



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/114075**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 006 168.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/043258**
(86) PCT-Anmeldetag: **25.11.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.06.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **07.09.2023**

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

(30) Unionspriorität:
2020-196160 **26.11.2020** **JP**
2021-094750 **04.06.2021** **JP**

(71) Anmelder:
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

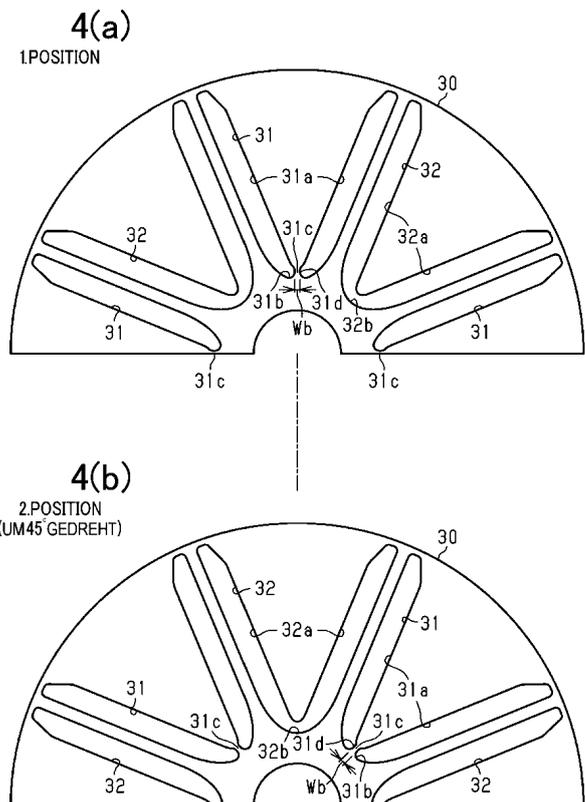
(72) Erfinder:
**Nakayama, Takahiro, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Hiramatsu, Ritsuro, Kariya-city, Aichi, JP; Uchida,
Toshihiro, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Sakai,
Masahito, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Rotor und drehende elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Rotor (20) mit: einem Rotorkern (22) mit einer Vielzahl von Kernblättern (30), die zusammen laminiert sind und eine Vielzahl von Magnetaufnahmelöchern (24) in einer gefalteten Form aufweisen, die nach radial innen konvex ist; und einer Vielzahl von Permanentmagneten (23), die entsprechend in den Magnetaufnahmelöchern des Rotorkerns eingebettet sind, wobei: jedes der Vielzahl der Kernblätter eine Vielzahl von ersten Durchgangslöchern (31) und eine Vielzahl von zweiten Durchgangslöchern (32) aufweist, wobei jedes der ersten Durchgangslöcher einen Verbindungsabschnitt (31c, 61) an einer Zwischenposition in der gefalteten Form eines entsprechenden einen der Magnetaufnahmelöcher aufweist, um innere Randkanten des ersten Durchgangslöcher, die in einer Richtung der Breite des ersten Durchgangslöcher nach zueinander gerichtet sind, zu verbinden, und jedes der zweiten Durchgangslöcher keinen Verbindungsabschnitt aufweist; die Vielzahl der Kernblätter in ihrer Konfiguration zueinander identisch sind; und die Vielzahl der Kernblätter so laminiert sind, dass jedes der Magnetaufnahmelöcher des Rotorkerns aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher der Vielzahl der Kernblätter bestimmt ist.



BeschreibungQUERBEZUG ZU VERWANDTEN
ANMELDUNGEN

[0001] Die vorliegende Anmeldung beruht auf der japanischen Patentanmeldung Nummer 2020 - 196 160, die am 26. November 2020 eingereicht wurde, und der japanischen Patentanmeldung mit der Nummer 2021 - 094 750, die am 4. Juli 2021 eingereicht wurde, deren Inhalte durch Bezug in die vorliegende Anmeldung aufgenommen sind.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft Rotoren mit inneren Permanentmagneten und drehende elektrische Maschinen.

STAND DER TECHNIK

[0003] Drehende elektrische Maschinen, die Rotoren mit inneren Permanentmagneten (IPM) einsetzen, sind gut bekannt. Die IPM-Rotoren weisen in einem Motorkern eingebettete Permanentmagnete auf. Die IPM-Rotoren sind konfiguriert, sowohl ein magnetisches Moment durch die Permanentmagnete wie auch ein Reluktanzmoment durch radial außerhalb der Permanentmagnete angeordnete äußere Kernabschnitte zu erzeugen.

[0004] In solchen IPM-Rotoren ermöglicht es das Konfigurieren der Permanentmagnete, eine gefaltete Form aufzuweisen (zum Beispiel eine V-Form oder eine U-Form), die in einer axialen Ansicht nach radial innen konvex ist (siehe zum Beispiel das Patentdokument 1), möglich, die äußeren Kernabschnitte und die Oberflächen der Permanentmagnete, die mit den äußeren Kernabschnitten in Anlage sind, zu vergrößern. Nämlich kann ein Anstieg des Drehmoments der drehenden elektrischen Maschine erwartet werden.

LITERATUR DES STAND DER TECHNIK

PATENTLITERATUR

[0005] Patentdokument 1: japanische Patentanmeldung mit der Offenlegungsnummer JP 2018 - 085 779 A

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Da in dem Rotorkern Magnetaufnahmelöcher ausgebildet sind, um die Permanentmagnete aufzunehmen, ist es schwierig, die Positionen und Formen von Verbindungsabschnitten des Rotorkerns einzustellen, die die äußeren Kernabschnitte mit einem Hauptkörperabschnitt des Rotorkerns verbinden. Insbesondere sind die Verbindungsabschnitte eben-

falls Abschnitte, an denen ein Ausfließen des Magnetflusses auftritt. Deswegen ist es bevorzugt, die Breiten der Verbindungsabschnitte klein einzustellen. Falls die Breiten der Verbindungsabschnitte schon klein eingestellt sind, werden andererseits die Verbindungsabschnitte, die die äußeren Kernabschnitte stützen, strukturell schwach, was eine Verringerung der Festigkeit der äußeren Kernabschnitte gegen die Zentrifugalkraft ergibt. Je mehr die äußeren Kernabschnitte vergrößert sind, um das Drehmoment zu vergrößern, desto bemerkenswerter wird dieses Problem. Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben untersucht, ob ein derartiges Problem durch eine einfache Gegenmaßnahme gelöst werden kann. Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, einen Rotor und eine drehende elektrische Maschine bereitzustellen, die die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte gegen die Zentrifugalkraft mit der einfachen Gegenmaßnahme verbessern können.

[0007] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung ist ein Rotor bereitgestellt. Der Rotor hat: einen Rotorkern mit einer Vielzahl von Kernblättern, die zusammen laminiert sind und eine Vielzahl von Magnetempfangslöchern aufweisen, die in einer gefalteten Form ausgebildet sind, die nach radial innen konvex ist; und eine Vielzahl von Permanentmagneten, die entsprechend in den Magnetempfangslöchern des Rotorkerns eingebettet sind. Jedes der Vielzahl der Kernblätter weist eine Vielzahl von ersten Durchgangslöchern und eine Vielzahl von zweiten Durchgangslöchern auf. Jedes der ersten Durchgangslöcher weist einen Verbindungsabschnitt auf, der an einem Zwischenabschnitt in der gefalteten Form eines entsprechenden einen der Magnetempfangslöcher ausgebildet ist, um innere Randkanten des ersten Durchgangslochs miteinander zu verbinden, die in einer Einrichtung der Breite des ersten Durchgangslochs nach zueinander gerichtet sind. Jedes der zweiten Durchgangslöcher weist keinen Verbindungsabschnitt auf. Die Vielzahl der Kernblätter sind in der Konfiguration zueinander identisch. Die Vielzahl der Kernblätter sind so laminiert, dass jedes der Magnetempfangslöcher des Rotorkerns aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher der Vielzahl der Kernblätter bestimmt ist.

[0008] Gemäß einem zweiten Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung ist eine drehende elektrische Maschine bereitgestellt, die einen Rotor und einen Stator hat. Der Rotor hat: einen Rotorkern mit einer Vielzahl von Kernblättern, die zusammen laminiert sind und eine Vielzahl von Magnetempfangslöchern aufweisen, die in einer gefalteten Form ausgebildet sind, die nach radial innen konvex ist; und eine Vielzahl von Permanentmagneten, die entsprechend in den Magnetempfangslöchern des Rotorkerns eingebettet sind. Der Stator ist konfiguriert, ein drehen-

des Magnetfeld auf den Rotor anzuwenden. Jede der Vielzahl der Kernblätter weist eine Vielzahl von ersten Durchgangslöchern und eine Vielzahl von zweiten Durchgangslöchern auf. Jedes der ersten Durchgangslöcher weist einen Verbindungsabschnitt an einer Zwischenposition einer gefalteten Form eines entsprechenden einen der Magnetempfangslöcher auf, um innere Randkanten des ersten Durchgangslochs, die in einer Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs der Breite nach zueinander gerichtet sind, zu verbinden. Jedes der zweiten Durchgangslöcher weist keinen Verbindungsabschnitt auf. Die Vielzahl der Kernblätter sind in der Konfiguration zueinander identisch. Die Vielzahl der Kernblätter sind so laminiert, dass jedes der Magnetempfangslöcher des Rotorkerns aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher der Vielzahl der Kernblätter bestimmt ist.

[0009] In dem voranstehend beschrieben Rotor und der drehenden elektrischen Maschine existieren die ersten Durchgangslöcher, die jeweils an dem zwischen Abschnitt in der gefalteten Form des entsprechenden Magnetempfangslochs ausgebildeten Verbindungsabschnitt aufweisen, und die zweiten Durchgangslöcher, die jeweils keinen Verbindungsabschnitt aufweisen, zusammen in jedem der Kernblätter. Darüber hinaus sind die Kernblätter, die in ihrer Konfiguration zueinander identisch sind, so laminiert, dass jedes der Magnetempfangslöcher des Rotorkerns aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher der Kernblätter bestimmt ist. Folglich ist jeder von äußeren Kernabschnitten des Rotorkerns, die radial außerhalb der Permanentmagnete angeordnet sind, mit Bezug auf einen gemeinsamen Abschnitt des Rotorkerns an drei Stellen gestützt, d. h. an zwei Stellen, wo zwei Verbindungsabschnitte entsprechend außerhalb der radial äußeren Enden des entsprechenden Magnetempfangslochs ausgebildet sind, und der Stelle, wo die Verbindungsabschnitte der ersten Durchgangslöcher ausgebildet sind. Nämlich ist jeder der äußeren Kernabschnitte an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten der ersten Durchgangslöcher wie auch an den zwei Verbindungsabschnitten gestützt, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration des entsprechenden Magnetempfangslochs in dem IPM-Rotor bereitgestellt sind. Als ein Ergebnis ist die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte gegen die Zentrifugalkraft verbessert. Zusätzlich wird es möglich, den Rotor und die drehende elektrische Maschine gemäß der vorliegenden Offenbarung durch die einfache Gegenmaßnahme durch das Vorbereiten von lediglich einer Art von Kernblättern zu realisieren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010] Die voranstehend beschriebene Aufgabe, andere Aufgaben, Merkmale und günstige Vorteile gemäß der vorliegenden Offenbarung werden aus

der folgenden ausführlichen Erläuterung mit Bezug auf die anhängenden Zeichnungen besser verstanden werden. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 ein Konfigurationsdiagramm einer drehenden elektrischen Maschine, die einen IPM-Rotor gemäß einer Ausführungsform hat;

Fig. 2 eine Draufsicht des Rotors aus der **Fig. 1**;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht des Rotors aus der **Fig. 1**;

Fig. 4(a) und **Fig. 4(b)** Draufsichten eines Kernblatts, das in dem Rotor aus der **Fig. 1** eingesetzt ist;

Fig. 5 ein erläuterndes Diagramm zum Erläutern der Eigenschaften des Rotors aus der **Fig. 1**;

Fig. 6 ein anderes erläuterndes Diagramm zum Erläutern der Eigenschaften des Rotors aus der **Fig. 1**;

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht eines Rotors gemäß einer Modifikation;

Fig. 8 eine perspektivische Ansicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation;

Fig. 9 eine perspektivische Ansicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation;

Fig. 10 eine perspektivische Ansicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation;

Fig. 11 eine Draufsicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation;

Fig. 12 eine Querschnittsansicht entlang der Linie XII-XII in der **Fig. 11**;

Fig. 13 eine Querschnittsansicht entlang der Linie XIII-XIII in der **Fig. 11**;

Fig. 14 (a) und **Fig. 14 (b)** Draufsichten eines in dem Rotor aus der **Fig. 11** eingesetzten Kernblatts;

Fig. 15 eine Draufsicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation;

Fig. 16 eine Querschnittsansicht entlang der Linie XVI-XVI der **Fig. 15**;

Fig. 17 eine Querschnittsansicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation;

Fig. 18 eine Draufsicht eines Rotors gemäß einer anderen Modifikation; und

Fig. 19 eine Draufsicht eines in einem Rotor gemäß einer anderen Modifikation eingesetzten Kernblatts.

