder größer als 20 MPa ist. Auf diese Weise kann die Scherfestigkeit der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 entsprechend dem Rotorelement 1 verbessert werden. Infolgedessen kann die Befestigungsstärke zwi-

schen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 gemäß dem Rotorelement 1 verbessert werden.

[0055] Die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 kann entsprechend dem Rotorelement 1 weiter verbessert werden. Genauer hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotorelement 1 die Form, die gekrümmt ist, um in die zentripetale Richtung DIRC zu vorzustehen. Daher kann der Flächeninhalt der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 vergrößert werden. Infolgedessen kann die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 gemäß dem Rotorelement 1 weiter verbessert werden.

[0056] Mit dem Rotorelement 1 lassen sich die gewünschten magnetischen Eigenschaften leicht mit weniger weichmagnetischen Körpern erreichen. Genauer ist die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in der Radialrichtung zentriert auf die Z-Achse bildet, minimiert ist, gleich einer Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS. Dabei ist die Zwischenfläche IS eine Fläche, bei der ein Abstand D1 von der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung gleich einem Abstand D2 von der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 ist. Somit kann eine Position in der Z + Richtung, an der eine Breite des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, maximiert wird, leicht mit der Position der Zwischenfläche IS in der Z+ Richtung gleichgesetzt werden. Daher ist es einfach, magnetischen Streufluss aus dem durch den hartmagnetischen Körper 3 erzeugten magnetischen Fluss zu unterdrücken. Infolgedessen werden die gewünschten magnetischen Eigenschaften leicht mit weniger weichmagnetischen Körpern gemäß dem Rotorelement 1 erreicht.

[0057] Gemäß dem Rotorelement 1 lassen sich die gewünschten magnetischen Eigenschaften auf einfache Weise mit einer geringeren Anzahl weichmagnetischer Körper erreichen. Genauer ist es ausreichend, dass es eine Position in der Z+ Richtung gibt, an der ein Permeanzwert für den durch den hartmagnetischen Körper 3 erzeugten magnetischen Fluss maximal ist. Daher gibt es nur eine Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in der Radialrichtung in der Mitte der Z-Achse bildet, minimiert ist. Daher kann der weichmagnetische Körper in Übereinstimmung mit dem Rotorelement 1 effektiv genutzt werden. Infolgedessen werden die gewünschten magnetischen Eigenschaften leicht mit weniger weichmagnetischen Körpern gemäß dem Rotorelement 1 erreicht.

[0058] Mit dem Rotorelement 1 lassen sich die gewünschten magnetischen Eigenschaften leicht mit weniger weichmagnetischen Körpern erreichen. Genauer ist die Verteilung des Permeanzwerts für den durch den hartmagnetischen Körper 3 erzeugten magnetischen Fluss in Bezug auf die Position in der Z+ Richtung kontinuierlich. Daher ist die Kontaktfläche CS eine gekrümmte Fläche und beinhaltet keine ebene Fläche. Daher wird gemäß dem Rotorelement 1 die Form des weichmagnetischen Körpers 2 kontinuierlich in Übereinstimmung mit einer Änderung des Permeanzwertes für den durch den hartmagnetischen Körper 3 erzeugten magnetischen Fluss in Bezug auf die Position in der Z+ Richtung geändert, so dass der weichmagnetische Körper effektiv genutzt werden kann. Infolgedessen werden die gewünschten magnetischen Eigenschaften leicht mit weniger weichmagnetischen Körpern gemäß dem Rotorelement 1 erreicht.

[0059] Das Rotorelement 1 kann mittels des Verfahrens zur Herstellung des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt werden. Genauer wird in dem Schritt zur Bildung des vorläufigen hartmagnetischen Körpers das hartmagnetische Pulver 31, in dem das isotrope Magnetpulver und das erste Bindemittelpulver gemischt sind, unter Druck geformt, um den vorläufigen hartmagnetischen Körper 32 zu bilden. Im Füllschritt nach dem Schritt der Bildung des vorläufigen hartmagnetischen Körpers werden das weichmagnetische Pulver 21, in dem das Eisenpulver und das zweite Bindemittelpulver gemischt sind, und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 aufgebracht, um die Matrize DI so zu füllen, dass sie in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse ausgerichtet sind und miteinander in Kontakt sind. Im Rotorelementbildungsschritt nach dem Füllschritt werden das weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 in der Z+ Richtung formgepresst, um das Rotorelement 1 zu bilden. Dabei ist im Rotorelementbildungsschritt der Druck zum Pressen des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 höher als der Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers 21. So wird der Hauptformkörper gebildet. Als Ergebnis kann das Rotorelement 1 durch das Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt werden.

[0060] Mit dem Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Rotorelement 1 einfach hergestellt werden. Insbesondere ist der Druck, der zum Formen des weichmagnetischen Körpers 2 erforderlich ist, niedriger als der Druck, der zum Formen des hartmagnetischen Körpers 3

erforderlich ist. Daher wird der Zeitraum, in dem der Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers 21 und des vorläufigen hartmagnetischen Körpers 32 jeweils höher als der zum Bilden des weichmagnetischen Körpers 2 erforderliche Druck und niedriger als der zum Bilden des hartmagnetischen Körpers 3 erforderliche Druck eingestellt ist, bereitgestellt, wenn das weichmagnetische Pulver 21 und der vorläufige hartmagnetische Körper 32 jeweils aus der Z + Richtung gepresst werden. So ist es möglich, den hartmagnetischen Körper 3 in die zentripetale Richtung DIRC eintreten zu lassen, während der weichmagnetische Körper 2 geformt wird. Daher kann die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 so geformt werden, dass sie in der zentripetalen Richtung DIRC vorsteht. Infolgedessen kann das Rotorelement 1 einfach durch das Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt werden.

[Erste Modifizierung]

[0061] Nachfolgend wird ein Rotorelement 1a gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 14 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10a, aufgenommen entlang der Linie A-A. Bezüglich des Rotorelements 1a gemäß der ersten Modifizierung wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet, und die anderen Abschnitte werden nicht beschrieben.

[0062] Wie in **Fig.** 14 dargestellt, unterscheidet sich das Rotorelement 1a von dem Rotorelement 1 dadurch, dass die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine Form hat, die gebogen ist, um in der zentripetalen Richtung DIRC vorzustehen.

[0063] Das oben beschriebene Rotorelement 1a hat auch die gleichen Wirkungen wie das Rotorelement 1. Darüber hinaus kann die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 gemäß dem Rotorelement 1a weiter verbessert werden. Genauer hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 in dem Rotorelement 1 eine Form, die gebogen ist, um in der zentripetalen Richtung DIRC vorzustehen. Daher kann der Flächeninhalt der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 vergrößert werden. Infolgedessen kann die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 gemäß dem Rotorelement 1a weiter verbessert werden.

[Zweite Modifizierung]

[0064] Nachfolgend wird ein Rotorelement 1b gemäß einer zweiten Modifizierung der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 15 ist eine Schnittansicht des Rotors 10b, aufgenommen entlang der Linie A-A. In Bezug auf das Rotorelement 1b gemäß der zweiten Modifizierung wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotorelements 1a gemäß der ersten Modifizierung unterscheidet, und die anderen Teile werden nicht beschrieben.

[0065] Wie in **Fig.** 15 dargestellt, unterscheidet sich das Rotorelement 1b von dem Rotorelement 1a dadurch, dass eine Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W eines Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf die Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, nicht nur eine Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS ist. Darüber hinaus beinhaltet die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine ebene Fläche.

[0066] Das oben beschriebene Rotorelement 1b hat ebenfalls die gleichen Wirkungen wie das Rotorelement 1a.

[Dritte Modifizierung]

[0067] Nachfolgend wird ein Rotorelement 1c gemäß einer dritten Modifizierung der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 16 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10c, aufgenommen entlang der Linie A-A. In Bezug auf das Rotorelement 1c gemäß der dritten Modifizierung wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet, und die anderen Abschnitte werden nicht beschrieben.

[0068] Wie in **Fig.** 16 dargestellt, unterscheidet sich das Rotorelement 1c von dem Rotorelement 1 dadurch, dass eine Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W eines Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf die Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, sich von einer Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS unterscheidet.

[0069] In der vorliegenden Modifizierung liegt die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, in der Z+ Richtung in Bezug auf die Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS, wie in **Fig.** 16 dargestellt.

[0070] Das oben beschriebene Rotorelement 1c hat auch die gleichen Wirkungen wie das Rotorelement 1. Darüber hinaus sind die gewünschten magnetischen Eigenschaften leicht nach dem Rotorelement 1c erhalten. Genauer unterscheidet sich die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse bildet, minimiert ist, von der Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS. Daher kann in einem Fall, in dem der Magnetkern 14 eine asymmetrische Form hat, ein durch den weichmagnetischen Körper 2 gebildeter Magnetkreis flexibel gestaltet werden. Infolgedessen lassen sich leicht die gewünschten magnetischen Eigenschaften des Rotorelements 1c erzielen.

[Vierte Modifizierung]

[0071] Nachfolgend wird ein Rotorelement 1d gemäß einer vierten Modifizierung der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 17 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10d, aufgenommen entlang der Linie A-A. Bezüglich des Rotorelements 1d gemäß der vierten Modifizierung wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet, und die anderen Abschnitte werden nicht beschrieben.

[0072] Wie in **Fig.** 17 dargestellt, unterscheidet sich das Rotorelement 1d von dem Rotorelement 1 dadurch, dass es zwei Positionen in der Z+ Richtung gibt, an denen die Breite W eines Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 bildet, in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, die Mindestbreite WMIN ist.

[0073] Insbesondere ist die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, sowohl in der Z+ Richtung als auch in der Z- Richtung in Bezug auf eine Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS vorhanden, wie in **Fig.** 17 dargestellt.

[0074] Das Rotorelement 1d, wie oben beschrieben, hat auch die gleichen Wirkungen wie das Rotorelement 1. Darüber hinaus kann die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 durch das Rotorelement 1d weiter verbessert werden. Genauer gibt es eine Vielzahl von Positionen in der Z+ Richtung, an denen die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in der Radialrichtung in der Mitte der Z-Achse bildet, minimiert ist. Daher kann der Flächeninhalt der Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 vergrößert werden. Infolgedessen kann die Befestigungsstärke zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 entsprechend dem Rotorelement 1d weiter verbessert werden.

[Fünfte Modifizierung]

[0075] Nachfolgend wird ein Rotorelement 1e gemäß einer fünften Modifizierung der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 18 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10e, aufgenommen entlang der Linie A-A. Bezüglich des Rotorelements 1e gemäß der fünften Modifizierung wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet, und die anderen Abschnitte werden nicht beschrieben.

[0076] Wie in **Fig.** 18 dargestellt, unterscheidet sich das Rotorelement 1e von dem Rotorelement 1 dadurch, dass sich eine Position der ersten Endfläche EF1 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung von einer Position der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung unterscheidet, und dass sich eine Position der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung von einer Position der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung unterscheidet.

[0077] Darüber hinaus befindet sich die erste Endfläche EF1 in der Z- Richtung in Bezug auf die dritte Endfläche EF3, wie in **Fig.** 18 in der vorliegenden Modifizierung dargestellt. Daher ist die Breite W3 nicht vorhanden. Ein Abstand H13 zwischen der ersten Endfläche EF1 und der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung ist größer als Null. Außerdem beträgt der Abstand H13 zwischen der ersten Endfläche EF1 und der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung 5 % oder weniger der Länge H1e des Rotorelements 1e in der Z+ Richtung.

[0078] Genauer befindet sich die zweite Endfläche EF2 in der Z+ Richtung in Bezug auf die vierte Endfläche EF4, wie in **Fig.** 18 in der vorliegenden Modifizierung dargestellt. Daher ist die Breite W4 nicht vorhanden. Der Abstand H24 zwischen der zweiten Endfläche EF2 und der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung ist größer als Null. Außerdem beträgt der Abstand H24 zwischen der zweiten Endfläche EF2 und der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung 5 % oder weniger der Länge H1e des Rotorelements 1e in der Z+ Richtung.