AUSFÜHRUNGSFORMEN ZUM AUSFÜHREN
DER ERFINDUNG

Welle 21 ist durch Lager (nicht gezeigt) gelagert, die in dem Gehäuse 14 bereitgestellt sind.

[0011] Im Folgenden wird eine Ausführungsform eines Rotors und einer drehenden elektrischen Maschine beschrieben. Es sollte verstanden werden, dass der Ausdruck „zumindest eines aus A und B“ in der vorliegenden Offenbarung als „lediglich A, lediglich B oder sowohl A als auch B“ bedeutet.

[0012] Wie aus der **Fig. 1** ersichtlich ist, ist eine drehende elektrische Maschine M gemäß der vorliegenden Ausführungsform als ein bürstenloser IPM-Motor konfiguriert. Die drehende elektrische Maschine M hat im Wesentlichen einen ringförmigen Stator 10 und einen im Wesentlichen zylindrischen Rotor 20, der drehbar in einem Raum innerhalb des Stators 10 angeordnet ist.

[0013] Der Stator 10 hat einen im Wesentlichen ringförmigen Stator Kern 11. Der Stator Kern 11 ist aus einem magnetischen Metallmaterial ausgebildet. Zum Beispiel kann der Stator 11 durch Laminieren einer Vielzahl von magnetischen Stahlplättchen ausgebildet sein. Der Stator Kern 11 weist eine Vielzahl (noch genauer in der vorliegenden Ausführungsform zwölf) Zähne 12 auf, die sich radial nach innen erstrecken und in gleichen Abständen in einer Umfangsrichtung angeordnet sind. Alle die Zähne 12 sind in der Form zueinander identisch. Jeder der Zähne 12 weist einen im Wesentlichen T-förmigen radialen inneren Endabschnitt (d. h. einen distalen Endabschnitt) und eine distale Endoberfläche 12a auf, die in einer Bogenform entlang der äußeren Umfangsoberfläche des Rotors 20 ausgebildet sind. Wicklungen 13 sind um die Zähne 12 in einer Weise in der konzentrierten Wicklung gewickelt. In der vorliegenden Ausführungsform ist nämlich die Anzahl der Magnetpole des Stators 10 auf 12 eingestellt. Die Wicklungen 13 sind in drei Phasen verbunden, um entsprechend als eine O-Phase, eine V-Phase und eine W-Phase zu funktionieren, wie aus der **Fig. 1** ersichtlich ist. Aufgrund der Zufuhr von elektrischer Leistung zu den Wicklungen 13 erzeugt der Stator 10 ein drehendes Magnetfeld, und treibt dabei den Rotor 20 an, um zu drehen. Zusätzlich ist in dem Stator 10 eine äußere Umfangsoberfläche des Stator Kerns 11 in einer inneren Umfangsoberfläche eines Gehäuses 14 befestigt.

[0014] Der Rotor 20 hat eine drehende Welle 21, einen im Wesentlichen zylindrischen Rotorkern 22, eine drehende Welle 21 in einem Mittelteil davon eingefügt auftritt, und eine Vielzahl (noch genauer in der vorliegenden Ausführungsform acht) Permanentmagnete 23, die in den Rotorkern 22 eingebettet sind. In der vorliegenden Ausführungsform ist nämlich die Anzahl der Magnetpole des Rotors 20 auf acht eingestellt. Der Rotor 20 ist drehbar mit Bezug auf den Stator 10 angeordnet, und eine drehende

[0015] Wie aus der **Fig. 2** ersichtlich ist, weist der Rotorkern 22 eine Vielzahl von Magnetempfangslöchern 24 zum darin Empfangen der Permanentmagnete 23 auf. Noch genauer sind in der vorliegenden Ausführungsform acht Magnetempfangslöcher 24 in gleichen Abständen in der Umfangsrichtung des Rotorkerns 22 ausgebildet. Jedes der Magnetempfangslöcher 24 weist eine gefaltete im Wesentlichen V-Form auf, die nach radial innen konvex ist. Noch genauer weist jedes der Magnetempfangslöcher 24 eine Form derart auf, dass die radial inneren Enden eines Paares der geraden Abschnitte 24a durch einen gekrümmten Abschnitt 24b verbunden sind. Darüber hinaus sind für jedes der Magnetempfangslöcher 24 die radial äußeren Enden 24c des Paares der geraden Abschnitte 24a des Magnetempfangslochs 24 nahe der äußeren Umfangsoberfläche 22a des Rotorkerns 22 angeordnet; und der gekrümmte Abschnitt 24b des Magnetempfangslochs 24 ist nahe eines Welleneinfügelochs 22b angeordnet, das in dem Mittelteil des Rotorkerns 22 ausgebildet ist, und in das die drehende Welle 21 eingefügt ist.

[0016] Für jedes der Magnetempfangslöcher 24 ist die Breite des Paares der geraden Abschnitte 24a (entsprechend der Dicke W_m der geraden Abschnitte 23a der Permanentmagnete 23) eingestellt, konstant zu sein; und die Breite des gekrümmten Abschnitts 24b (entsprechend der Dicke W_{m1} der gekrümmten Abschnitte 23b der Permanentmagnete 23) ist eingestellt, allmählich kleiner als die Breite des Paares der geraden Abschnitte 24a zu werden. Darüber hinaus ist jedes der Magnetempfangslöcher 24 ausgebildet, sich über die gesamte axiale Länge des Rotorkerns 22 zu erstrecken. In der vorliegenden Ausführungsform haben die Magnetempfangslöcher 24 zwei Arten von Magnetempfangslöchern, d. h., Magnetempfangslöcher 24a der ersten Art und Magnetempfangslöcher 24b der zweiten Art, die im Wesentlichen die gleiche Konfiguration aufweisen, aber sich geringfügig voneinander unterscheiden (die Details davon werden später beschrieben).

[0017] Wie aus der **Fig. 3** ersichtlich ist, ist der Rotorkern 22 durch Laminieren einer Vielzahl von Kernblättern 30 in Richtung einer Achse L1 ausgebildet; die Kernblätter 30 sind aus magnetischen Stahlblättern hergestellt. In der vorliegenden Ausführungsform weisen alle die Kernblätter 30, die in dem Rotorkern 22 eingesetzt sind, die gleiche Konfiguration auf, wie aus der **Fig. 4(a)** ersichtlich ist. Zusätzlich erscheint das Kernblatt 30, das aus der **Fig. 4(b)** ersichtlich ist, auf den ersten Blick in der Form von dem Kernblatt 30 unterschiedlich zu sein, das aus der **Fig. 4(a)** ersichtlich ist. Jedoch zeigen die **Fig. 4(a)** und **Fig. 4(b)** tatsächlich das gleiche Kernblatt 30,

das in zwei unterschiedlichen Positionen angeordnet ist, d. h. an einer ersten Position der **Fig. 4(a)** und an einer zweiten Position der **Fig. 4(b)**; und die zweite Position ist mit Bezug auf die erste Position um einen Winkel entsprechend einem Magnetempfangsloch 24 gedreht, d. h. um 45° entsprechend dem einen Magnetpol des Rotors 20. In jedem der Kernblätter 30 sind zwei Arten von Durchgangslöchern 31 und 32 in einer gemischten Weise so ausgebildet, dass sie zwei Arten von Magnetempfangslöchern 24 des Rotorkerns 22 bestimmen.

[0018] Jedes der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 weist eine gefaltete im Wesentlichen V-Form auf, die nach radial innen konvex ist. Noch genauer weist jedes der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 eine Form derart auf, dass die radial inneren Enden eines Paares der geraden Abschnitte 31a und 32a durch einen gekrümmten Abschnitt 31b oder 32b verbunden sind. Als ein Unterschied zwischen den ersten Durchgangslöchern 31 und den zweiten Durchgangslöchern 32 weist der gekrümmte Abschnitt 31b von jedem der ersten Durchgangslöcher 31 einen Verbindungsabschnitt 31c auf, während der gekrümmte Abschnitt 32b von jedem der zweiten Durchgangslöcher 32 einen Verbindungsabschnitt derart wie der Verbindungsabschnitt 31c nicht aufweist. In jedem der ersten Durchgangslöcher 31 erstreckt sich der Verbindungsabschnitt 31c in einer Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs 31 nach, um innere Randkanten des ersten Durchgangslochs 31 miteinander zu verbinden; die inneren Randkanten sind in Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs 31 nach zueinander gerichtet. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Verbindungsabschnitt 31c eine Breite W_b auf, die eingestellt ist, kleiner als oder gleich der Dicke t (siehe die **Fig. 3**) von jedem der Kernblätter 30 zu sein. Darüber hinaus weisen Seitenkanten 31d des Verbindungsabschnitts 31c eine gleichförmig gekrümmte Form derart auf, dass die Breite des Verbindungsabschnitts 31c sich zu einem Mittelteil in der Erstreckungsrichtung des Verbindungsabschnitts 31c verringert. Zum Beispiel kann die gekrümmte Form der Seitenkanten 31d eingestellt sind, einen Krümmungsradius aufzuweisen, der im Wesentlichen die halbe Länge des Verbindungsabschnitts 31c in Erstreckungsrichtung davon beträgt. In jedem der Kernblätter 30 sind die ersten Durchgangslöcher 31 und die zweiten Durchgangslöcher 32 abwechselnd in Abständen von 45° in der Umfangsrichtung angeordnet.

[0019] In der vorliegenden Ausführungsform werden in dem Prozess des Laminierens der Kernblätter 30, um den Rotorkern 22 auszubilden, die Kernblätter 30 so laminiert, dass diese Kernblätter 30, die an der aus der **Fig. 4(a)** ersichtlichen ersten Position angeordnet sind, und diese Kernblätter, die an der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sind, wie aus

der **Fig. 4(b)** ersichtlich ist, abwechselnd in Einheiten von einem Kernblatt laminiert werden. Wie aus der **Fig. 2** ersichtlich ist, sind folglich in dem sich ergebenden Rotorkern 22 sowohl die Magnetaufnahmelöcher 24 α der ersten Art wie auch die Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art ausgebildet. In jedem der Magnetaufnahmelöcher der ersten Art 24 α sind die ersten Durchgangslöcher 31, die jeweils den Verbindungsabschnitt 31c an dem gekrümmten Abschnitt 31b davon ausgebildet aufweisen, von der oberen Seite zu der unteren Seite abwechselnd mit den zweiten Durchgangslöchern 32 angeordnet, die jeweils keinen Verbindungsabschnitt an dem gekrümmten Abschnitt 32b davon ausgebildet aufweisen. Andererseits sind in jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art die zweiten Durchgangslöcher 32, von denen jedes keinen Verbindungsabschnitt an dem gekrümmten Abschnitt 32b davon ausgebildet aufweist, von der oberen Seite zu der unteren Seite abwechselnd mit den ersten Durchgangslöchern 31 angeordnet, die jeweils den Verbindungsabschnitt 31c an dem gekrümmten Abschnitt 31b davon ausgebildet aufweisen. Die Reihenfolge der Anordnung der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 in den Magnetaufnahmelöchern 24 α der ersten Art ist nämlich entgegengesetzt zu der in den Magnetaufnahmelöchern 24 β der zweiten Art.