[0079] Das wie oben beschriebene Rotorelement 1e hat auch die gleichen Wirkungen wie das Rotorelement 1. Darüber hinaus ist es möglich, das Auftreten eines Risses oder eines Bruchs in dem hartmagnetischen Körper 3 gemäß dem Rotorelement 1e zu unterdrücken. Genauer ist in einem Fall, in dem die Matrize DI gebogen ist, die Position der ersten End-

fläche EF1 in der Z+ Richtung anders als die Position der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung. Darüber hinaus unterscheidet sich die Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung von der Position der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung. Wenn der Abstand H13 zwischen der ersten Endfläche EF1 und der dritten Endfläche EF3 in Z+ Richtung groß ist oder der Abstand H24 zwischen der zweiten Endfläche EF2 und der vierten Endfläche EF4 in Z+ Richtung groß ist, wird der hartmagnetische Körper 3 wahrscheinlich reißen oder brechen. Daher ist der Abstand H13 zwischen der ersten Endfläche EF1 und der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger der Länge H1e des Rotorelements 1e in der Z+ Richtung gemäß dem Rotorelement 1e. Darüber hinaus ist der Abstand H24 zwischen der zweiten Endfläche EF2 und der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger der Länge H1e des Rotorelements 1e in der Z+ Richtung. Auf diese Weise ist es möglich, das Auftreten eines Risses oder eines Bruchs in dem hartmagnetischen Körper 3 entsprechend dem Rotorelement 1e zu unterdrücken.

[Zweite Ausführungsform]

[0080] Nachfolgend wird ein Rotorelement 1f gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 19 ist eine Schnittansicht eines Rotors 10f, aufgenommen entlang der Linie A-A. In Bezug auf das Rotorelement 1f gemäß der zweiten Ausführungsform wird nur ein Abschnitt beschrieben, der sich von dem des Rotorelements 1 gemäß der ersten Ausführungsform unterscheidet, und die anderen Abschnitte werden nicht beschrieben.

[0081] Das Rotorelement 1f wird in einer elektrischen Drehmaschine mit Außenrotor verwendet, die sich vom Rotorelement 1 unterscheidet. Genauer umgibt eine Innenkante der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 in Z+ Richtung gesehen eine Innenkante der ersten Endfläche EF1 des weichmagnetischen Körpers 2 in Z- Richtung gesehen. In der elektrischen Drehmaschine mit Außenrotor ist die Statorbaugruppe 11 (nicht dargestellt) in Z- Richtung gesehen um die Welle 4 und zwischen der Welle 4 und dem hartmagnetischen Körper 3 angeordnet.

[0082] Der hartmagnetische Körper 3 ist so angeordnet, dass eine Außenkante des hartmagnetischen Körpers 3 mit einem Teil der Innenkante des weichmagnetischen Körpers 2 in Z- Richtung gesehen zusammenfällt. Das bedeutet, dass wie in **Fig.** 19 dargestellt, eine Außenumfangsfläche OS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit einem Teil der Innenumfangsfläche IS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. Somit ist der hartmagnetische Körper 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt mit der Innenumfangsfläche IS2 des weichmagnetischen Körpers 2. Darüber hinaus ist der hartmagnetische Körper 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, nicht in Kontakt mit der Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2.

[0083] Wie in **Fig.** 19 dargestellt, unterscheidet sich die Position der ersten Endfläche EF1 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung von der Position der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung. Genauer befindet sich die erste Endfläche EF1 in Bezug auf die dritte Endfläche EF3 in der Z+ Richtung. Darüber hinaus unterscheidet sich die Position der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung von der Position der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z + Richtung. Genauer befindet sich die zweite Endfläche EF2 in Bezug auf die vierte Endfläche EF4 in der Z-Richtung.

[0084] Die gesamte Außenumfangsfläche OS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, ist in Flächenkontakt mit einem Teil der Innenumfangsfläche IS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die wie in **Fig.** 19 dargestellt auf der Z-Achse zentriert ist. Daher ist in der vorliegenden Ausführungsform die Außenumfangsfläche OS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, als die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 definiert.

[0085] Wie in **Fig.** 19 dargestellt, hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine Form, die in einer Radialrichtung DIRR vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper 3 in Kontakt mit der Innenumfangsfläche IS2 des weichmagnetischen Körpers 2 ist. Dabei ist die Radialrichtung DIRR die Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist. In der vorliegenden Ausführungsform hat die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine Form, die gekrümmt ist, um in Radialrichtung DIRR vorzustehen.

[0086] Wie in **Fig.** 19 dargestellt, ist die Breite W1 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse eines Abschnitts zentriert ist, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 an der Position der ersten Endfläche EF1 in der Z+ Richtung bildet, nicht vorhanden. Darüber hinaus ist die Breite W2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse eines

Abschnitts zentriert ist, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 an der Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung bildet, nicht vorhanden.

[0087] Das oben beschriebene Rotorelement 1f hat ebenfalls die gleichen Wirkungen wie das Rotorelement 1.

[Andere Ausführungsformen]

[0088] Das erfindungsgemäße Rotorelement ist nicht auf die Rotorelemente 1 und 1a bis 1f beschränkt und kann innerhalb de Schutzumfangs des Kerns der Erfindung modifiziert werden. Darüber hinaus können die Strukturen der Rotorelemente 1 und 1a bis 1f optional kombiniert werden.

[0089] Es reicht aus, dass die elektrische Drehmaschine eine Struktur hat, in der der Rotor durch Elektrizität rotiert, oder eine Struktur, in der Elektrizität erzeugt wird, wenn der Rotor rotiert. In diesem Fall muss die elektrische Drehmaschine nur mindestens eines der Rotorelemente 1 und 1a bis 1f aufweisen und kann eine Bürste enthalten.

[0090] Die Welle 4 muss nicht zwangsläufig eine Säulenform haben. Es reicht aus, dass die Welle 4 eine Form hat, die sich in der Z+ Richtung erstreckt. Daher kann die Welle 4 beispielsweise eine Prismenform haben, deren Mittelachse die Z-Achse ist, oder eine elliptische Säulenform, deren Mittelachse die Z-Achse ist.

[0091] Es kann sein, dass die Mittelachse des weichmagnetischen Körpers 2 darf nicht mit der Mittelachse der Welle 4 zusammenfällt.

[0092] Der weichmagnetische Körper 2 muss nicht unbedingt eine zylindrische Form haben. Es genügt, wenn der weichmagnetische Körper 2 eine Röhrenform hat. Daher kann der weichmagnetische Körper 2 zum Beispiel eine Vierkant-Röhrenform oder eine elliptische Zylinderform haben.

[0093] Die Mittelachse des hartmagnetischen Körpers 3 fällt nicht unbedingt mit der Mittelachse der Welle 4 zusammen.

[0094] Der hartmagnetische Körper 3 muss nicht unbedingt eine zylindrische Form haben. Es reicht aus, dass der hartmagnetische Körper 3 eine Röhrenform hat. Daher kann der hartmagnetische Körper 3 zum Beispiel eine Vierkant-Röhrenform oder eine elliptische Zylinderform haben.

[0095] Der Magnet, der eines der Materialien des hartmagnetischen Pulvers 31 ist, ist nicht auf den Neodym-Magneten beschränkt. Der Magnet, der das Material des hartmagnetischen Pulvers 31 ist, kann ein Seltenerdmagnet wie ein Samarium-Kobalt-Magnet, ein Praseodym-Magnet oder ein Samarium-Eisen-Stickstoff-Magnet sein. Darüber hinaus ist der Magnet, der das Material des hartmagnetischen Pulvers 31 ist, nicht auf den Seltenerdmagneten beschränkt. Der Magnet, der das Material des hartmagnetischen Pulvers 31 ist, kann ein Ferritmagnet oder dergleichen sein.

[0096] Bei dem Rotorelement 1e kann die erste Endfläche EF1 in Bezug auf die dritte Endfläche EF3 in der Z+ Richtung angeordnet sein. Auch in diesem Fall werden die gleichen Wirkungen wie beim Rotorelement 1e erzielt, wenn der Abstand H13 zwischen der ersten Endfläche EF1 und der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger der Länge H1e des Rotorelements 1e in der Z+ Richtung beträgt. Darüber hinaus kann die zweite Endfläche EF2 des Rotorelements 1e in der Z- Richtung in Bezug auf die vierte Endfläche EF4 angeordnet sein. Auch in diesem Fall werden die gleichen Wirkungen wie beim Rotorelement 1e erzielt, wenn der Abstand H24 zwischen der zweiten Endfläche EF2 und der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger der Länge H1e des Rotorelements 1e in der Z+ Richtung beträgt.

[0097] Bei den Rotorelementen 1 und 1a bis 1d ist die gesamte Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in auf der Z-Achse zentrierter Radialrichtung nicht zwangsläufig in Flächenkontakt mit der gesamten Innenumfangsfläche IS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in Radialrichtung zentriert auf die Z-Achse. Das bedeutet, es ist ausreichend, dass ein Teil der Außenumfangsfläche OS2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, mit einem Teil der Innenumfangsfläche IS3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Radialrichtung, die auf der Z-Achse zentriert ist, in Kontakt ist.

[0098] Jede der ersten Endfläche EF1, der zweiten Endfläche EF2, der dritten Endfläche EF3 und der vierten Endfläche EF4 kann eine gekrümmte Fläche sein.

[0099] Die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 kann eine ebene Fläche sein.

[0100] Jede der Breiten W1, W2, W3 und W4 ist nicht unbedingt gleich der maximalen Breite WMAX, die das Maximum der Breite W in Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse des Abschnitts ist, der die Kontaktfläche CS im weichmagnetischen Körper 2 bildet.

[0101] Das Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 ist nicht auf das in der ersten Ausführungs-

form beschriebene Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 beschränkt. Was das Rotorelement 1 betrifft, so kann das Rotorelement 1 beispielsweise hergestellt werden, indem im Voraus ein vorläufiger hartmagnetischer Körper 32a mit einer Form, deren Innenumfangsfläche in der zentripetalen Richtung DIRC vorsteht, und ein vorläufiger weichmagnetischer Körper 22a mit einer Form, deren Außenumfangsfläche in der zentripetalen Richtung DIRC vertieft ist, geformt werden und der vorläufige hartmagnetische Körper 32a und der vorläufige weichmagnetische Körper 22a integral geformt werden, um einen Hauptformkörper zu bilden. Alternativ kann bei dem Verfahren zur Herstellung des Rotorelements 1 beispielsweise das Rotorelement 1 hergestellt werden, indem im Voraus der vorläufige hartmagnetische Körper 32a mit einer Form, deren Innenumfangsfläche in der zentripetalen Richtung DIRC vorsteht, geformt wird und der vorläufige hartmagnetische Körper 32a und das weichmagnetische Pulver 21 integral geformt werden, um einen Hauptformkörper zu bilden.

[0102] Der bürstenlose Motor 100 ist nicht auf den Ein-Wellen-Typ beschränkt. Der bürstenlose Motor 100 kann z. B. vom Doppelwellentyp sein.

[0103] Es reicht aus, dass das Material des ersten Gehäuses 13a und des zweiten Gehäuses 13b ein Material mit hoher Steifigkeit ist.

[0104] Die Anzahl der Vielzahl von Zahnabschnitten 14b, der Vielzahl von Spulen 15 und der Vielzahl von Isolierelementen 16 ist nicht auf neun beschränkt. Es reicht aus, dass jede der Vielzahl von Spulen 15 und jedes der Vielzahl von Isolierelementen 16 vorgesehen werden kann, um jedem der Vielzahl von Zahnabschnitten 14b zu entsprechen.

[0105] Der Magnetkern 14 ist nicht darauf beschränkt, dass er durch Laminieren von elektromagnetischen Stahlblechen hergestellt wird. Es genügt, dass der Magnetkern 14 ein weichmagnetischer Körper ist.

[0106] In dem Rotorelement 1c kann die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 bildet, in der Radialrichtung, die auf die Z-Achse zentriert ist, die minimale Breite WMIN ist, in der Z- Richtung in Bezug auf die Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS sein.

[0107] Im Rotorelement 1d ist die Anzahl der Positionen in der Z+ Richtung, an denen die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS im weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, nicht auf zwei beschränkt, und es kann eine Vielzahl von Positionen geben.

[0108] Im Rotorelement 1d können die Positionen in der Z+ Richtung, an denen die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS im weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf die Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, nur in der Z+ Richtung oder nur in der Z-Richtung in Bezug auf die Position der Zwischenfläche IS in der Z+ Richtung vorhanden sein.

[0109] Im Rotorelement 1f kann die Position der ersten Endfläche EF1 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung gleich der Position der dritten Endfläche EF3 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung sein. Darüber hinaus kann die Position der zweiten Endfläche EF2 des weichmagnetischen Körpers 2 in der Z+ Richtung gleich der Position der vierten Endfläche EF4 des hartmagnetischen Körpers 3 in der Z+ Richtung sein.

[0110] In dem Rotorelement 1f kann die Breite W1 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse des Abschnitts vorhanden sein, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 an der Position der ersten Endfläche EF1 in der Z+ Richtung bildet. Darüber hinaus kann die Breite W2 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse des Abschnitts vorhanden sein, der die Kontaktfläche CS in dem weichmagnetischen Körper 2 an der Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung bildet. Auch in diesen Fällen ist es ausreichend, dass die Position in der Z+ Richtung, an der die Breite W die minimale Breite WMIN ist, die Position ist, die sich von der Position der ersten Endfläche EF1 in der Z+ Richtung, der Position der zweiten Endfläche EF2 in der Z+ Richtung, der Position der dritten Endfläche EF3 in der Z+ Richtung und der Position der vierten Endfläche EF4 in der Z+ Richtung unterscheidet.

[0111] Im Rotorelement 1f kann die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine Form haben, die gebogen ist, um in Radialrichtung DIRR vorzustehen.

[0112] Im Rotorelement 1f kann die Position in der Z + Richtung, an der die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS im weichmagnetischen Körper 2 in der Radialrichtung zentriert auf der Z-Achse bildet, die minimale Breite WMIN ist, von der Position in der Z+ Richtung der Zwischenfläche IS verschieden sein.

[0113] Im Rotorelement 1d kann es eine Vielzahl von Positionen in der Z+ Richtung geben, bei denen die Breite W des Abschnitts, der die Kontaktfläche CS im weichmagnetischen Körper 2 bildet, in der Radialrichtung, die auf die Z-Achse zentriert ist, die minimale Breite WMIN ist.

[0114] Es genügt, dass die Kontaktfläche CS zwischen dem weichmagnetischen Körper 2 und dem hartmagnetischen Körper 3 eine beliebige Fläche ist, an der der weichmagnetische Körper 2 und der hartmagnetische Körper 3 in Kontakt sind.

[0115] Die vorliegende Erfindung hat die nachstehenden Konfigurationen.

(1) Rotorelement, das in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird, wobei das Rotorelement aufweist:

einen weichmagnetischen Körper, der ein Formkörper ist, der eine Röhrenform hat und aus weichmagnetischem Pulver gebildet ist und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche hat, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist; und

einen hartmagnetischen Körper, der ein Formkörper ist, der eine Röhrenform hat und aus hartmagnetischem Pulver gebildet ist, eine dritte Endfläche hat, die in die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche hat, die in die zweite Richtung weist, und in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, mit einer Außenumfangsfläche oder einer Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist,

wobei eine Kontaktfläche zwischen dem weichmagnetischen Körper und dem hartmagnetischen Körper eine Form hat, die in einer der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die in der Radialrichtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, und

eine Position in der ersten Richtung, an der eine Breite eines Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, sich von einer Position der ersten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der zweiten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der dritten Endfläche in der ersten Richtung und einer Position der vierten Endfläche in der ersten Richtung unterscheidet.

(2) Rotorelement nach (1), bei dem die Kontaktfläche eine Form hat, die in der der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die gekrümmt ist, um in der Radialrichtung vorzustehen, wenn der hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist.

(3) Rotorelement nach (1) oder (2), bei dem die Kontaktfläche eine Form hat, die in der der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die gebogen ist, um in Radialrichtung vorzustehen, wenn der hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist.

(4) Rotorelement nach einem von (1) bis (3), bei dem
ein Abstand zwischen der ersten Endfläche und der dritten Endfläche in der ersten Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger einer Länge des Rotorelements in der ersten Richtung beträgt, und
ein Abstand zwischen der zweiten Endfläche und der vierten Endfläche in der ersten Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger der Länge des Rotorelements in der ersten Richtung beträgt.

(5) Rotorelement nach einem von (1) bis (4), bei dem
eine Fläche, bei der ein Abstand von der dritten Endfläche in der ersten Richtung gleich einem Abstand von der vierten Endfläche in der ersten Richtung ist, als Zwischenfläche definiert ist, und
die Position in der ersten Richtung, an der die Breite des Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, gleich einer Position der Zwischenfläche in der ersten Richtung ist.

(6) Rotorelement nach einem von (1) bis (4), bei dem
eine Fläche, bei der ein Abstand von der dritten Endfläche in der ersten Richtung gleich einem Abstand von der vierten Endfläche in der ersten Richtung ist, als Zwischenfläche definiert ist, und
die Position in der ersten Richtung, an der die Breite des Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, sich von einer Position der Zwischenfläche in der ersten Richtung unterscheidet.

(7) Rotorelement nach einem von (1) bis (6), bei dem die Position in der ersten Richtung, an der die Breite des Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, nur eine ist.

(8) Rotorelement nach einem von (1) bis (6), bei dem es ein Vielzahl von Positionen in der ersten

Richtung gibt, an denen die Breite des die Kontaktfläche bildenden Abschnitts in dem weichmagnetischen Körper in der Radialrichtung minimiert ist.

(9) Rotorelement nach einem von (1) bis (8), bei dem die Kontaktfläche eine gekrümmte Fläche ist und keine ebene Fläche beinhaltet.

(10) Rotorelement nach einem von (1) bis (9), bei dem
die Röhrenform des weichmagnetischen Körpers eine zylindrische Form ist, und
die Röhrenform des hartmagnetischen Körpers eine zylindrische Form ist.

(11) Rotorelement nach einem von (1) bis (10), bei dem der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist und mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers nicht in Kontakt ist.

(12) Rotorelement nach einem von (1) bis (11), bei dem
ein Material des weichmagnetischen Pulvers Eisen und Harz enthält, und
ein Material des hartmagnetischen Pulvers einen Magneten und Harz enthält.

(13) Rotorelement nach (12), bei dem der Magnet ein Seltenerdmagnet ist.

(14) Rotor, aufweisend:

das Rotorelement nach einem von (1) bis (13); und

eine Welle mit einer Form, die sich in der ersten Richtung erstreckt,

wobei eine Außenumfangsfläche der Welle in der Radialrichtung mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist.

(15) Elektrische Drehmaschine, aufweisend das Rotorelement nach einem von (1) bis (14).

(16) Bürstenloser Motor, aufweisend das Rotorelement nach einem von (1) bis (14).

(17) Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements,
wobei das Rotorelement in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird und aufweist:

einen weichmagnetischen Körper, der eine Röhrenform hat und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist, aufweist; und

einen hartmagnetischen Körper, der eine Röhrenform hat, eine dritte Endfläche hat, die in die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche hat, die in die zweite Richtung weist, und in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, mit einer Außenumfangsfläche oder einer Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist,

wobei das Verfahren umfasst:

einen Schritt zum Bilden eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers, bei dem durch Formpressen eines hartmagnetischen Pulvers ein vorläufiger hartmagnetischer Körper gebildet wird, in dem isotropes Magnetpulver und erstes Bindemittelpulver gemischt sind;

einen Füllschritt zum Befüllen einer Matrize derart, dass weichmagnetisches Pulver, in dem Eisenpulver und zweites Bindemittelpulver gemischt sind, und der vorläufige hartmagnetische Körper nach dem Schritt zum Bilden eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers in der Radialrichtung fluchten und miteinander in Kontakt sind; und

einen Rotorelementbildungsschritt zum Bilden des Rotorelements durch Formpressen des weichmagnetischen Pulvers und des vorläufigen hartmagnetischen Körpers aus der ersten Richtung, nach dem Füllschritt,

wobei in dem Rotorelementbildungsschritt ein Druck zum Pressen des vorläufigen hartmagnetischen Körpers höher ist als ein Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers.

(18) Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements nach (17), bei dem der Rotorelementbildungsschritt eine Zeitspanne beinhaltet, in der ein Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers als auch des vorläufigen hartmagnetischen Körpers so eingestellt wird, dass er höher ist als ein Druck, der zum Bilden des weichmagnetischen Körpers erforderlich ist, und niedriger als ein Druck, der zum Bilden des hartmagnetischen Körpers erforderlich ist.

(19) Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements gemäß (17) oder (18), bei dem
das isotrope Magnetpulver ein Seltenerdmagnetpulver ist,
das erste Bindemittelpulver ein Harz ist, und
das zweite Bindemittelpulver ein Harz ist

BEZUGSZEICHENLISTE

1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 6	Rotorelement
2	Weichmagnetischer Körper
3	Hartmagnetischer Körper
4	Welle

10, 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 20	Rotor
11	Statorbaugruppe
12	Lager
12a	Erstes Lager
12b	Zweites Lager
13	Gehäuse
13a	Erstes Gehäuse
13b	Zweites Gehäuse
14	Magnetkern
14a	hinterer Kernabschnitt
14b	Zahnabschnitt
15	Spule
16	Isolierelement
21	Weichmagnetisches Pulver
22a	Vorläufiger weichmagnetischer Körper
31	Hartmagnetisches Pulver
32,32a	Vorläufiger hartmagnetischer Körper
100	Bürstenloser Motor
A1	Bereich
CS	Kontaktfläche
D1, D2, DC, WC	Abstand
DI	Matrize
DIRC	zentripetale Richtung
DIRR	Radialrichtung
E1	Erstes Ende
E2	Zweites Ende
EF1	Erste Endfläche
EF2	Zweite Endfläche
EF3	Dritte Endfläche
EF4	Vierte Endfläche
IDI	Innenmatrize
IS	Zwischenfläche
IS1, IS2, IS3, ISIP, ISODI, ISOP	Innenumfangsfläche
ODI	Außenmatrize
OP	Außenstempel
OP1	Öffnung
OS2, OS3, OS4, OSIDI, OSIP, OSOP	Außenumfangsfläche
P	Stempel
PO1	Erste Position
S11, S12, S13, S14	Schritt
WMAX	Maximale Breite
WMIN	Minimale Breite

Patentansprüche

1. Rotorelement, das in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird, wobei das Rotorelement aufweist:
einen weichmagnetischen Körper, der ein Formkörper ist, der eine Röhrenform hat und aus weichmagnetischem Pulver gebildet ist und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist, aufweist; und
einen hartmagnetischen Körper, der ein Formkörper ist, der eine Röhrenform hat und aus hartmagnetischem Pulver gebildet ist, eine dritte Endfläche, die in die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche, die in die zweite Richtung weist, aufweist, und in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, mit einer Außenumfangsfläche oder einer Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist,
wobei eine Kontaktfläche zwischen dem weichmagnetischen Körper und dem hartmagnetischen Körper eine Form hat, die in einer der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die in der Radialrichtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, und
eine Position in der ersten Richtung, an der eine Breite eines Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, sich von einer Position der ersten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der zweiten Endfläche in der ersten Richtung, einer Position der dritten Endfläche in der ersten Richtung und einer Position der vierten Endfläche in der ersten Richtung unterscheidet.

2. Rotorelement nach Anspruch 1, wobei die Kontaktfläche eine Form hat, die in der der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die gekrümmt ist, um in der Radialrichtung vorzustehen, wenn der

hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist.

3. Rotorelement nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kontaktfläche eine Form hat, die in der der Radialrichtung entgegengesetzten Richtung vorsteht, wenn der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist, oder eine Form hat, die gebogen ist, um in Radialrichtung vorzustehen, wenn der hartmagnetische Körper mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist.

4. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
ein Abstand zwischen der ersten Endfläche und der dritten Endfläche in der ersten Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger einer Länge des Rotorelements in der ersten Richtung beträgt, und
ein Abstand zwischen der zweiten Endfläche und der vierten Endfläche in der ersten Richtung null oder mehr und 5 % oder weniger der Länge des Rotorelements in der ersten Richtung beträgt.

5. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei
eine Fläche, bei der ein Abstand von der dritten Endfläche in der ersten Richtung gleich einem Abstand von der vierten Endfläche in der ersten Richtung ist, als Zwischenfläche definiert ist, und
die Position in der ersten Richtung, an der die Breite des Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, gleich einer Position der Zwischenfläche in der ersten Richtung ist.

6. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei
eine Fläche, bei der ein Abstand von der dritten Endfläche in der ersten Richtung gleich einem Abstand von der vierten Endfläche in der ersten Richtung ist, als Zwischenfläche definiert ist, und
die Position in der ersten Richtung, an der die Breite des Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, sich von einer Position der Zwischenfläche in der ersten Richtung unterscheidet.

7. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Position in der ersten Richtung, an der die Breite des Abschnitts, der in dem weichmagnetischen Körper die Kontaktfläche in Radialrichtung bildet, minimiert ist, nur eine ist.

8. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei es eine Vielzahl von Positionen in der ersten Richtung gibt, an denen die Breite des die Kontaktfläche bildenden Abschnitts in dem weichmagnetischen Körper in der Radialrichtung minimiert ist.

9. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Kontaktfläche eine gekrümmte Fläche ist und keine ebene Fläche beinhaltet.

10. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei
die Röhrenform des weichmagnetischen Körpers eine zylindrische Form ist, und
die Röhrenform des hartmagnetischen Körpers eine zylindrische Form ist.

11. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der hartmagnetische Körper mit der Außenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist und mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers nicht in Kontakt ist.

12. Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei
ein Material des weichmagnetischen Pulvers Eisen und Harz enthält, und
ein Material des hartmagnetischen Pulvers einen Magneten und Harz enthält.

13. Rotorelement nach Anspruch 12, wobei der Magnet ein Seltenerdmagnet ist.

14. Rotor, aufweisend:
das Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13; und
eine Welle mit einer Form, die sich in der ersten Richtung erstreckt,
wobei eine Außenumfangsfläche der Welle in der Radialrichtung mit der Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist.

15. Elektrische Drehmaschine, aufweisend das Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

16. Bürstenloser Motor, aufweisend das Rotorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

17. Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements,
wobei das Rotorelement in einer elektrischen Drehmaschine verwendet wird und aufweist:
einen weichmagnetischen Körper, der eine Röhrenform hat und eine erste Endfläche, die entlang einer Mittelachse des weichmagnetischen Körpers in eine erste Richtung weist, und eine zweite Endfläche, die in eine zweite, der ersten Richtung entgegengesetzte Richtung weist, aufweist; und
einen hartmagnetischen Körper, der eine Röhrenform hat, eine dritte Endfläche hat, die in die erste Richtung weist, und eine vierte Endfläche hat, die in die zweite Richtung weist, und in einer Radialrichtung, die auf der Mittelachse zentriert ist, mit einer Außenumfangsfläche oder einer Innenumfangsfläche des weichmagnetischen Körpers in Kontakt ist,
wobei das Verfahren umfasst:

einen Schritt zum Bilden eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers, bei dem durch Formpressen eines hartmagnetischen Pulvers ein vorläufiger hartmagnetischer Körper gebildet wird, in dem isotropes Magnetpulver und erstes Bindemittelpulver gemischt werden;
einen Füllschritt zum Befüllen einer Matrize derart, dass weichmagnetisches Pulver, in dem Eisenpulver und zweites Bindemittelpulver gemischt sind, und der vorläufige hartmagnetische Körper nach dem Schritt zum Bilden eines vorläufigen hartmagnetischen Körpers in der Radialrichtung fluchten und miteinander in Kontakt sind; und
einen Rotorelementbildungsschritt zum Bilden des Rotorelements durch Formpressen des weichmagnetischen Pulvers und des vorläufigen hartmagnetischen Körpers aus der ersten Richtung, nach dem Füllschritt,
wobei in dem Rotorelementbildungsschritt ein Druck zum Pressen des vorläufigen hartmagnetischen Körpers höher ist als ein Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers.

18. Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements nach Anspruch 17, wobei der Rotorelementbildungsschritt eine Zeitspanne beinhaltet, in der ein Druck zum Pressen des weichmagnetischen Pulvers als auch des vorläufigen hartmagnetischen Körpers so eingestellt wird, dass er höher ist als ein Druck, der zum Bilden des weichmagnetischen Körpers erforderlich ist, und niedriger als ein Druck, der zum Bilden des hartmagnetischen Körpers erforderlich ist.

19. Verfahren zur Herstellung eines Rotorelements nach Anspruch 17 oder 18, wobei
das isotrope Magnetpulver ein Seltenerdmagnetpulver ist,
das erste Bindemittelpulver ein Harz ist, und
das zweite Bindemittelpulver ein Harz ist.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

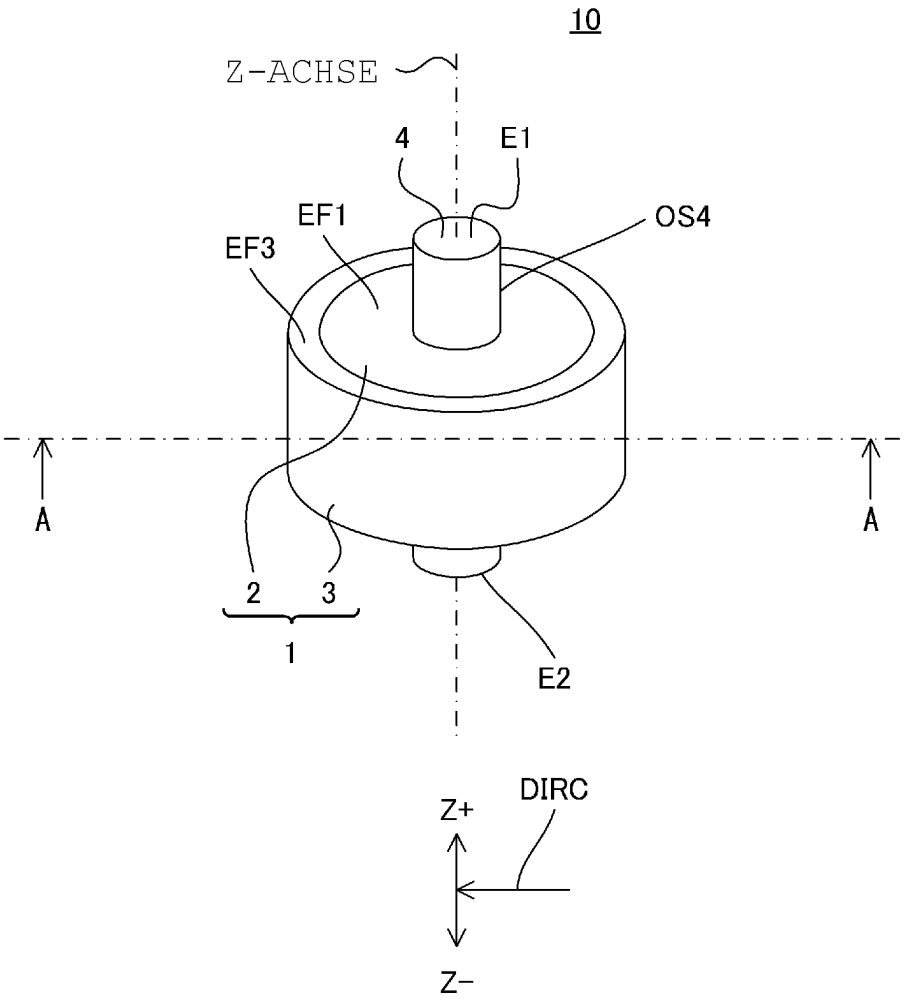


FIG. 2

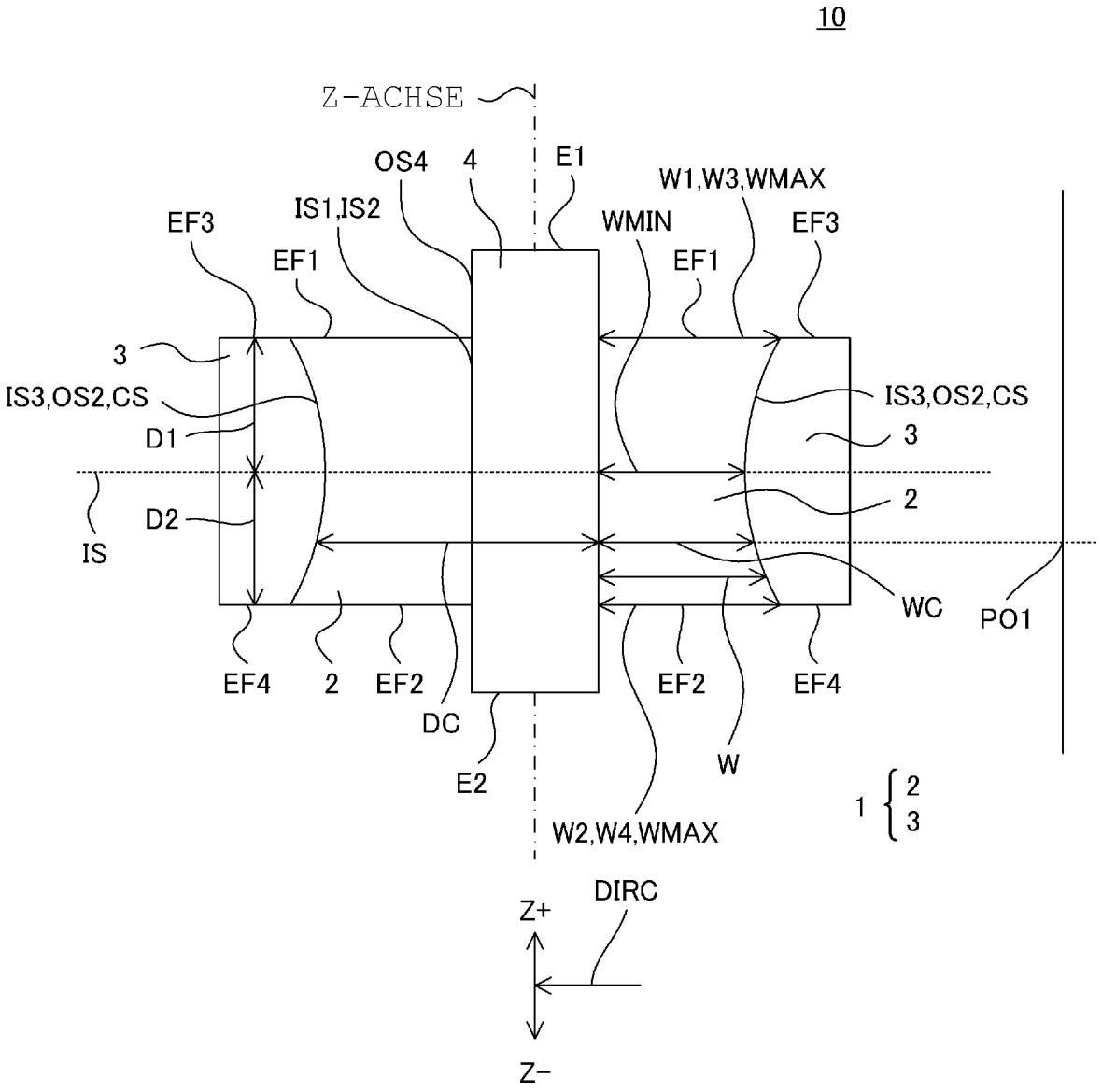

10
Z-ACHSE
OS4
4
E1
W1,W3,WMAX
IS1,IS2
WMIN
EF3
EF3
EF1
EF1
3
IS3,OS2,CS
IS3,OS2,CS
D1
3
2
D2
IS
WC
PO1
EF4
2
EF2
DC
EF2
EF4
E2
W
1
2
3
W2,W4,WMAX
DIRC
Z+
Z−

FIG. 3

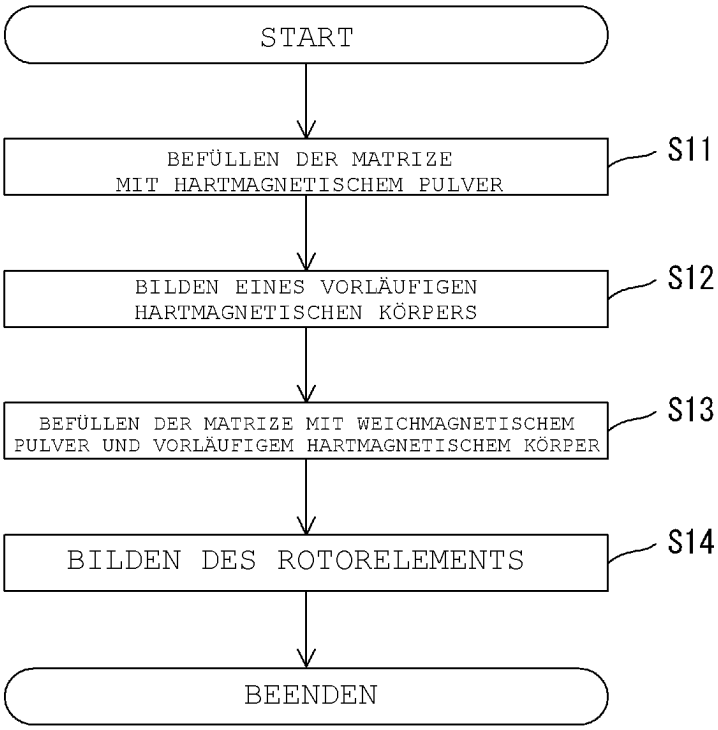

START
BEFÜLLEN DER MATRIZE MIT HARTMAGNETISCHEM PULVER
S11
BILDEN EINES VORLÄUFIGEN HARTMAGNETISCHEN KÖRPERS
S12
BEFÜLLEN DER MATRIZE MIT WEICHMAGNETISCHEM PULVER UND VORLÄUFIGEM HARTMAGNETISCHEM KÖRPER
S13
BILDEN DES ROTORELEMENTS
S14
BEENDEN