[0020] Darüber hinaus sind in dem sich ergebenden Rotorkern 22 ebenfalls äußere Kernabschnitte 25 ausgebildet, die an der inneren Seite der gefalteten im Wesentlichen V-Form der Permanentmagnete 23 angeordnet sind, die in den Magnetaufnahmelöchern 24 aufgenommen sind, und radial außerhalb der Permanentmagnete 23. Jeder der äußeren Kernabschnitte 25 ist mit Bezug auf einen gemeinsamen Abschnitt 22x des Rotorkerns 22 an drei Stellen gelagert, das heißt an zwei Stellen, wo zwei Verbindungsabschnitte 22d entsprechend außerhalb der radial außen liegenden Enden 24c des Paares der geraden Abschnitte 24a von einem entsprechenden einen der Magnetaufnahmelöcher 24 ausgebildet sind, und an einer Stelle, an der die Verbindungsabschnitte 31c der ersten Durchgangslöcher 31 in jedem anderen Kernblatt 30 ausgebildet sind. Folglich ist jeder der äußeren Kernabschnitte 25 an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten 31c gestützt, die an dem gekrümmten Abschnitt 24b der entsprechenden Magnetaufnahmelöcher 24 wie auch an den zwei Verbindungsabschnitten 22d, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt sind, gestützt. Als ein Ergebnis ist die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft verbessert.

[0021] Wie voranstehend erwähnt, sind für jeden der äußeren Kernabschnitte 25 die Verbindungsabschnitte 22d und 31c an den drei Stelle bereitgestellt; und die Verbindungsabschnitte 22d und 31c sind in

einer gut ausgeglichenen Weise um den äußeren Kernabschnitt 25 herum angeordnet. Eine derartige Anordnung trägt zu einem stabilen Stützen der äußeren Kernabschnitte 25 bei. Darüber hinaus kann durch das Einstellen der Breiten der Verbindungsabschnitte 22d und 31c, kleiner als oder gleich wie die Dicke p von jedem der Kernblätter 30 zu sein, ein Ausfließen eines magnetischen Flusses, was Sorge bereitet, ausreichend reduziert werden. Darüber hinaus ragen an den radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 Eckabschnitte an der Innenseite der gefalteten im Wesentlichen V-Form der Magnetaufnahmelöcher 24 in einer abgeschrägten Form vor, um vorragende Abschnitte 22e auszubilden. Folglich ist die Breite der radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 reduziert; somit wird die Länge L_b der Verbindungsabschnitte 22d an der radial äußeren Seite der radial äußeren Enden 24c kleiner als die Breite der geraden Abschnitte 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 (entsprechend der Dicke W_m der geraden Abschnitte 23a der Permanentmagnete 23). Als Ergebnis wird es möglich, die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft weiter zu verbessern.

[0022] Wie außerdem aus der **Fig. 3** ersichtlich ist, ist in der vorliegenden Ausführungsform die Anzahl der den Rotorkern 22 ausbildenden Kernblätter 30 auf eine ungerade Zahl eingestellt. In diesem Fall weist jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 die gleiche Öffnungsform an beiden der axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 auf den oberen und unteren Seiten entsprechend auf.

[0023] Alternativ kann die Anzahl der den Rotorkern 22 ausbildenden Kernblätter 30 auf eine gerade Zahl eingestellt sein. In diesem Fall sind für jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 die Öffnungsformen des Magnetaufnahmelochs 24 an den axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 entsprechend die Öffnungsform der ersten Durchgangslöcher 31 bzw. die Öffnungsraum der zweiten Durchgangslöcher 32. In den Magnetaufnahmelöchern 24, die wie voranstehend konfiguriert sind, sind die Permanentmagnete 23 entsprechend eingebettet.

[0024] In der vorliegenden Ausführungsform sind die Permanentmagnete durch gebundene Magnete implementiert, die durch Formen und Verfestigen eines magnetischen Materials ausgebildet werden; das magnetische Material ist ein Gemisch aus einem Magnetpulver und einem Harz. Noch genauer dienen in der vorliegenden Ausführungsform die Magnetaufnahmelöcher 24 des Rotorkerns 22 als Form zum Formen. Die Permanentmagnete 23 werden geformt durch: Füllen des magnetischen Materials, das nicht verfestigt wurde, in die Magnetaufnahmelöcher 24 des Rotorkerns 22 durch Einspritzformen ohne jegliche dazwischen verblei-

bende Spalte; und dann Verfestigen des Magnetmaterials in den Magnetaufnahmelöchern 24. Folglich entspricht die externe Form der Permanentmagnete 23 der Form der Magnetaufnahmelöcher 24 des Rotorkerns 22. Darüber hinaus dringt in der vorliegenden Ausführungsform in jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 das magnetische Material auch in die Spalte zwischen den Verbindungsabschnitten 31c auf, die in jedem zweiten Kernblatt 30 ausgebildet sind. Zusätzlich ist in der vorliegenden Ausführungsform ein Samarium-Eisen-Stickstoff-basiertes (d. h. SmFeNbasiertes) Magnetpulver als das Magnetpulver zum Formen der Permanentmagnete 23 eingesetzt. Es sollte angemerkt werden, dass andere Seltenerdmetallpulver alternativ als das Magnetpulver zum Ausbilden der Permanentmagnete 23 eingesetzt werden können.

[0025] Wie aus der **Fig. 2** ersichtlich ist, weist jeder der Permanentmagnete 23 eine gefaltete im Wesentlichen V-Form auf, die in einer axialen Ansicht nach radial einwärts konvex ist. Noch genauer weist jeder der Permanentmagnete 23 eine Form derart auf, dass die radial inneren Enden eines Paares gerader Abschnitte 23a durch einen gekrümmten Abschnitt 23b verbunden sind. Die radial äußeren Enden 23c des Paares der geraden Abschnitte 23a sind nahe der äußeren Umfangsoberfläche 22a des Rotorkerns 22 angeordnet. Darüber hinaus ist für jeden der Permanentmagnete 23 die Dicke W_m des Paares der geraden Abschnitte 23a eingestellt, konstant zu sein; und die Dicke W_{m1} des gekrümmten Abschnitts 23b ist eingestellt, allmählich kleiner als die Dicke W_m des Paares der geraden Abschnitte 23a zu werden. Da die Permanentmagnete 23 direkt in den Magnetaufnahmelöchern 24 ausgebildet werden, weisen die Permanentmagnete 23 eine Form entsprechend den Magnetaufnahmelöchern 24 auf. Jeder der Permanentmagnete 23 weist eine achsensymmetrische Form mit Bezug auf Umfangsmittellinien L_s davon durch eine Achsenmitte O_1 des Rotors 20 durchgehend auf. Darüber hinaus sind die Permanentmagnete 23 in naher Anordnung an Magnetpolgrenzlinien L_d angeordnet, die sich jeweils zwischen einem angrenzenden Paar der Permanentmagnete 23 und durch die Achsenmitte O_1 des Rotor 20 erstrecken. Der Winkel zwischen jedem angrenzenden Paar der Magnetpolgrenzlinien L_d , d. h. der Magnetpolöffnungswinkel θ_m von jedem Rotormagnetpol 26 mit einem der Permanentmagnete 23 beträgt 180° elektrischer Winkel.

[0026] Für jeden der im Wesentlichen V-förmigen Permanentmagnete 23 ist der Abstand zwischen den Schnittpunkten zwischen Erstreckungslinien der inneren Oberflächen der geraden Abschnitte 23a des Permanentmagneten 23 und der äußeren Umfangsoberfläche 22a des Rotorkerns 22 als ein Magnetpolabstand L_p definiert; und der Abstand auf der Umfangsmittellinie L_s des Permanentmagneten

23 von der äußeren Umfangsoberfläche 22a des Rotorkerns 22 zu einer inneren Oberfläche des gekrümmten Abschnitt 23b des Permanentmagneten 23 ist als eine Einbettungstiefe L_m definiert. In der vorliegenden Ausführungsform ist jeder der Permanentmagnete 23 ausgebildet, eine tiefe gefaltete Form derart aufzuweisen, dass die Einbettungstiefe L_m größer als der Magnetpolabstand L_p ist, und somit der gekrümmte Abstand 23b davon nahe des Mittelteils des Rotorkerns 22 angeordnet ist. In der vorliegenden Ausführungsform ist nämlich für jeden der im Wesentlichen V-förmigen Permanentmagnete 23 die Magnetoberfläche 23d des Permanentmagneten 23, die aus den inneren Oberflächen der geraden Abschnitte 23a und dem gekrümmten Abschnitt 23b des Permanentmagneten 23 bestimmt ist, eingestellt, größer als die Magnetoberfläche eines gut bekannten Oberflächenpermanentmagnetrotors zu sein (nicht gezeigt). Es sollte angemerkt werden, dass die voranstehend beschriebene gefaltete Form lediglich ein Beispiel der Form der Permanentmagnete 23 ist; und die Permanentmagnete 23 geeignet modifiziert werden können, um andere Formen aufzuweisen, wie zum Beispiel eine gefaltete im Wesentlichen V-Form mit einer kleinen Einbettungstiefe L_m oder eine gefaltete im Wesentlichen U-Form mit einem großen gekrümmten Abschnitt 23b.

[0027] Wie aus der **Fig. 3** ersichtlich ist, ist jeder der Permanentmagnete 23 über die gesamte axiale Länge des Rotorkerns 22 bereitgestellt. Darüber hinaus ist jeder der Permanentmagnete 23 ausgebildet, teilweise von beiden der axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 vorzuragen. Noch genauer weist jeder der Permanentmagnete 23 einen eingebetteten Magnetabschnitt 23m auf, der in einem entsprechenden einen der Magnetaufnahmelöcher 24 des Rotorkerns 22 angeordnet ist, und ein Paar vorragende Abschnitte 23x, die entsprechend von den axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 vorragen. Die vorragenden Abschnitte 23x Permanentmagnete 23 können einfach realisiert werden, indem in Formen zum Formen (nicht gezeigt) zum Schließen der Magnetaufnahmelöcher 24, die zu den axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 hin offen sind, Aussparungen zum Ausbilden der vorragenden Abschnitte 23x bereitgestellt werden. Zusätzlich sind in jedem der Permanentmagnete 23 die vorragenden Abschnitte 23x kontinuierlich und einstückig mit dem eingebetteten Magnetabschnitt 23m ausgebildet, der in dem entsprechenden Magnetaufnahmeloch 24 des Rotorkerns 22 angeordnet ist.

[0028] Die Permanentmagnete 23, die hauptsächlich in den Magnetaufnahmelöchern 24 des Rotorkerns 22 bereitgestellt sind, werden nach der Verfestigung des magnetischen Materials durch eine Magnetisierungsvorrichtung (nicht gezeigt) magnetisiert, die außerhalb des Rotorkerns 22 angeordnet ist, um als echte Permanentmagnete zu funktionie-

ren. Noch genauer wird jeder der Permanentmagnet 23 in seiner Richtung der Dicke nach magnetisiert. In der vorliegenden Ausführungsform, wie aus der **Fig. 1** ersichtlich ist, sind acht Permanentmagnete 23 in der Umfangsrichtung des Rotorkerns 22 angeordnet und so magnetisiert, dass die Polaritäten der Permanentmagnete 23 abwechselnd in der Umfangsrichtung unterschiedlich sind.