FIG. 4

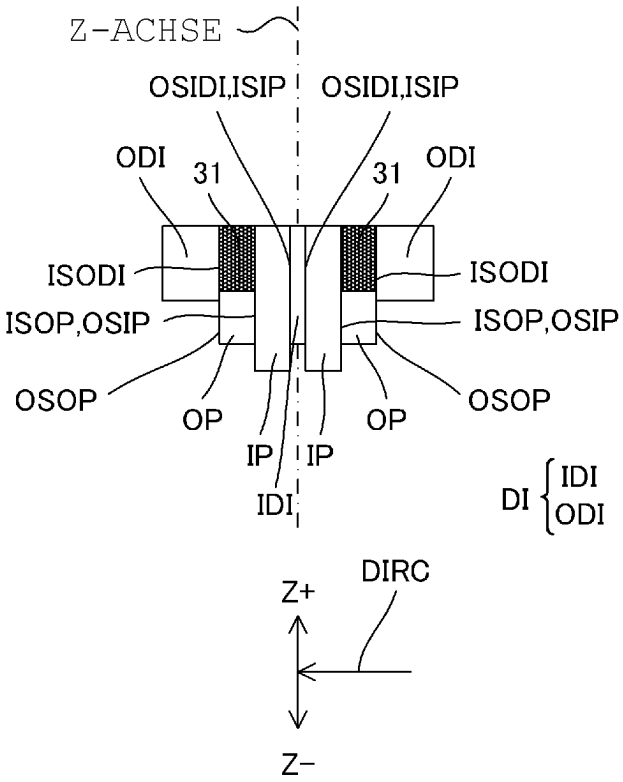

Z-ACHSE
OSIDI,ISIP
OSIDI,ISIP
ODI
31
31
ODI
ISODI
ISODI
ISOP,OSIP
ISOP,OSIP
OSOP
OP
IP
IP
OP
OSOP
IDI
DI
IDI
ODI
DIRC
Z+
Z−

FIG. 5

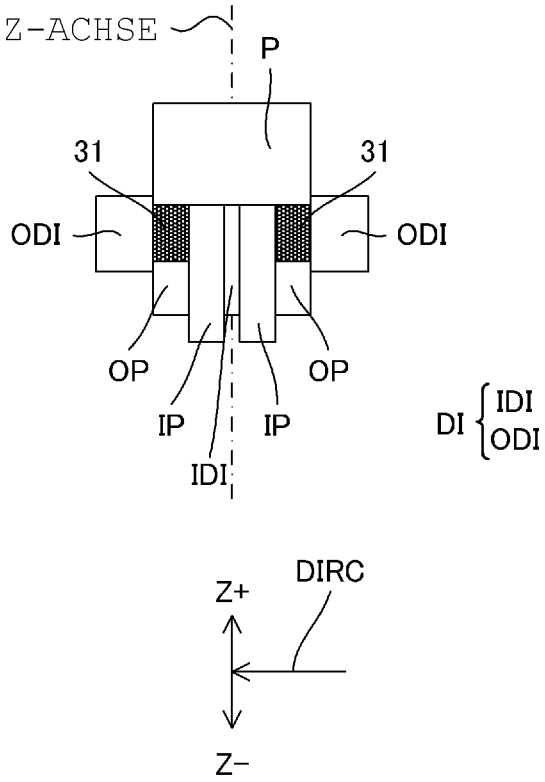

Z-ACHSE
P
31
31
ODI
ODI
OP
OP
IP
IP
IDI
DI
IDI
ODI
DIRC
Z+
Z-

FIG. 6

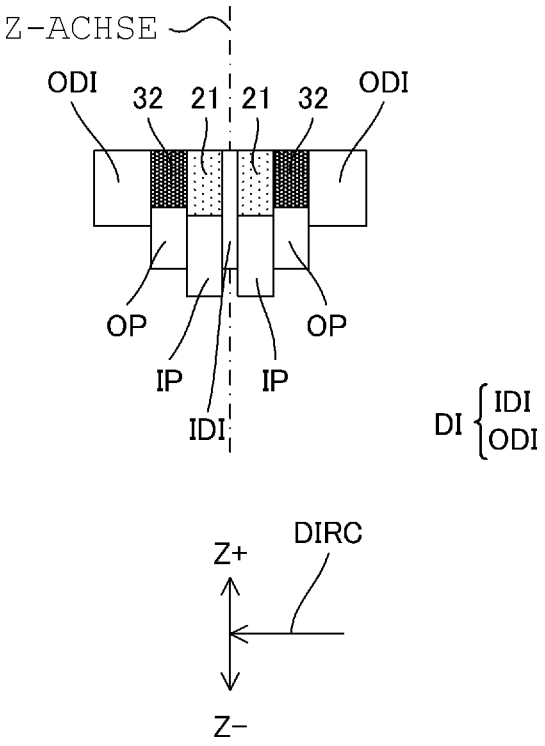

Z-ACHSE
ODI
32
21
21
32
ODI
OP
OP
IP
IP
IDI
DI
IDI
ODI
DIRC
Z+
Z-

FIG. 7

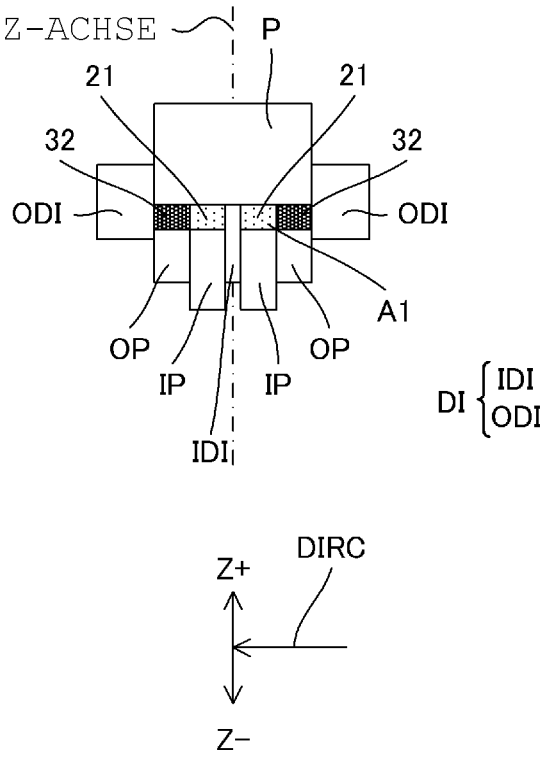


FIG. 8

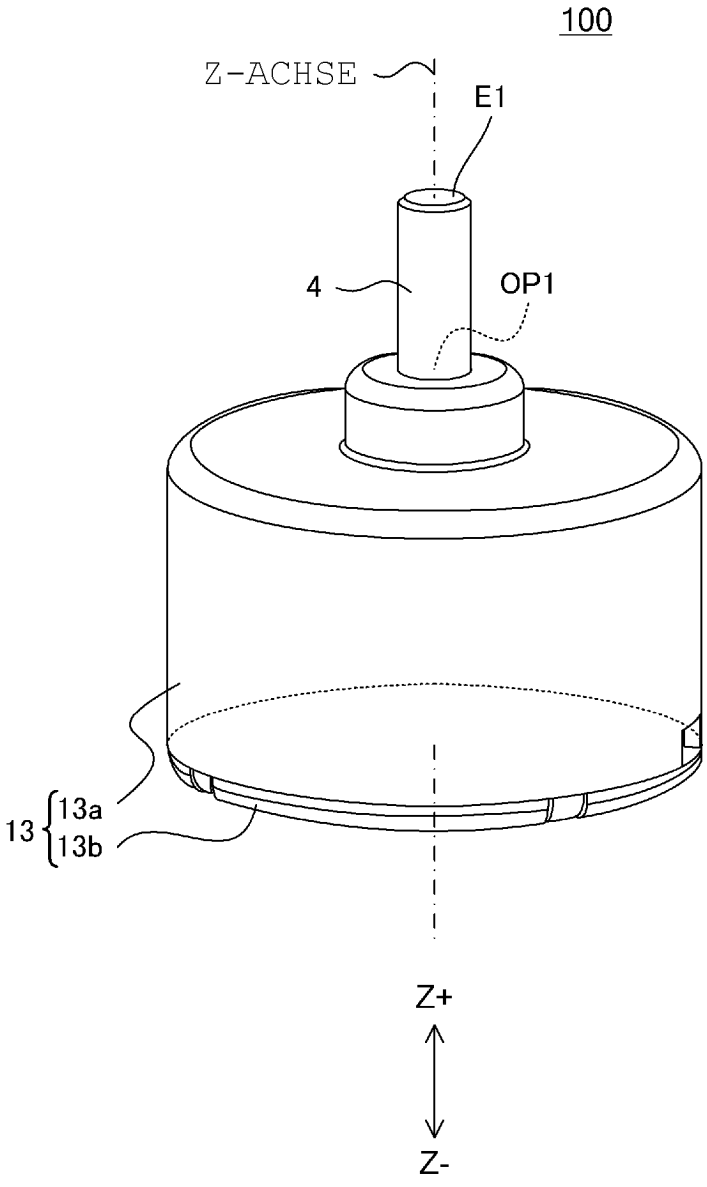


FIG. 9

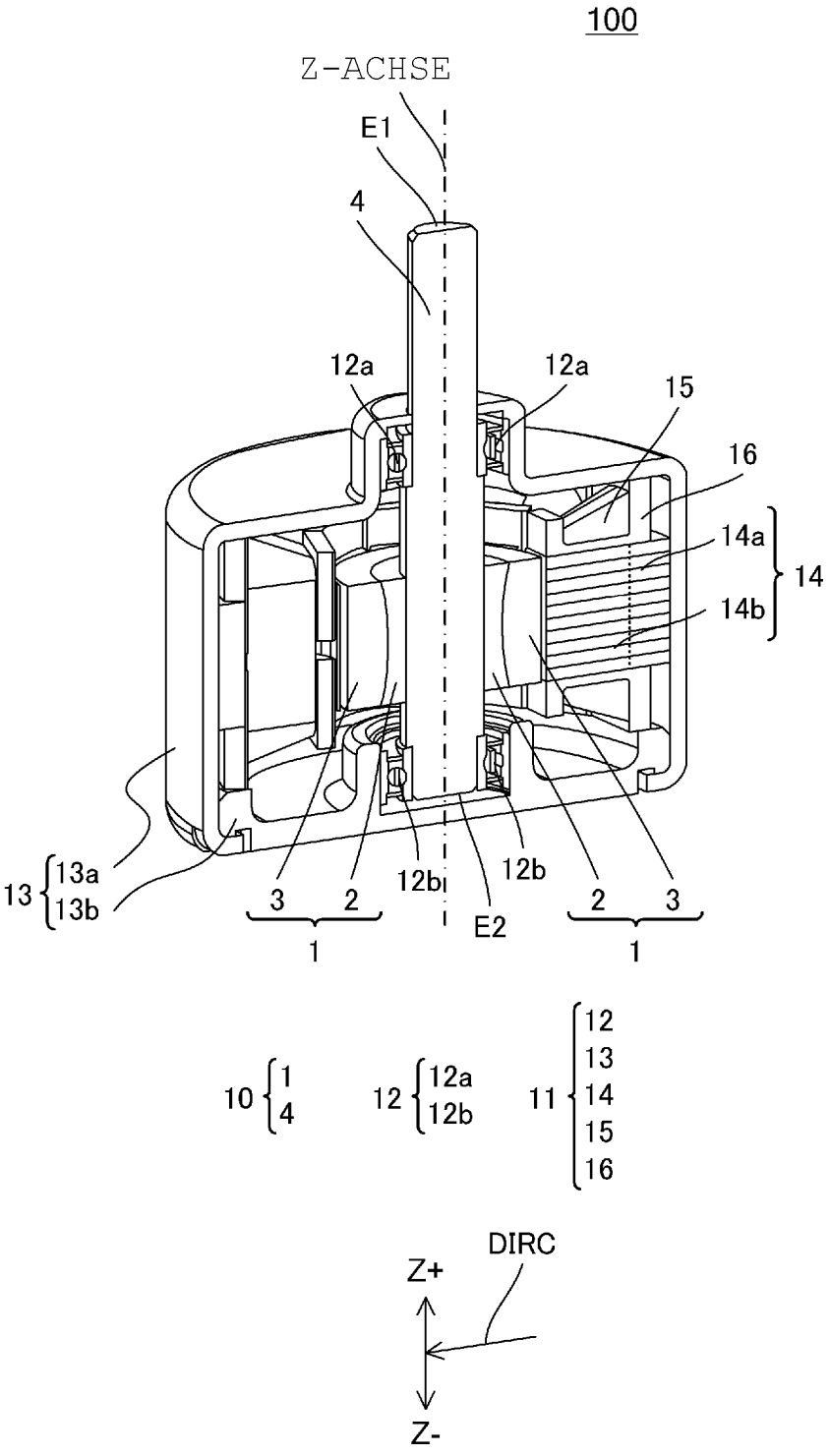

100
Z-ACHSE
E1
4
12a
12a
15
16
14a
14b
14
13
13a
13b
3
2
12b
12b
E2
2
3
1
1
10
1
4
12
12a
12b
11
12
13
14
15
16
DIRC
Z+
Z-