[0029] Diese Abschnitte des Rotorkerns 22, die an der inneren Seite der gefalteten im Wesentlichen V-Form der Permanentmagnete 23 und radial außerhalb der Permanentmagnete 23 angeordnet sind, funktionieren als die äußeren Kernabschnitte 25, die zu dem Stator 10 gerichtet sind, um ein Reluktanzmoment zu erzeugen. Bei Betrachtung entlang der axialen Richtung weist jeder der äußeren Kernabschnitte 25 eine im Wesentlichen dreieckige Form mit einem Scheitel zu dem Mittelteil des Rotor 20 orientiert auf. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Rotor 20 acht Magnetpole 26 auf, die jeweils einen entsprechenden einen der acht Permanentmagnete 23 haben, und einen entsprechenden einen der äußeren Kernabschnitte 25, der durch den im wesentlichen V-förmigen Permanentmagnet 23 umgeben ist. Wie aus der **Fig. 1** ersichtlich ist, funktionieren die Rotormagnetpole 26 als N-Pole und S-Pole abwechselnd in der Umfangsrichtung. Der Rotor 20, der die Rotormagnetpole 26 aufweist, wie sie voranstehend beschrieben wurden, kann geeignet sowohl ein Magnetmoment wie auch ein Reluktanzmoment erzeugen.

[0030] Als nächstes wird der Betrieb des Rotors 20 der drehenden elektrischen Maschine M gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Rotorkern 22 des Rotors 20 durch Laminieren der Kernblätter 30 ausgebildet; in jedem der Kernblätter 30, wie aus den **Fig. 4(a)** und **Fig. 4(b)** ersichtlich ist, existieren die ersten Durchgangslöcher 31, die jeweils in den Verbindungsabschnitt 31c aufweisen, und die zweiten Durchgangslöcher 32, die keinen Verbindungsabschnitt aufweisen, abwechselnd zusammen in der Umfangsrichtung. In diesem Fall werden die Kernblätter 30 einer einzelnen Art vorbereitet. Wie aus der **Fig. 3** ersichtlich ist, werden dann eine vorbestimmte Anzahl Kernblätter 30 so laminiert, dass diese Kernblätter 30, die an der ersten Position angeordnet sind, und diese Kernblätter 30, die an der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sind, sich eins um eins abwechseln. Danach werden die Permanentmagnete 23 direkt in den einzelnen Magnetaufnahmelöchern 24 ausgebildet, noch genauer in den Magnetaufnahmelöchern 24a von 24b der ersten Art und der zweiten Art, die im Wesentlichen die gleiche Konfiguration aufweisen und sich lediglich in der Reihenfolge der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 unterscheiden. Dann werden die

Permanentmagnete 23 magnetisiert, um den Rotor 20 auszubilden.

[0031] In dem Rotorkern 22, wie aus den **Fig. 2** und **Fig. 3** ersichtlich ist, ist jeder der äußeren Kernabschnitte 25, die radial außerhalb der entsprechenden Permanentmagnete 23 angeordnet sind, durch den gemeinsamen Abschnitt 22x des Rotorkerns 22 an den drei Stellen gestützt, d. h. an den zwei Stellen, an denen die zwei Verbindungsabschnitte 22d entsprechend außerhalb der radial äußeren Enden 24c des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet sind, und der Stelle, an der die Verbindungsabschnitte 31c ausgebildet sind, in jedem zweiten Kernblatt 30 an dem gekrümmten Abschnitt 24b des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 an der radial inneren Seite. In der vorliegenden Ausführungsform ist nämlich jeder der äußeren Kernabschnitte 25 des Rotorkerns 22 an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten 31c wie auch an den zwei Verbindungsabschnitten 22d gestützt, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt sind. Als ein Ergebnis ist die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft verbessert.

[0032] Die **Fig. 5** zeigt die Ergebnisse eines Vergleichs, der zwischen der vorliegenden Ausführungsform, einem ersten Vergleichsbeispiel und einem zweiten Vergleichsbeispiel zur Evaluierung der Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft gemacht wurde. In dem ersten Vergleichsbeispiel ist jeder der Permanentmagnete 23 ausgebildet, eine flache gefaltete Form derart aufzuweisen, dass die Einbettungstiefe L_m (siehe die **Fig. 2**) ungefähr die Hälfte des Radius des Rotorkerns 22 beträgt. In dem zweiten Vergleichsbeispiel ist jeder der Permanentmagnete 23 ausgebildet, eine tiefe gefaltete Form derart aufzuweisen, dass der gekrümmte Abschnitt 23b davon nahe des Mittelteils des Rotorkerns 22 angeordnet ist, wie es in der vorliegenden Ausführungsform der Fall ist. Jedoch weist in dem zweiten Vergleichsbeispiel jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 keine Verbindungsabschnitte 31c auf, die an dem gekrümmten Abschnitt 24b davon ausgebildet sind. Darüber hinaus gibt es in dem zweiten Vergleichsbeispiel keine vorragende Abschnitte 23x (siehe die **Fig. 3**), die in den Permanentmagneten 23 bereitgestellt sind, und keine vorragenden Abschnitte 22e (siehe die **Fig. 2**), die in den Magnetaufnahmelöchern 24 bereitgestellt sind. Der Vergleich wird zwischen der vorliegenden Ausführungsform und den ersten und zweiten Vergleichsbeispielen in Bezug auf die auf die zwei Verbindungsabschnitte 22d, die den äußeren Kernabschnitt 25 stützen, wirkende Spannung vorgenommen; und die Spannung ist in einem Relativwert gezeigt, der in den ersten Vergleichsbeispiel 1 beträgt. In dem zweiten Vergleichsbeispiel, da die

Permanentmagnete 23 die tiefe gefaltete Form aufweisen und beide der Magnetoberflächen 23d der Permanentmagnete 23 und der äußeren Kernabschnitte 25 entsprechend vergrößert sind, einen Anstieg des Drehmoments im Vergleich mit dem ersten Vergleichsbeispiel erwartet werden. Jedoch ist in dem zweiten Vergleichsbeispiel das Gewicht der äußeren Kernabschnitte 25 im Vergleich mit dem ersten Vergleichsbeispiel vergrößert, und somit wird die relative Spannung (d. h. der Relativwert der die auf die Verbindungsabschnitte 22d wirkenden Spannung) höher als 1. Man kann sagen, in dem zweiten Vergleichsbeispiel ist die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft im Vergleich mit dem ersten Vergleichsbeispiel verringert.

[0033] Da jeder der äußeren Kernabschnitte 25 an den drei Stellen gestützt ist, d.h. an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten 31c wie auch an den zwei Verbindungsabschnitten 22d, wird im Gegensatz in der vorliegenden Ausführungsform die relative Spannung (d.h. der relative Wert der die auf den Verbindungsabschnitt 22d wirkenden Spannung) ausreichend niedriger als 1. Man kann sagen, dass in der vorliegenden Ausführungsform die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft im Vergleich mit sowohl dem ersten wie auch den zweiten Vergleichsbeispielen verbessert ist.

[0034] Zusätzlich kann die gleiche Verbesserung der Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft wie voranstehend beschrieben abwechselnd erlangt werden durch: Vorbereiten von zwei Arten der Kernblätter 30, d.h. der Kernblätter 30, in denen lediglich erste Durchgangslöcher 31, die jeweils eine Verbindungsabschnitt 31c aufweisen, ausgebildet sind, und Kernblätter 30, in denen lediglich zweite Durchgangslöcher 32, die jeweils keinen Verbindungsabschnitt aufweisen, ausgebildet sind; und Laminieren der Kernblätter 30 der zwei Arten abwechselnd. Jedoch ist es in diesem Fall notwendig, die zwei Arten der Kernblätter 30 vorzubereiten, somit können die Herstellung und die Verwaltung der Kernblätter 30 kompliziert werden.

[0035] Im Gegensatz existieren in der vorliegenden Ausführungsform in jedem der Kernblätter 30 die ersten Durchgangslöcher 31, die jeweils den Verbindungsabschnitt 31c aufweisen, und die zweiten Durchgangslöcher 32, die jeweils keinen Verbindungsabschnitt aufweisen, abwechselnd in der Umfangsrichtung; und die Kernblätter 30 sind so laminiert, dass jedes der Magnetempfangslöcher 24 aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 der Kernblätter 30 bestimmt ist. In der vorliegenden Ausführungsform wird nämlich die Verbesserung der Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft durch

die einfache Gegenmaßnahme erlangt, lediglich eine Art der Kernblätter 30 vorzubereiten.

[0036] Die Fig. 6 zeigt Ergebnisse eines Vergleichs, der zwischen der vorliegenden Ausführungsform und den ersten und zweiten Vergleichsbeispielen in Bezug auf das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis vorgenommen wurde; und das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis ist in einem Relativwert gezeigt, der in dem ersten Vergleichsbeispiel 1 beträgt. Wie voranstehend beschrieben wurde, ist in dem zweiten Vergleichsbeispiel, da die Permanentmagnete 23 die tiefe gefaltete Form aufweisen und beide Magnetoberflächen 23d der Permanentmagnete 23 und die äußeren Kernabschnitte 25 entsprechend vergrößert sind, das Moment im Vergleich mit dem ersten Vergleichsbeispiel erhöht. Folglich wird das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis größer als 1.

[0037] Andererseits ist in der vorliegenden Ausführungsform jeder der äußeren Kernabschnitte 25 an drei Stellen gestützt, d.h., an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten 31c wie auch an den zwei Verbindungsabschnitten 22d. Die Verbindungsabschnitte 22d und 31c sind ebenfalls Abschnitte, wo das Ausfließen des Magnetflusses der Permanentmagnete 23 auftritt. Deswegen kann aufgrund der neu hinzugefügten Verbindungsabschnitte 31c der wirkungsvolle Magnetfluss reduziert werden und somit kann das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis verringert werden. In der vorliegenden Ausführungsform sind als Gegenmaßnahme gegen das voranstehend beschriebene Problem die axialen Endabschnitte der Permanentmagnete 23 konfiguriert, von den axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 vorzuragen, was die vorragenden Abschnitt 23x ausbildet. Durch das Verursachen, dass ein Ausfließen des Magnetflusses durch die axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 hauptsächlich an den vorragenden Abschnitten 23x auftritt, wird es möglich, ein Ausfließen des Magnetflusses von den eingebetteten Magnetabschnitten 23m der Permanentmagnete 23 zu reduzieren, was von vitaler Wichtigkeit ist, d.h., es wird möglich, den wirkungsvollen Magnetfluss zu erhöhen. Folglich wird es möglich, einen Anstieg des Drehmoments zu erlangen. Darüber hinaus ist unter Konzentration auf die Tatsache, dass das Ausfließen des Magnetflusses an den gekrümmten Abschnitten 23b der beiden Permanentmagnete 23 klein ist, die Dicke W_{m1} der gekrümmten Abschnitten 23b der Permanentmagnete 23 eingestellt, klein zu sein, und dabei das Volumen der Permanentmagnete 23 minimiert, und somit das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis verbessert. Als ein Ergebnis wird es in der vorliegenden Ausführungsform immer noch möglich, obwohl das Ausfließen des Magnetflusses aufgrund der neu hinzugefügten Verbindungsabschnitte 31c ansteigt, im Wesentlichen das gleiche Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis wegen dem zwei-

ten Vergleichsbeispiel zu erlangen, wo die Magnetaufnahmelöcher 24 keine Verbindungsabschnitte aufweisen.