FIG. 10

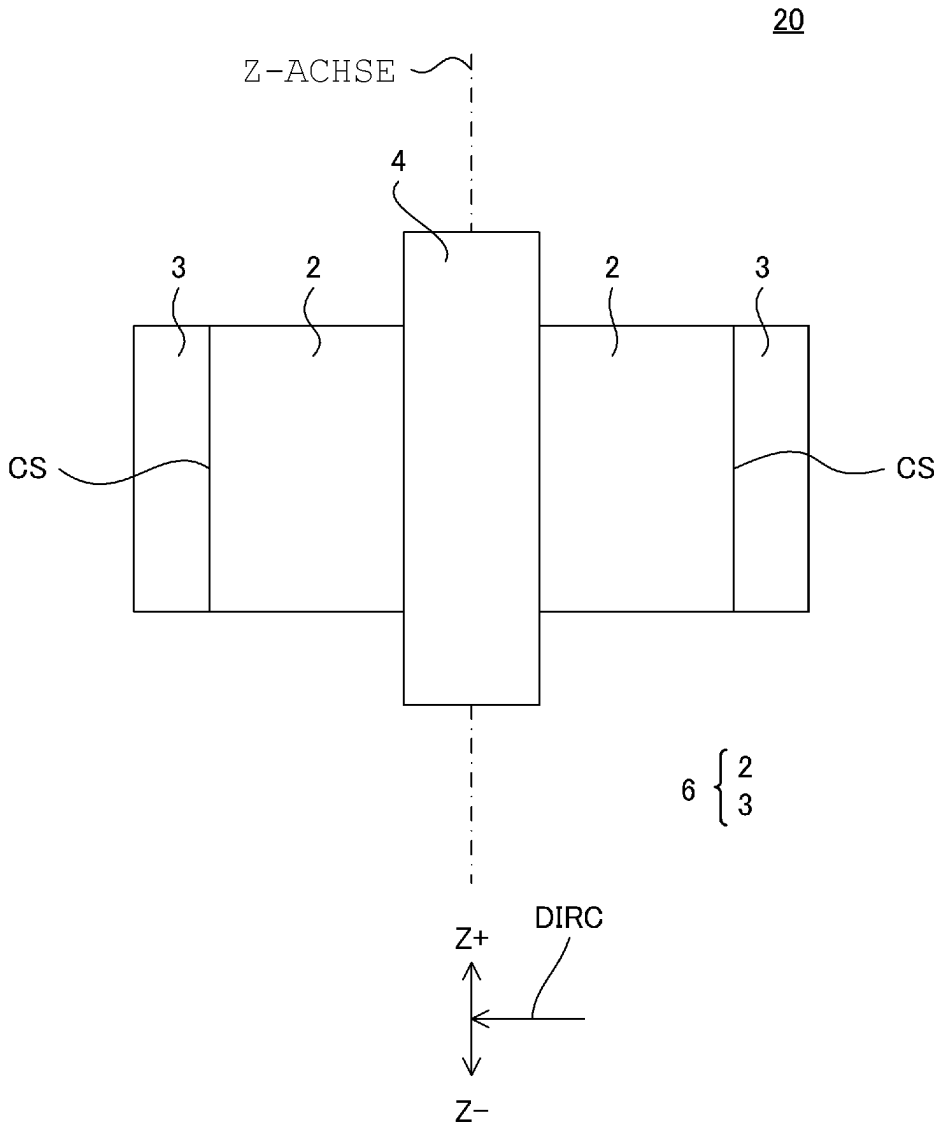


FIG. 11

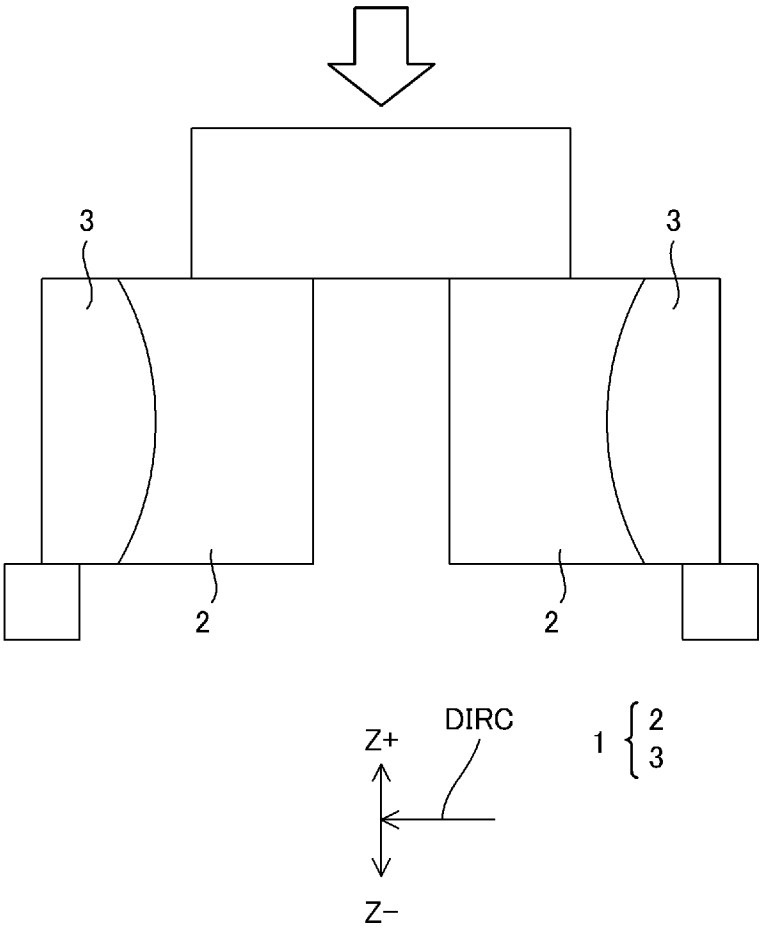


FIG. 12

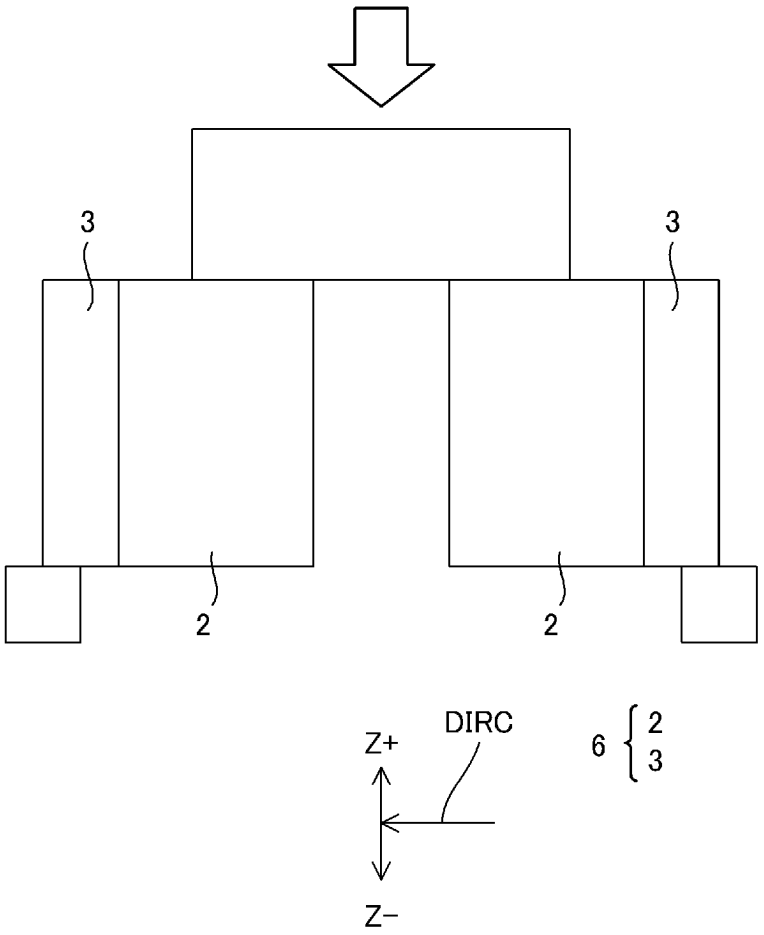

3
3
2
2
DIRC
Z+
Z−
6
2
3

FIG. 13

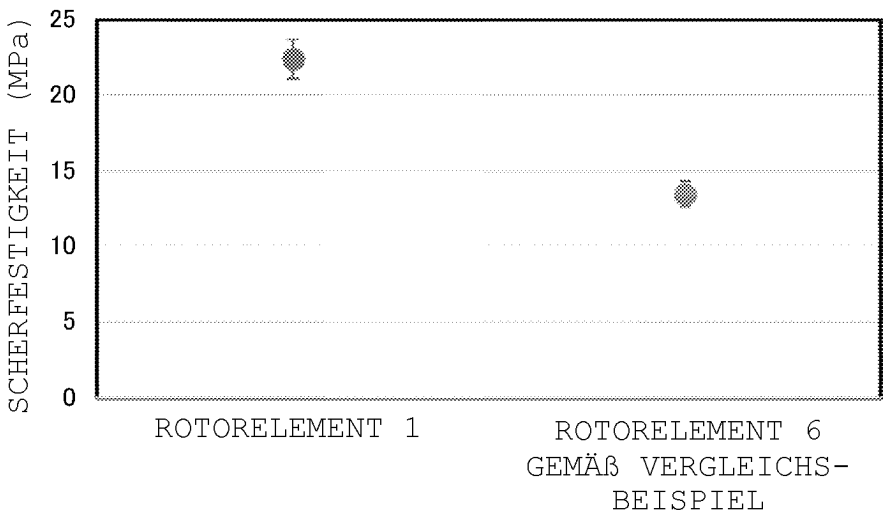

SCHERFESTIGKEIT (MPa)
25
20
15
10
5
0
ROTORELEMENT 1
ROTORELEMENT 6 GEMÄß VERGLEICHS-BEISPIEL

FIG. 14

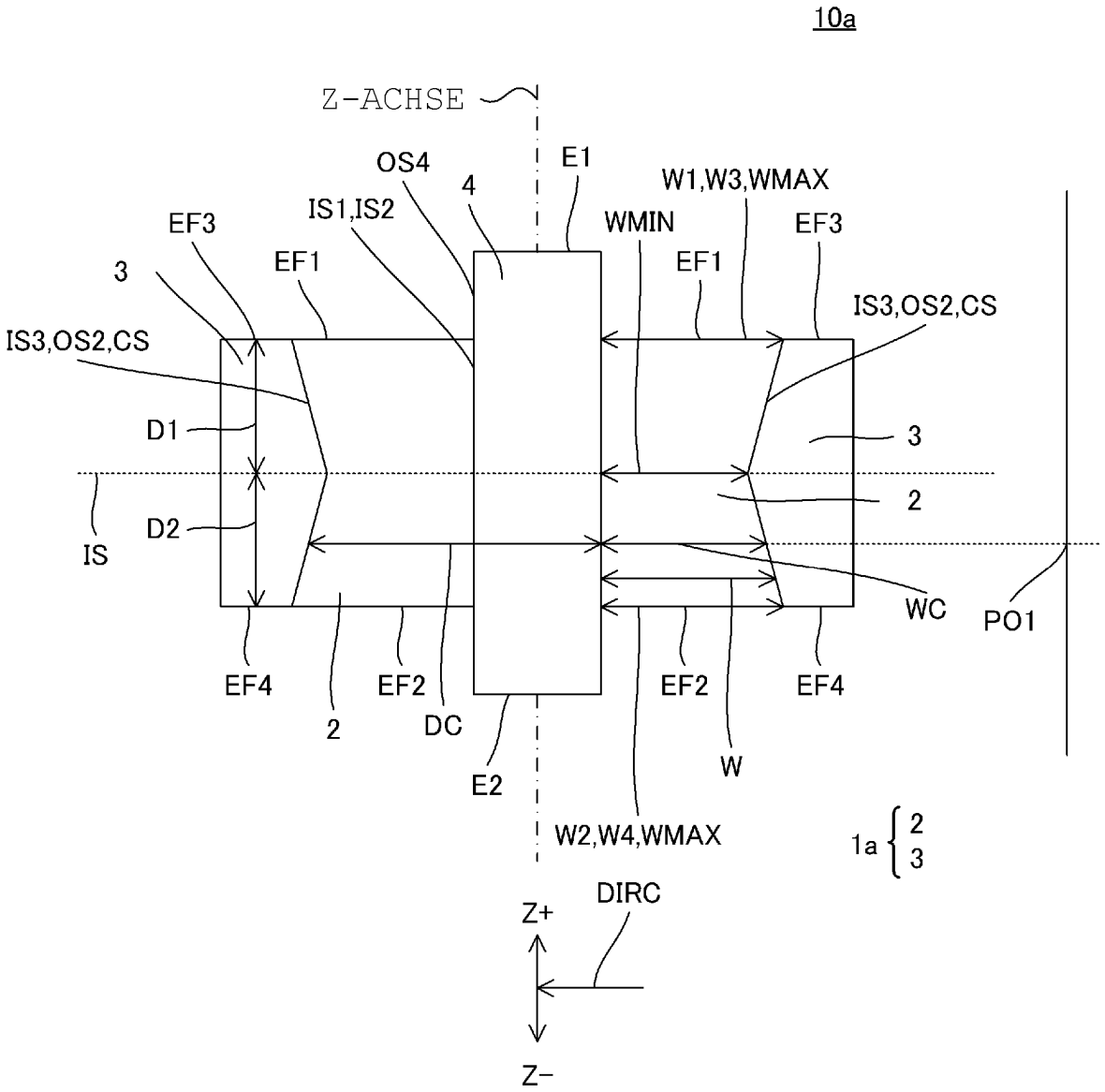

10a
Z-ACHSE
OS4
4
E1
W1,W3,WMAX
IS1,IS2
WMIN
EF3
EF3
EF1
EF1
3
IS3,OS2,CS
IS3,OS2,CS
D1
3
2
D2
IS
WC
PO1