[0038] Sogar falls die vorragenden Abschnitt 23x nicht in den Permanentmagneten 23 bereitgestellt wären und die Dicke W_{m1} der gekrümmten Abschnitte 23b der Permanentmagnete 23 nicht eingestellt wäre klein zu sein, würde zusätzlich das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis nicht so stark verringert werden und immer noch höher als 1 sein (nicht gezeigt). Deswegen ist es in dem Fall der Permanentmagnete 23, die aus einem teuren magnetischen Material ausgebildet sind, bevorzugt, unter Berücksichtigung der Magnetkosten zu entscheiden, ob die vorragenden Abschnitte 23x in den Permanentmagneten 23 auszubilden sind, und ob die Dicke W_{m1} der gekrümmten Abschnitte 23b der Permanentmagnete 23 anzupassen ist.

[0039] Als nächstes werden vorteilhafte Wirkungen beschrieben, die gemäß der vorliegenden Ausführungsform erlangt werden können.

(1) In der vorliegenden Ausführungsform sind die den Rotorkern 22 ausbildenden Kernblätter 30 in der Konfiguration zueinander identisch. In jedem dieser Kernblätter 30 existieren abwechselnd die ersten Durchgangslöcher 31 und die zweiten Durchgangslöcher 32 in der Umfangsrichtung. Jedes der ersten Durchgangslöcher 31 weist den Verbindungsabschnitt 31c an einem Zwischenabschnitt in der gefalteten Form des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 des Rotorkerns 22 ausgebildet auf, noch genauer an dem gekrümmten Abschnitt 24b des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 in der vorliegenden Ausführungsform. Andererseits weist jedes der zweiten Durchgangslöcher 32 keinen Verbindungsabschnitt auf. Darüber hinaus sind die Kernblätter 30 so laminiert, dass jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 der Kernblätter 30 bestimmt ist. Noch genauer sind die Kernblätter 30 so laminiert, dass diese Kernblätter 30, die an der ersten Position angeordnet sind, und diese Kernblätter 30, die an der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sind, sich eins ums andere abwechseln. Folglich ist jeder der äußeren Kernabschnitte 25 des Rotorkerns 22, die radial außerhalb der Permanentmagneten 23 angeordnet sind, mit Bezug auf den gemeinsamen Abschnitt 22x des Rotorkerns 22 an drei Stellen gestützt, d.h. an den zwei Stellen, an denen die zwei Verbindungsabschnitte 22d entsprechend außerhalb der radial äußeren Enden 24c des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet sind, und der Stelle, an der die Verbindungsabschnitte 31c der ersten Durchgangslöcher 31 ausgebildet

sind. Jeder der äußeren Kernabschnitte 25 ist an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten 31c wie auch den zwei Verbindungsabschnitten 22d gestützt, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 in dem IPM-Rotor 20 aufgenommen sind. Als Ergebnis ist die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft verbessert. Zusätzlich wird es möglich, den Rotor und die drehende elektrische Maschine der vorliegenden Offenbarung durch die einfache Gegenmaßnahme zu realisieren, lediglich eine Art der Kernblätter 30 vorzubereiten.

(2) In jedem der Kernblätter 30 sind die ersten Durchgangslöcher 31 und die zweiten Durchgangslöcher 32 abwechselnd in der Umfangsrichtung angeordnet. Folglich wird es möglich, den Rotor und die drehende elektrische Maschine gemäß der vorliegenden Offenbarung durch die einfache Weise der Laminierung zu realisieren, jedes Kernblatt 30 an entweder der ersten Position oder zweiten Position anzuordnen, die um einen Winkel entsprechend des einen Magnetaufnahmelochs 24 von der ersten Position gedreht ist. Da darüber hinaus jedes Kernblatt 30 an entweder der ersten Position oder der zweiten Position angeordnet ist, sind die Verbindungsabschnitte 31c der ersten Durchgangslöcher 31 in jedem zweiten Kernblatt 30 angeordnet und nicht eines über das andere gelegt. Folglich wird es möglich, das Ausfließen des Magnetflusses durch die Verbindungsabschnitte 31c zu minimieren.

(3) In jedem der ersten Durchgangslöcher 31 ist der Verbindungsabschnitt 31c an dem gekrümmten Abschnitt 31b des ersten Durchgangslochs 31 angeordnet, der die gefaltete Form aufweist. Somit sind für jeden der äußeren Kernabschnitte 25 die Verbindungsabschnitte 22b und 31c in einer gut ausgeglichenen Weise um den äußeren Kernabschnitt 25 angeordnet. Eine derartige Anordnung trägt zu der stabilen Stützung der äußeren Kernabschnitte 25 bei.

(4) Jeder der Verbindungsabschnitte 31c, die in den ersten Durchgangslöchern 31 bereitgestellt sind, weist seine Breite W_b kleiner als oder gleich der Dicke t von jedem der Kernblätter 30 eingestellt auf. Folglich wird es möglich, ein Ausfließen des magnetischen Flusses durch die Verbindungsabschnitte 31c zu minimieren.

(5) Für jeden der Verbindungsabschnitte 31c, die in den ersten Durchgangslöchern 31 bereitgestellt sind, sind die Seitenkanten 31d des Verbindungsabschnitts 31c in der gleichförmig gekrümmten Form derart ausgebildet, dass die Breite des Verbindungsabschnitts 31c sich zu

dem Mittelteil in der Erstreckungsrichtung des Verbindungsabschnitts 31c verringert. Folglich wird es möglich, die Breite des Verbindungsabschnitts 31c an Endteilen davon groß einzustellen und dabei die Steifigkeit des Verbindungsabschnitts 31c zu erhöhen, während das Ausfließen des magnetischen Flusses durch den Verbindungsabschnitt 31c minimiert wird. Darüber hinaus wird es durch das Ausbilden der Seitenkanten 31d in der gleichförmig gekrümmten Form möglich, die Spannungskonzentration auf dem Verbindungsabschnitt 31c zu reduzieren.

(6) In dem Rotorkern 22 ist die Breite von jedem der radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 durch das Ausbilden des vorstehenden Abschnitts 22e an dem Eckabschnitt an einer Seite des radial äußeren Endes 24c reduziert. Folglich wird es möglich, die Verbindungsabschnitte 22d an der radial äußeren Seite der radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 zu verkürzen. Dies trägt zu der Verbesserung der Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft bei.

(7) Die Permanentmagnete 23 weisen die axialen Endabschnitte davon als die vorstehenden Abschnitte 23x von den axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 vorragend auf. Deswegen tritt ein Ausfließen eines magnetischen Flusses durch die axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22 lediglich an den vorragenden Abschnitten 23x der Permanentmagnete 23 auf. Das Ausfließen des magnetischen Flusses von den eingebetteten Magnetabschnitten 23m der Permanentmagnete 23, kann nämlich reduziert werden, was von vitaler Wichtigkeit ist. Folglich wird es möglich, den wirkungsvollen magnetischen Fluss zu erhöhen, und dabei einen Anstieg des Moments zu erlangen.

(8) Jeder der Permanentmagnete 23 ist in der gefalteten Form ausgebildet, um den gekrümmten Abschnitt 23b aufzuweisen; und die Dicke W_{m1} des gekrümmten Abschnitts 23b ist eingestellt, kleiner als die Dicke W_m der geraden Abschnitte 23a zu sein. Nämlich sind durch das Fokussieren auf die Tatsache, dass das Ausfließen des magnetischen Flusses an den gekrümmten Abschnitten 23b der Permanentmagnete 23 klein ist, die gekrümmten Abschnitte 23b dünner als die geraden Abschnitte 23a gemacht. Folglich wird es möglich, das Volumen der Permanentmagnete 23 zu minimieren, und dabei das Drehmoment-/Magnetvolumenverhältnis zu verbessern.

[0040] Die vorliegende Ausführungsform kann modifiziert und implementiert werden wie folgt. Darüber hinaus können die vorliegende Ausführungsform

und die folgenden Modifikationen ebenfalls in Kombination miteinander zu dem Ausmaß implementiert werden, dass kein technischer Widerspruch dazwischen besteht. Die Magnetaufnahmelöcher 24 und die Konfiguration um die Magnetaufnahmelöcher 24 kann modifiziert werden, wie es geeignet ist.

[0041] Wie z.B. aus der **Fig. 7** ersichtlich ist, können an den radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 Eckabschnitte an der äußeren Seite der gefalteten im Wesentlichen V-Form der Magnetaufnahmelöcher 24 in einer abgeschrägten Form vorragen, um vorragende Abschnitte 22f auszubilden. Die Positionen, an denen die vorragenden Abschnitte 22f ausgebildet sind, liegen nämlich auf der gegenüberliegenden Seite zu den Positionen, an denen die voranstehend beschriebenen vorragenden Abschnitte 22e ausgebildet sind. Wie aus der **Fig. 7** ersichtlich ist, können zusätzlich die vorragenden Abschnitte 22f lediglich in den Magnetaufnahmelöchern 24 β der zweiten Art ausgebildet sein; und die Magnetaufnahmelöcher 24 α der ersten Art können eine rechteckige Form an den radial äußeren Enden 24c davon aufweisen, ohne dass die vorragenden Abschnitte 22f darin ausgebildet sind. Die vorragenden Abschnitte 22e oder die vorragenden Abschnitte 22f können nämlich in allen oder lediglich in einigen der Magnetaufnahmelöcher 24 ausgebildet sein, die in der Umfangsrichtung angeordnet sind.

[0042] Wie darüber hinaus aus den **Fig. 8** und **Fig. 9** ersichtlich ist, kann die Breite der Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art (die einer Dicke W_{m2} der Permanentmagnete 23 entspricht) eingestellt sein, klein zu sein. Wie außerdem aus der **Fig. 8** ersichtlich ist, können die Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art derart ausgebildet sein, dass die Abstände zwischen den geraden Abschnitten 24a und den entsprechenden Magnetpolgrenzlinien L_d sich erhöhen, wenn die geraden Abschnitte 24a sich von den radial äußeren Enden 24c zu den gekrümmten Abschnitten 24b erstrecken. In diesem Fall sind die geraden Abschnitte 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art schräg zu den entsprechenden Magnetpolgrenzlinien L_d . Ansonsten, wie aus der **Fig. 9** ersichtlich ist, können die Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art derart ausgebildet sein, dass die Abstände zwischen den geraden Abschnitten 24a mit den entsprechenden Magnetpolgrenzlinien L_d konstant gehalten sind, wenn die geraden Abschnitte 24a sich von den radial äußeren Enden 24c zu dem gekrümmten Abschnitt 24b erstrecken. In diesem Fall liegen die geraden Abschnitte 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 β der zweiten Art parallel zu den entsprechenden Magnetpolgrenzlinien L_d . Es sollte angemerkt werden, dass die voranstehenden Modifikationen alternativ auf die Magnetaufnahmelöcher 24 α der ersten Art angewendet sein können.

[0043] Wie aus der **Fig. 10** ersichtlich ist, können die vorragenden Abschnitte 23x von den Permanentmagneten 23 ausgelassen werden. In diesem Fall sind die axialen Endabschnitte der Permanentmagnete 23 bündig mit den entsprechenden axialen Endflächen 22c des Rotorkerns 22. Wie außerdem aus der **Fig. 10** ersichtlich ist, kann die Breite der gekrümmten Abschnitte 24b der Magnetaufnahmelöcher 24 (entsprechend der Dicke W_m der Permanentmagnete 23) gleich der Breite der geraden Abschnitte 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 eingestellt sein.

[0044] In der voranstehend beschriebenen Ausführungsform sind die Kernblätter 30 in Einheiten von einem Kernblatt abwechselnd an der ersten Position und der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet. Alternativ können die Kernblätter 30 in Einheiten von mehreren Kernblättern abwechselnd an der ersten Position der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sein. In diesem Fall können die Einheiten der mehreren Kernblätter entweder Einheiten mit der gleichen Anzahl von Kernblättern oder Einheiten mit einer unterschiedlichen Anzahl von Kernblättern sein.

[0045] In der voranstehenden beschriebenen Ausführungsform sind in jedem der Kernblätter 30 die ersten Durchgangslöcher 31 und der zweiten Durchgangslöcher 32 abwechselnd in der Umfangsrichtung angeordnet. Die ersten Durchgangslöcher 31 sind nämlich in Abständen von einem zweiten Durchgangslöcher 32 angeordnet; und die zweiten Durchgangslöcher 32 sind nämlich in Abständen von einem ersten Durchgangslöcher 31 angeordnet. Jedoch können die ersten Durchgangslöcher 31 alternativ in Abständen von zwei oder mehr Durchgangslöchern 32 angeordnet sein; ansonsten können die zweiten Durchgangslöcher 32 abwechselnd in Abständen von zwei oder mehr ersten Durchgangslöchern 31 angeordnet sein.

[0046] In der voranstehend beschriebenen Ausführungsform ist in jedem der ersten Durchgangslöcher 31 ein Verbindungsabschnitt 31c bereitgestellt. Alternativ können in jedem der ersten Durchgangslöcher 31 zwei oder mehr Verbindungsabschnitte 31c bereitgestellt sein. In diesem Fall ist jeder der äußeren Kernabschnitte 25 an vier oder mehr Stellen gestützt, d.h., an den neu hinzugefügten Verbindungsabschnitten 31c und zwei Verbindungsabschnitten 22d, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration der Magnetaufnahmelöcher 24 des Rotorkerns 22 bereitgestellt sind. Darüber hinaus ist in der voranstehenden beschriebenen Ausführungsform in jedem der ersten Durchgangslöcher 31 der Verbindungsabschnitt 31c an dem gekrümmten Abschnitt 31b des ersten Durchgangslöcher 31 bereitgestellt, d.h. an dem gekrümmten Abschnitt 24b des entsprechenden Magnetaufnahmelöcher 24. Alterna-

tiv kann (können) der (die) Verbindungsabschnitt(e) 31c an anderen Abschnitten des ersten Durchgangslochs 31 als dem gekrümmten Abschnitt 31b bereitgestellt sein, noch genauer an den geraden Abschnitten 31a des ersten Durchgangslochs 31 in der voranstehend beschriebenen Ausführungsform. Darüber hinaus erstreckt sich in der voranstehend beschriebenen Ausführungsform in jedem der ersten Durchgangslocher 31 der Verbindungsabschnitt 31c in der Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs 31 nach, d.h. erstreckt sich rechtwinklig zu den inneren Randkanten des ersten Durchgangslochs 31, noch genauer erstreckt sich in einer radialen Richtung des Rotors 20. Alternativ kann (können) der (die) Verbindungsabschnitt(e) 31c geeignet zu einem Ausmaß in einer Richtung schräg zu der Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs 31 nach modifiziert werden, d.h. in einer anderen Richtung als der radialen Richtung des Rotors 20.

[0047] Die voranstehend beschriebenen vorragenden Abschnitte 22e und 22f, die an den radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 bereitgestellt sind, ragen in der abgeschrägten Form vor. Jedoch können die vorragenden Abschnitte 22e und 22f geeignet modifiziert werden, um in anderen Formen vorzuragen, wie z. B. in einer rechteckigen Form, einer gekrümmten Form oder Ähnlichem. Darüber hinaus können die vorragenden Abschnitte 22e und 22f so ausgelassen werden, dass die Magnetaufnahmelöcher 24 an den radial äußeren Enden 24c davon eine rechteckige Form aufweisen, wie aus der **Fig. 7** ersichtlich ist.

[0048] In der voranstehend beschriebenen Ausführungsform sind die Permanentmagnete 23 durch Einspritzformen des Magnetmaterials in den Magnetaufnahmelöchern 24 des Rotorkerns 22 ausgebildet. Alternativ können die Permanentmagnete 23 im Voraus hergestellt werden und in die Magnetaufnahmelöcher 24 des Rotorkerns 22 eingefügt und darin befestigt werden.

[0049] Die Anzahl der Magnetpole des Rotors 20, d. h. die Anzahl der Permanentmagnete 23 und der Anzahl der Magnetaufnahmelöcher 24 kann geändert werden, wie geeignet ist. Darüber hinaus kann die Anzahl der Magnetpole des Stators 10 ebenfalls geändert werden, wie geeignet ist. Zusätzlich zu den voranstehenden Modifikationen kann die Konfiguration der drehenden elektrischen Maschine M ebenfalls modifiziert werden, wie geeignet ist.

[0050] Die **Fig. 11** bis **Fig. 18** stellen Modifikationen dar, wo unregelmäßige Abschnitte in den inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 bereitgestellt sind. Wie aus der **Fig. 11** ersichtlich ist, weist jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 die inneren Oberflächen davon in Berührung mit dem entsprechenden Permanentmagneten 23 auf, der darin

empfangen wurde; die inneren Oberflächen haben eine innere Seitenoberfläche 41 und eine äußere Seitenoberfläche 42. Die innere Seitenoberfläche 41 ist eine Seitenoberfläche, die den entsprechenden äußeren Kernabschnitt 25 definiert und die mit der Oberfläche des entsprechenden Permanentmagneten 23 an der inneren Seite der gefalteten im wesentlichen V-Form des entsprechenden Permanentmagneten 23 in Berührung ist. Die äußere Seitenoberfläche 42 ist eine Seitenoberfläche, die zu der inneren Seitenoberfläche 41 in einer Richtung der Breite des Magnetaufnahmelochs 24 nach gerichtet ist. Es sollte angemerkt werden, dass die Richtung der Breite des Magnetaufnahmelochs 24 nach eine Richtung ist, die rechtwinklig zu einer Erstreckungsrichtung des Magnetaufnahmelochs 24 in einer axialen Ansicht liegt. Es sollte ebenfalls angemerkt werden, dass die Erstreckungsrichtung des Magnetaufnahmelochs 24 eine Richtung entlang der gefalteten im wesentlichen V-Form des Magnetaufnahmelochs 24 in einer axialen Ansicht ist. Jede der inneren Seitenoberflächen 41 und äußeren Seitenoberflächen 42 ist eine Oberfläche, die sich entlang der gefalteten im Wesentlichen V-Form des Magnetaufnahmelochs 24 in einer axialen Ansicht erstreckt.

[0051] Die innere Seitenoberfläche 41 weist einen ersten unregelmäßigen Abschnitt 43 auf. Die äußere Seitenoberfläche 42 weist einen zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 auf. Der erste unregelmäßige Abschnitt 43 ist in dem Teil der inneren Seitenoberfläche 41 bereitgestellt, der an dem gekrümmten Abschnitt 24b des Magnetaufnahmelochs 24 angeordnet ist. Der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 ist in dem Teil der äußeren Seitenoberfläche 42 bereitgestellt, der an dem gekrümmten Abschnitt 24b des Magnetaufnahmelochs 24 angeordnet ist. Darüber hinaus sind dritte unregelmäßige Abschnitte 45 in Teilen der inneren Seitenoberfläche 41 bereitgestellt, die entsprechend an den radial äußeren Enden 24c des Paares der geraden Abschnitte 24a des Magnetaufnahmelochs 24 angeordnet sind. Darüber hinaus weisen in dieser Modifikation die inneren Oberflächen des Magnetaufnahmelochs 24 ebenfalls unregelmäßige Abschnitte 46 auf, wo der erste unregelmäßige Abschnitt 43, der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 und dritte unregelmäßige Abschnitte 45 nicht ausgebildet sind. Der erste unregelmäßige Abschnitt 43, der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 sind an einigen Stellen in der Erstreckungsrichtung des Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet, während die nicht unregelmäßigen Abschnitte 46 an den anderen Stellen in der Erstreckungsrichtung des Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet sind.

[0052] In dieser Modifikation weisen alle die Kernblätter 30, die den Rotorkern 22 ausbilden, die glei-

che Konfiguration auf, wie aus der **Fig. 14(a)** ersichtlich ist. Deswegen können alle die Kernblätter 30 als identische Teile verwaltet werden. Zusätzlich erscheint das in der **Fig. 14(b)** gezeigte Kernblatt 30 auf den ersten Eindruck in der Form von dem in der **Fig. 14(a)** gezeigten Kernblatt 30 unterschiedlich zu sein. Jedoch zeigen die **Fig. 14(a)** und **Fig. 14(b)** tatsächlich das gleiche Kernblatt 30, das an zwei unterschiedlichen Positionen angeordnet ist, d. h. an einer ersten Position in der **Fig. 14(a)** und einer zweiten Position in der **Fig. 14(b)**; die zweite Position ist mit Bezug auf die erste Position um einen Winkel entsprechend dem einen Magnetaufnahmeloch 24 d. h. um 45° entsprechend dem einen Magnetpol des Rotors 20 gedreht.

[0053] In dieser Modifikation werden in dem Prozess des Laminierens der Kernblätter 30 zum Ausbildenden des Rotorkerns 22 die Kernblätter 30 so laminiert, dass diese Kernblätter 30, die an der ersten in der **Fig. 14(a)** gezeigten Position angeordnet sind, und diese Kernblätter 30, die an der in der **Fig. 14(b)** um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sind, abwechselnd in Einheiten von einem Kernblatt bereitgestellt sind. Folglich ist in dem sich ergebenden Rotorkern 22 jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 der Kernblätter 30 bestimmt, und die ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 überlappen sich abwechselnd in der axialen Richtung.

[0054] In dieser Modifikation sind in den inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 der erste unregelmäßige Abschnitt 43, der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 jeweils durch den Unterschied der Position zwischen Randkanten der ersten Durchgangslöcher 31 und Randkanten der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet.

[0055] Wie aus den **Fig. 11** und **Fig. 12** ersichtlich ist, ist in dieser Modifikation die Breite der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 eingestellt, kleiner als die Breite der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 zu sein. Andererseits sind die radiale Mittelposition der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 und die radiale Mittelposition der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 auf die gleiche Position eingestellt. Folglich sind in den inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 der erste unregelmäßige Abschnitt 43 und der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 durch den Unterschied zwischen der Breite der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 und der Breite der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet.

[0056] Wie aus der **Fig. 12** ersichtlich ist, weist der erste unregelmäßige Abschnitt 43 eine Vielzahl Aussparungen 43a in der axialen Richtung auf. Der entsprechende Permanentmagnet 23, der in dem Magnetaufnahmeloch 24 aufgenommen ist, weist Eingriffsabschnitte 51 auf, die entsprechend in den Aussparungen 43a des ersten unregelmäßigen Abschnitts 43 angeordnet sind. Die Eingriffsabschnitte 51 sind axial mit Bezug auf die entsprechenden Aussparungen 43a zurückgehalten.

[0057] Der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 weist eine Vielzahl von Aussparungen 44a in der axialen Richtung auf. Der entsprechende Permanentmagnet 23, der in dem Magnetaufnahmeloch 24 aufgenommen ist, weist Eingriffsabschnitte 52 auf, die entsprechend in den Aussparungen 44a des zweiten unregelmäßigen Abschnitts 44 angeordnet sind. Die Eingriffsabschnitte 52 sind axialen mit Bezug auf die entsprechenden Aussparungen 44a zurückgehalten. In dieser Modifikation ist die Tiefe D1 der Aussparungen 43a des ersten unregelmäßigen Abschnitts 43, der in der inneren Seitenoberfläche 41 des Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt ist, eingestellt, gleich der Tiefe D2 der Aussparungen 44a des zweiten unregelmäßigen Abschnitts 44 zu sein, der in der äußeren Seitenoberfläche 42 des Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt ist. Darüber hinaus verringert sich jede der Tiefen D1 der Aussparungen 43a und der Tiefen D2 der Aussparungen 44a allmählich zu den geraden Abschnitten 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 hin.