EF4
EF2
DC
EF2
EF4
2
E2
W
W2,W4,WMAX
1a
2
3
DIRC
Z+
Z−

FIG. 15

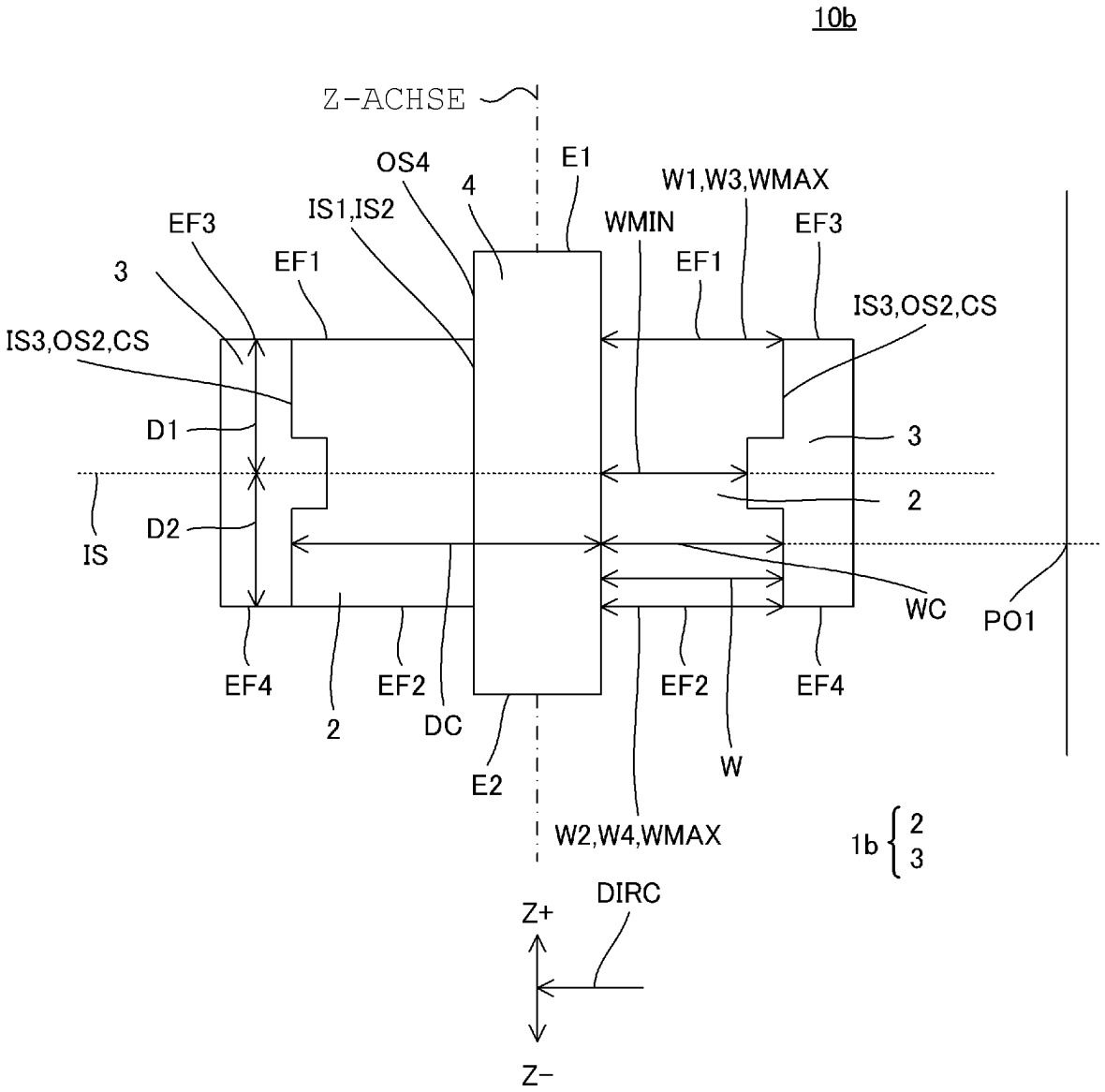

10b
Z-ACHSE
OS4
4
E1
W1,W3,WMAX
IS1,IS2
EF3
WMIN
EF3
3
EF1
EF1
IS3,OS2,CS
IS3,OS2,CS
D1
3
2
D2
IS
WC
PO1
EF4
EF2
DC
EF2
EF4
2
E2
W
W2,W4,WMAX
1b
2
3
DIRC
Z+
Z−

FIG. 16

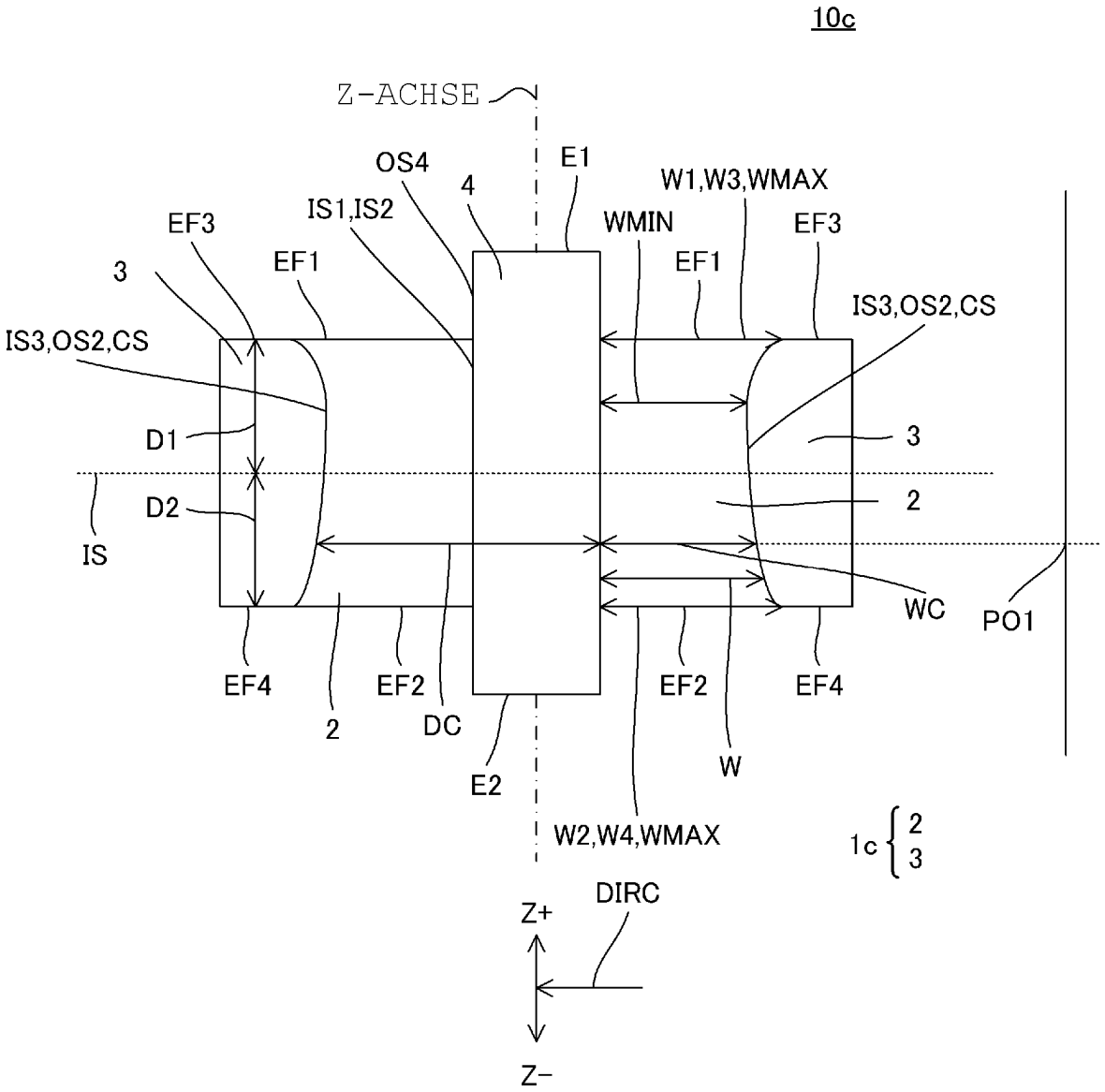

10c
Z-ACHSE
OS4
4
E1
W1,W3,WMAX
IS1,IS2
WMIN
EF3
EF3
EF1
EF1
3
IS3,OS2,CS
IS3,OS2,CS
D1
3
D2
2
IS
WC
PO1
EF4
EF2
EF2
EF4
2
DC
E2
W
W2,W4,WMAX
1c
2
3
DIRC
Z+
Z-