[0058] Die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 sind durch den Unterschied zwischen der Form der geraden Abschnitte 31a der ersten Durchgangslöcher 31 und der Form der geraden Abschnitte 32a der zweiten Durchgangslöcher 32 an den radial äußeren Enden davon ausgebildet. Wird aus der **Fig. 14(a)** ersichtlich ist, ist an dem radial äußeren Ende von jedem der geraden Abschnitte 31a der ersten Durchgangslöcher 31 ein vorragender Abschnitt 31e ausgebildet, der in Richtung der Breite des geraden Abschnitts 31a nach innen vorragt. Insbesondere ist an dem radial äußeren Ende von jedem der geraden Abschnitte 31a der ersten Durchgangslöcher 31 der vorragende Abschnitt 31e durch das Vorragen eines Eckabschnitts der inneren Seite der gefalteten im wesentlichen V-Form des ersten Durchgangslöcher 31 ausgebildet. Noch genauer ist der vorragende Abschnitt 31e durch das Abschrägen des Eckabschnitts an der Innenseite der gefalteten im Wesentlichen V-Form ausgebildet.

[0059] Wie aus der **Fig. 13** ersichtlich ist, ist jeder der dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 durch axiales Überlappen der geraden Abschnitte 31a der ersten Durchgangslöcher 31 ausgebildet, von denen jedes den vorragenden Abschnitt 31e darin bereitgestellt aufweist, und der geraden Abschnitte 32a der

zweiten Durchgangslöcher 32, von denen jedes keinen vorragenden Abschnitt darin bereitgestellt aufweist. Jeder der dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 weist mehrere Aussparungen 45a in der axialen Richtung auf. Die Aussparungen 45a sind aus den geraden Abschnitten 32a der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet, von denen jedes keinen vorragenden Abschnitt darin bereitgestellt aufweist. Darüber hinaus weist jeder der dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 ebenfalls eine Vielzahl Vorsprünge in der axialen Richtung auf. Die Vorsprünge sind aus den vorragenden Abschnitten 31e bestimmt, die in den geraden Abschnitten 31a der ersten Durchgangslöcher 31 bereitgestellt sind. Der entsprechende Permanentmagnet 23, der in dem Magnetaufnahmeloch 24 aufgenommen ist, weist Eingriffsabschnitte 53 auf, die entsprechend in den Aussparungen 45 a der dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 angeordnet sind. Die Eingriffsabschnitte 53 sind axial mit Bezug auf die entsprechenden Aussparungen 45a zurückgehalten. Es sollte angemerkt werden, dass die vorragenden Abschnitte 31e anstelle in den ersten Durchgangslöchern 31 in den zweiten Durchgangslöchern 32 ausgebildet sein können.

[0060] Wie aus der **Fig. 11** ersichtlich ist, sind die nicht regelmäßigen Abschnitte 46 diese Abschnitte der inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24, wo der erste unregelmäßige Abschnitt 43, der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 nicht ausgebildet sind. Wenn nämlich jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 in der axialen Richtung betrachtet wird, fallen alle Randkanten der axial überlappenden ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 miteinander an den nicht regelmäßigen Abschnitten 46 zusammen.

[0061] Wie darüber hinaus aus der **Fig. 11** ersichtlich ist, sind in dem Rotorkern 22 für jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 Verbindungsabschnitte 61 an einer Zwischenposition in der gefalteten Form des Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet, um innere Randkanten des Magnetaufnahmelochs 24 miteinander zu verbinden; die inneren Randkanten sind in einer Richtung der Breite des Magnetaufnahmelochs 24 nach zueinander gerichtet. Noch genauer sind in dieser Modifikation die Verbindungsabschnitte 61 an dem gekrümmten Abschnitt 24b des Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet.

[0062] In dieser Modifikation sind von den ersten Durchgangslöchern 31 und den zweiten Durchgangslöchern 32 die Verbindungsabschnitte 61 in lediglich den ersten Durchgangslöchern 31 ausgebildet. Insbesondere ist jeder der Verbindungsabschnitte 61 an dem gekrümmten Abschnitt 31b von einem der ersten Durchgangslöcher 31 ausgebildet. Noch genauer erstreckt sich jeder der Verbindungs-

abschnitte 61 in einer Richtung des gekrümmten Abschnitts 31b der Breite nach, um innere Randkanten des gekrümmten Abschnitts 31b miteinander zu verbinden; die inneren Randkanten sind in der Richtung der Breite des gekrümmten Abschnitts 31b nach zueinander gerichtet. Darüber hinaus sind alle die Breiten der Verbindungsabschnitte 61 der ersten Durchgangslöcher 31 in den Richtungen rechtwinklig zu den Erstreckungsrichtungen der Verbindungsabschnitte 61 eingestellt, zueinander gleich zu sein. Zusätzlich sind in einem Zustand, in dem die Kernblätter 30 laminiert wurden, um den Rotorkern 22 auszubilden, in jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 alle die Verbindungsabschnitte 61 in Ausrichtung miteinander in der axialen Richtung angeordnet.

[0063] Darüber hinaus ist in dieser Modifikation, wie voranstehend beschrieben wurde, die Breite der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 eingestellt, kleiner als die Breite der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 zu sein. Folglich wird es durch das Ausbilden der Verbindungsabschnitte 61 an den gekrümmten Abschnitten 31b der ersten Durchgangslöcher 31 möglich, die Länge der Verbindungsabschnitte 61 in der Richtung der Breite der gekrümmten Abschnitte 31b und 32b nach im Vergleich mit dem Fall zu reduzieren, in dem die Verbindungsabschnitte an den gekrümmten Abschnitten 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet sind.

[0064] Darüber hinaus sind in dieser Modifikation keine Verbindungsabschnitte in den zweiten Durchgangslöchern 32 ausgebildet. Deswegen gibt es an dem gekrümmten Abschnitt 24b von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 in jedem zweiten Kernblatt 30 eine Stelle, an der kein Verbindungsabschnitt ausgebildet ist. In dem Prozess, die Permanentmagnete 23 auszubilden, fließt das magnetische Material in die Stelle, an der kein Verbindungsabschnitt ausgebildet ist. Zusätzlich werden in jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 die Verbindungsabschnitte 61 zwischen dem ersten unregelmäßigen Abschnitt 43 und dem zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 ausgebildet. Mit anderen Worten verbinden die Verbindungsabschnitte 61 den ersten unregelmäßigen Abschnitt 43 und den zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 miteinander.

[0065] Mit der aus den **Fig. 11** bis **Fig. 13** ersichtlichen Konfiguration ist jeder der äußeren Kernabschnitte 25 an drei Stellen gestützt, d. h. an zwei Verbindungsabschnitten 22d, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt sind, und an dem gekrümmten Abschnitt 24b des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24, an dem die Verbindungsabschnitte 61 neu hinzugefügt sind. Folglich wird die Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25

gegen die Zentrifugalkraft besser. Darüber hinaus sind für jeden der äußeren Kernabschnitte 25 die Verbindungsabschnitte 22d und 61, die den äußeren Kernabschnitt 25 stützen, in einer gut ausgeglichenen Weise um den äußeren Kernabschnitt 25 herum angeordnet. Eine derartige Anordnung trägt zu dem stabilen Stützen der äußeren Kernabschnitte 25 bei.

[0066] In dem Rotor 20, der die Permanentmagnete 23 einsetzt, die die gekrümmte Form aufweisen, die nach radial innen konvex ist, wird das Volumen der radial außerhalb der Permanentmagnete 23 angeordneten äußeren Kernabschnitte 25 groß. Darüber hinaus wird in dem Fall, in dem die radial äußeren Enden der Permanentmagnete 23 nahe der äußeren Umfangsoberfläche 22a des Rotorkerns 22 angeordnet sind, um das Drehmoment zu erhöhen, die Dicke der Verbindungsabschnitte 22d klein, und somit tendiert die Festigkeit der Verbindungsabschnitte 22d dazu, abgesenkt zu werden. Wenn eine axiale Erregungskraft auf den Rotor 20 aufgrund von z. B. einem externen Faktor angewendet wird, wird deswegen eine Kraft erzeugt, um zu verursachen, dass die äußeren Kernabschnitte 25 in der axialen Richtung schwingen, wobei die Verbindungsabschnitte 22d als Hebelarme dienen. Folglich wird eine Last auf die Verbindungsabschnitte 61 aufgebracht; somit können die Verbindungsabschnitte 61 verformt werden, falls keine Gegenmaßnahme ergriffen wird.

[0067] Diesbezüglich greift mit der aus den **Fig. 11** bis **Fig. 13** ersichtlichen Konfiguration jeder der Permanentmagnete 23, die aus gebundenen Magneten bestimmt sind, die in die Magnetaufnahmelöcher 24 eingeführt sind, mit dem ersten unregelmäßigen Abschnitt 43, dem zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 und den dritten unregelmäßigen Abschnitten 45 der entsprechenden Magnetaufnahmelöcher 24 in einer Weise ein, die ähnlich zu einem sogenannten Ankereffekt ist. Jeder der äußeren Kernabschnitte 25 greift nämlich durch den ersten unregelmäßigen Abschnitt 43 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 mit der inneren Oberfläche des im Wesentlichen V-förmigen Permanentmagneten 23, der in dem entsprechenden Magnetaufnahmeloch 24 aufgenommen ist, axial ein. Andererseits greift die äußere Oberfläche des im Wesentlichen V-förmigen Permanentmagneten 23 durch den zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 mit einem Abschnitt des Rotorkerns 22 axial ein, der nicht die äußeren Kernabschnitte 25 ist. Wenn eine axiale Erregungskraft auf den Rotor 20 aufgrund von z. B. einem externen Faktor aufgebracht wird, ist es folglich möglich, zu unterdrücken, dass die äußeren Kernabschnitte 25 in axialen Richtung mit den Verbindungsabschnitten 22d als Hebelarmen schwingen. Als Ergebnis ist es möglich, die auf die Verbindungsabschnitte 61 aufge-

brachte Last zu reduzieren. In der voranstehend beschriebenen Weise kann die Verformung der Verbindungsabschnitte 61 aufgrund einer axialen Schwingung der äußeren Kernabschnitte 25 durch den ersten, den zweiten und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 43, 44 und 45 der Magnetaufnahmelöcher 24 unterdrückt werden. Die Konfiguration gemäß dieser Modifikation kann nämlich sowohl zu einer Verbesserung einer Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 gegen die Zentrifugalkraft wie auch einer Verbesserung der axialen Festigkeit der äußeren Kernabschnitte 25 beitragen.

[0068] Darüber hinaus weisen in dieser Modifikation die inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 ebenfalls die nicht unregelmäßigen Abschnitte 46 auf, wo der unregelmäßige Abschnitt 43, der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 nicht ausgebildet sind. Folglich wird es im Vergleich zu einer Konfiguration, in der unregelmäßige Abschnitte über die gesamten inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 ausgebildet sind, möglich, ein axiales Ausfließen des magnetischen Flusses zu unterdrücken, der aufgrund der unregelmäßigen Grenzen zwischen den Magnetaufnahmelöchern 24 und dem Permanentmagneten 23 erzeugt wird.

[0069] Darüber hinaus haben in dieser Modifikation die inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 die innere Seitenoberfläche 41, die den entsprechenden äußeren Kernabschnitt 25 definiert, und die äußere Seitenoberfläche 42, die in der Richtung der Breite des Magnetaufnahmelochs 24 nach zu der inneren Seitenoberfläche 41 gerichtet ist. In der inneren Seitenoberfläche 41 sind der erste unregelmäßige Abschnitt 43 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 ausgebildet. Andererseits ist in der äußeren Seitenoberfläche 42 der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 ausgebildet. Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration kann, da jede aus der inneren Seitenoberfläche 41 und der äußeren Seitenoberfläche 42 eine Unregelmäßigkeit aufweist, eine Schwingung des entsprechenden äußeren Kernabschnitts 25 durch die Unregelmäßigkeit wirkungsvoller unterdrückt werden. Da darüber hinaus die nicht unregelmäßigen Abschnitte 46 in jeder aus der inneren Seitenoberfläche 41 und der äußeren Seitenoberfläche 42 ausgebildet sind, wird es möglich, die Wirkung des Unterdrückens eines Ausfließens eines magnetischen Flusses durch die nicht unregelmäßigen Abschnitte 46 noch geeigneter zu erlangen.