FIG. 17

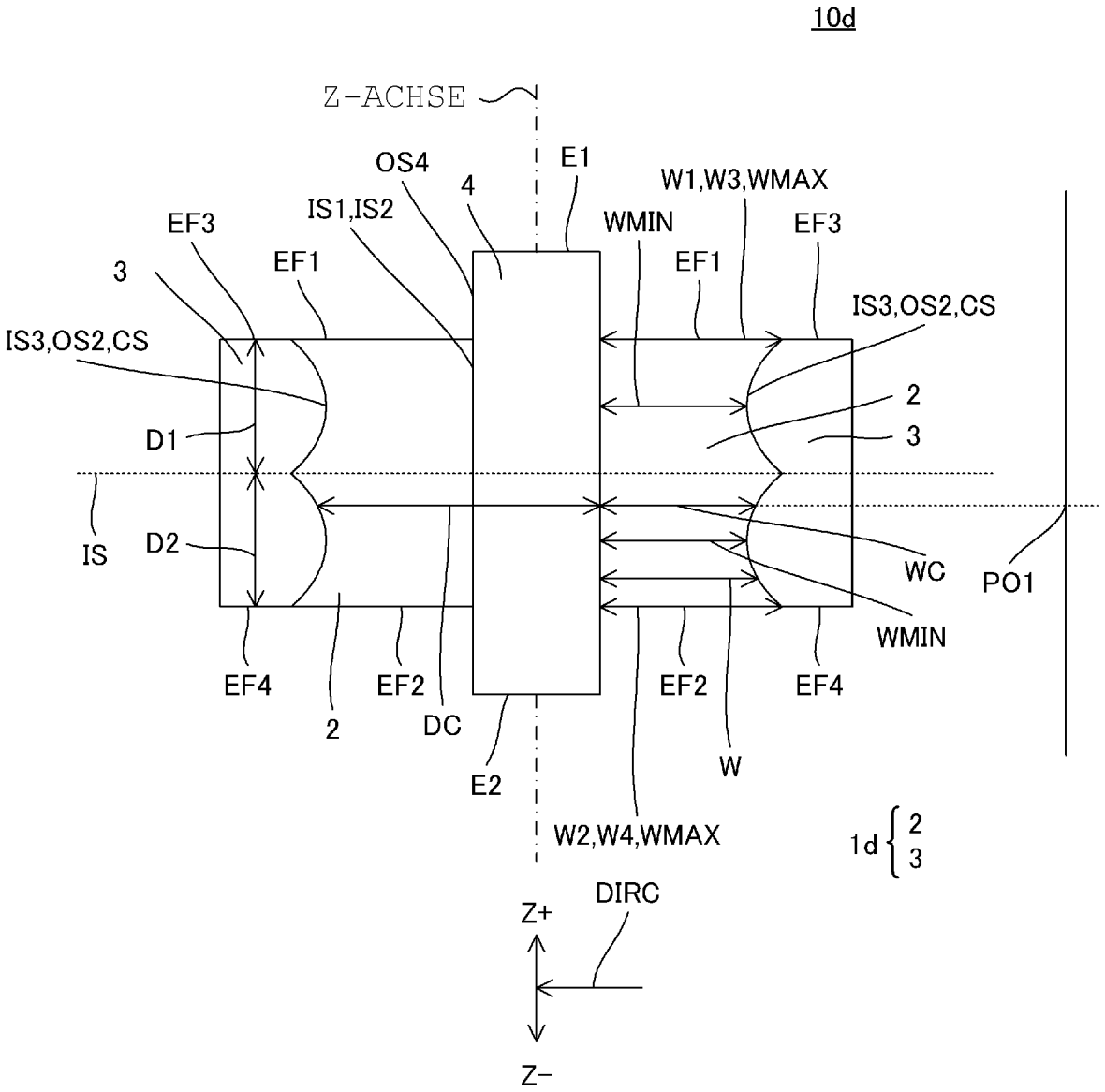

10d
Z-ACHSE
OS4
4
E1
W1,W3,WMAX
IS1,IS2
EF3
WMIN
EF3
3
EF1
EF1
IS3,OS2,CS
IS3,OS2,CS
2
D1
3
IS
D2
WC
PO1
WMIN
EF4
EF2
EF2
EF4
2
DC
E2
W
W2,W4,WMAX
1d { 2 3
DIRC
Z+
Z−

FIG. 18

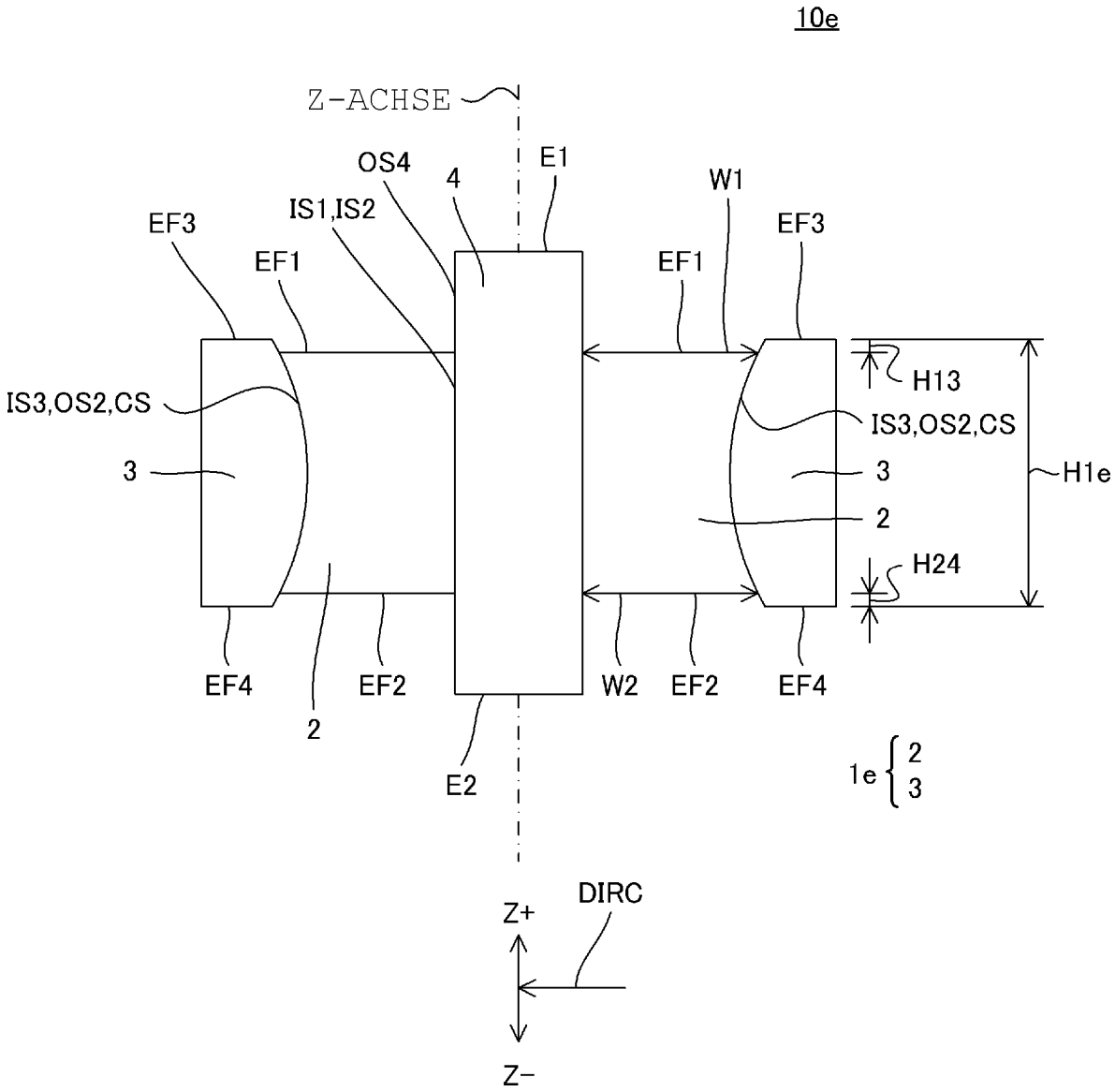
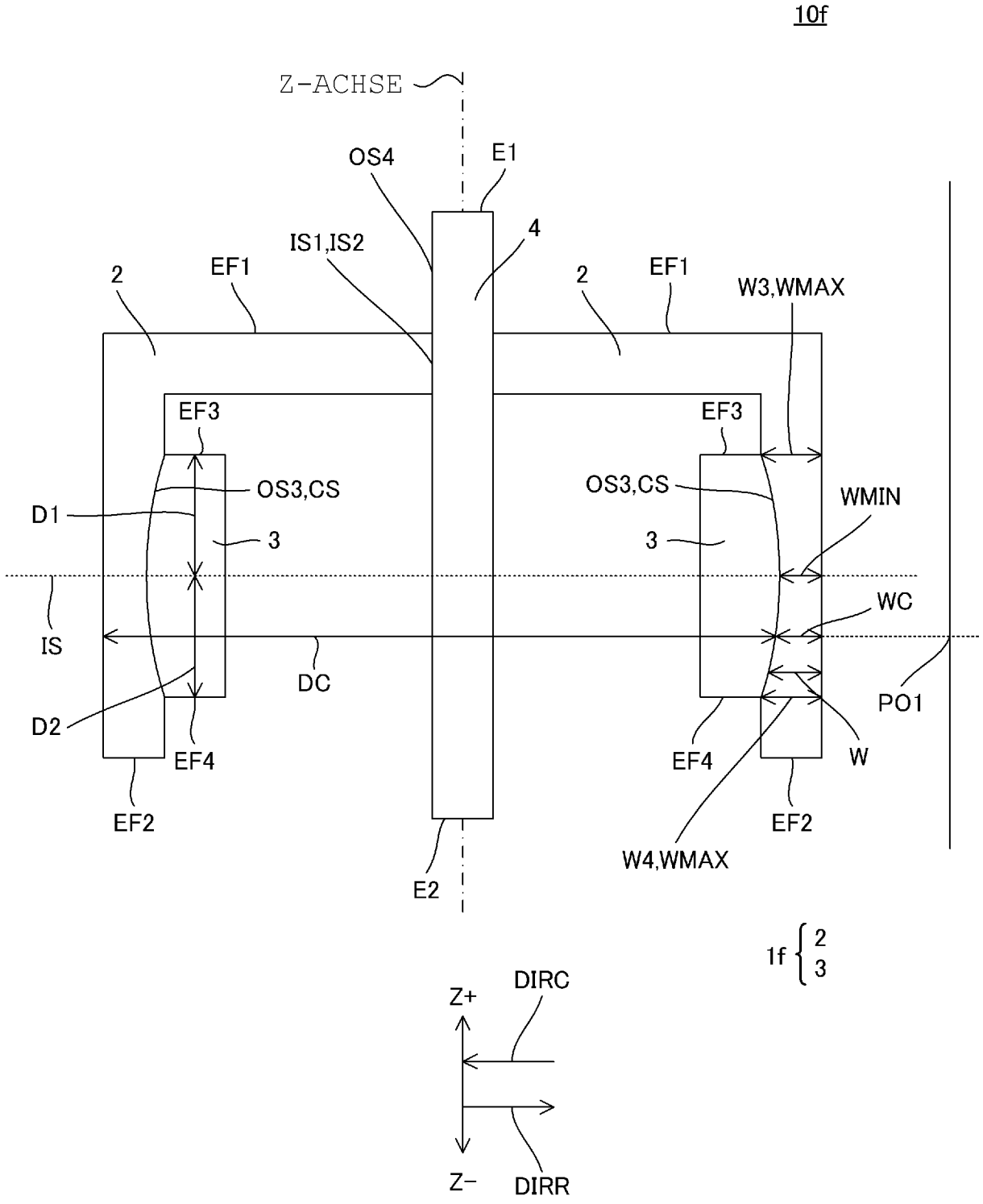

10e
Z-ACHSE
OS4
4
E1
W1
IS1,IS2
EF3
EF1
EF1
EF3
H13
IS3,OS2,CS
IS3,OS2,CS
3
3
H1e
2
H24
EF4
EF2
W2
EF2
EF4
2
E2
1e
2
3
DIRC
Z+
Z-

FIG. 19


10f
Z-ACHSE
OS4
E1
IS1,IS2
4
2
EF1
2
EF1
W3,WMAX
EF3
EF3
OS3,CS
OS3,CS
D1
3
3
WMIN
WC
IS
DC
D2
PO1
EF4
EF4
W
EF2
EF2
W4,WMAX
E2
1f
2
3
DIRC
Z+
Z−
DIRR