[0070] Darüber hinaus sind in dieser Modifikation der erste unregelmäßige Abschnitt 43 und der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 innerhalb des Bereichs eines Bezugskreises C1 bereitgestellt, dessen Durchmesser die Hälfte des Außendurchmessers des Rotorkerns 22 beträgt. Der Bezugskreis C1 ist

ein Kreis, der auf der Achsenmitte O1 des Rotors 20 zentriert ist. Der durch den Bezugskreis C1 begrenzte Bereich ist ein radial innerer Bereich des Rotorkerns 22, d. h. ein Bereich, der kaum zu dem Abtriebsdrehmoment beiträgt. Deswegen wird es durch das Bereitstellen des ersten unregelmäßigen Abschnitts 43 innerhalb des Bereichs des Bezugskreises C1 möglich, eine Verringerung des Abtriebsdrehmoments aufgrund der Bereitstellung des ersten unregelmäßigen Abschnitts 43 zu unterdrücken.

[0071] Darüber hinaus sind in dieser Modifikation für jedes der Magnetaufnahmelöcher 24, die die gefaltete Form aufweisen, sowohl der erste unregelmäßige Abschnitt 43 wie auch der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 an dem gekrümmten Abschnitt 24b des Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt. Mit der voranstehenden Konfiguration wird es möglich, innere Endteile der äußeren Kernabschnitte, die von den Verbindungsabschnitten 22d entfernt angeordnet sind, mit den Permanentmagneten 23 durch die ersten und zweiten unregelmäßigen Abschnitte 43 und 44 der Magnetaufnahmelöcher 24 axial in Eingriff zu bringen. Folglich wird es möglich, wirkungsvoll zu unterdrücken, dass die äußeren Kernabschnitte 25 in der axialen Richtung mit den Verbindungsabschnitten 22d als Hebelpunkte schwingen.

[0072] Darüber hinaus sind in dieser Modifikation die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 an den radial äußeren Enden 24c der Magnetaufnahmelöcher 24 bereitgestellt. Mit der voranstehenden Konfiguration wird es möglich, die Schwingung der äußeren Kernabschnitte in den Umgebungen der radial äußeren Endteile der äußeren Kernabschnitte 25 zu unterdrücken. Darüber hinaus sind die Vorsprünge der dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 aus den vorragenden Abschnitten 31e bestimmt, die in den Richtungen der Breite der Magnetaufnahmelöcher 24 nach nach innen vorragen. Die vorragenden Abschnitte 31e sind in den ersten Durchgangslöchern 31 ausgebildet. Folglich wird es möglich, die Umfangslänge der Verbindungsabschnitte 22d zu reduzieren, die den ersten Durchgangslöchern 31 entsprechen. Als Ergebnis kann die Formbarkeit der Kernblätter 30 verbessert werden.

[0073] Darüber hinaus sind in dieser Modifikation die vorragenden Abschnitte 31e an den radial äußeren Enden der geraden Abschnitte 31a des ersten Durchgangslöcher 31 durch Vorranglassen der Eckabschnitte an der inneren Seite der gefalteten im Wesentlichen V-Form der ersten Durchgangslöcher 31 ausgebildet. Folglich wird es möglich, die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 durch die vorragenden Abschnitte 31e auszubilden, während eine Verringerung des magnetischen Flusses der Permanentmagnete 23 minimiert wird. Darüber hinaus kann durch das Minimieren der Verringerung in dem mag-

netischen Fluss der Permanentmagnete 23, während das Volumen der Permanentmagnete 23 durch die Bereitstellung der vorragenden Abschnitte 31e reduziert wird, möglich werden, das Abtriebsdrehmoment pro Einheitsvolumen der Permanentmagnete 23 zu verbessern.

[0074] Darüber hinaus sind in dieser Modifikation die Kernblätter 30, die den Rotorkern 22 ausbilden, in der Konfiguration zueinander identisch. In jedem der Kernblätter 30 existieren die ersten Durchgangslöcher 31 und die zweiten Durchgangslöcher 32, die in ihrer Form zueinander unterschiedlich sind, in der Umfangsrichtung abwechselnd zusammen. Darüber hinaus sind die Kernblätter 30 so laminiert, dass jedes der Magnetaufnahmelöcher 24 aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 der Kernblätter 30 bestimmt ist. Als Ergebnis wird es möglich, die Teileverwaltung durch das Ausbilden der Kernblätter 30 in identischer Konfiguration zueinander zu erleichtern; es wird ebenfalls möglich, den ersten unregelmäßigen Abschnitt 43, den zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 und die dritten unregelmäßigen Abschnitte 45 in jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 durch die axial überlappenden ersten und zweiten Durchgangslöcher 31 und 32 auszubilden.

[0075] Zusätzlich wird es in dieser Modifikation ebenfalls möglich, ein magnetisches Ungleichgewicht zu minimieren, das aufgrund des zusammen Vorhandenseins der ersten Durchgangslöcher 31 und der zweiten Durchgangslöcher 32 in jedem der Kernblätter 30 auftreten kann, die in ihrer Form zueinander unterschiedlich sind.

[0076] In der aus der **Fig. 11** ersichtlichen voranstehend beschriebenen Modifikation sind die inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24, der erste unregelmäßige Abschnitt 43 und der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 durch den Unterschied zwischen der Breite der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 und der Breite der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet. Jedoch ist die Ausbildung des ersten unregelmäßigen Abschnitts 43 und des zweiten unregelmäßigen Abschnitts 44 nicht insbesondere auf diese Modifikation begrenzt, sondern kann geändert werden, wie geeignet ist.

[0077] Wie z. B. aus den **Fig. 15** und **Fig. 16** ersichtlich ist, können die radiale Breite der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 und die radiale Breite der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 eingestellt sein, zueinander gleich zu sein; und der erste unregelmäßige Abschnitt 43 und der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 können durch den Unterschied in der radialen Position zwischen den gekrümmten

Abschnitten 31b der ersten Durchgangslöcher 31 und den gekrümmten Abschnitten 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet sein. Noch genauer sind in der aus den **Fig. 15** und **Fig. 16** ersichtlichen Modifikation der erste unregelmäßige Abschnitt 43 und der zweite unregelmäßige Abschnitt 44 durch Anordnen der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 radial innerhalb der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet.

[0078] Mit einer derartigen Konfiguration ist es möglich, im Wesentlichen die gleichen vorteilhaften Wirkungen zu erlangen, die mit der aus der **Fig. 11** ersichtlichen Konfiguration erlangt werden können. Darüber hinaus ist es mit der aus der **Fig. 15** ersichtlichen Konfiguration möglich, den ersten unregelmäßigen Abschnitt 43 und den zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 in den inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 auszubilden, während verhindert ist, dass die magnetischen Eigenschaften der in den entsprechenden Magnetaufnahmelöchern 24 ausgebildeten Permanentmagnete 23 zueinander unterschiedlich werden. Es sollte angemerkt werden, dass auch möglich ist, eine Konfiguration zu kombinieren, in der die Positionen der gekrümmten Abschnitte 31b und 32b zueinander unterschiedlich eingestellt sind, und eine Konfiguration, wo die Breiten der gekrümmten Abschnitte 31b und 32b zueinander unterschiedlich eingestellt sind.

[0079] In den voranstehend beschriebenen Modifikationen sind die Kernblätter 30 in Einheiten von einem Kernblatt abwechselnd an der ersten Position und der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet. Abwechselnd können die Kernblätter 30 in Einheiten von mehreren Kernblättern abwechselnd an der ersten Position und der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sein. In diesem Fall können die Einheiten der mehreren Kernblätter entweder Einheiten mit der gleichen Anzahl von Kernblättern oder Einheiten mit unterschiedlichen Anzahlen von Kernblättern sein. Zum Beispiel zeigt die **Fig. 17** eine Konfiguration, in der die Kernblätter 30 in Einheiten von zwei Kernblättern abwechselnd an der ersten Position und der um 45° gedrehten zweiten Position angeordnet sind. Mit einer derartigen Konfiguration ist es möglich, im Wesentlichen die gleichen vorteilhaften Wirkungen zu erlangen, die mit den Konfigurationen gemäß den voranstehend beschriebenen Modifikationen erlangt werden können.

[0080] In den voranstehend beschriebenen Modifikationen können die Positionen der Ausbildung der unregelmäßigen Abschnitte in den inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 geändert werden, wie es geeignet ist. Zum Beispiel können in den inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 unregelmäßige Abschnitte an Zwischentei-

len der geraden Abschnitte 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 in einer axialen Sicht ausgebildet sein.

[0081] In den voranstehend beschriebenen Modifikationen können ein beliebiges aus dem ersten unregelmäßigen Abschnitt 43, dem zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 und den dritten unregelmäßigen Abschnitten 45 von den Magnetaufnahmelöchern 24 weggelassen werden. Darüber hinaus ist in den voranstehend beschriebenen Modifikationen jeder der Verbindungsabschnitte 61 zwischen dem ersten unregelmäßigen Abschnitt 43 und dem zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet. Alternativ kann jeder der Verbindungsabschnitte 61 zwischen den nicht regelmäßigen Abständen 46 des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet sein.

[0082] In den voranstehend beschriebenen Modifikationen sind in den inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24, dem ersten unregelmäßigen Abschnitt 43, dem zweiten unregelmäßigen Abschnitt 44 und den dritten unregelmäßigen Abschnitten 45 an einigen Stellen in der Erstreckungsrichtung des Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet; und die nicht unregelmäßigen Abstände 46 sind an den anderen Stellen in der Erstreckungsrichtung des Magnetaufnahmelochs 24 ausgebildet. Abwechselnd können in den inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher 24 unregelmäßige Abschnitte an einigen Stellen in der axialen Richtung ausgebildet sein; und nicht unregelmäßige Abschnitte können an den anderen Stellen in der axialen Richtung ausgebildet sein.

[0083] Ansonsten können, wie aus der **Fig. 18** ersichtlich ist, unregelmäßige Abschnitte 71 über die gesamten inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 ausgebildet sein. In der aus der **Fig. 18** ersichtlichen Konfiguration weisen die ersten Durchgangslöcher 31 eine Form auf, die geringfügig kleiner als die der zweiten Durchgangslöcher 32 ist. Die unregelmäßigen Abschnitte 71 sind über die gesamten inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 durch axiales Überlappen der ersten Durchgangslöcher 31 und der zweiten Durchgangslöcher 32 ausgebildet, die unterschiedliche Formen aufweisen. Mit einer derartigen Konfiguration ist es möglich, einen größeren Bereich der unregelmäßigen Abschnitte 71 sicherzustellen, die in den inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher 24 ausgebildet sind. Als Ergebnis wird es möglich, eine axiale Schwingung der äußeren Kernabschnitte 25 geeignet zu unterdrücken.

[0084] In den voranstehend beschriebenen Modifikationen ist ein Verbindungsabschnitt 61 in jedem der ersten Durchgangslöcher 31 bereitgestellt. Alternativ können zwei oder mehr Verbindungsabschnitte in jedem der ersten Durchgangslöcher 31 bereitge-

stellt sein. In diesem Fall wird jeder der Kernabschnitte 25 an vier oder mehr Stellen gestützt, d. h. an zwei Verbindungsabschnitten 22d, die unvermeidbar aufgrund der Konfiguration des entsprechenden Magnetaufnahmelochs 24 bereitgestellt sind, und zwei oder mehr Stellen, an denen die zwei oder mehr Verbindungsabschnitte neu hinzugefügt sind.

[0085] In den voranstehend beschriebenen Modifikationen sind die Verbindungsabschnitte 61 an den gekrümmten Abschnitten 24b der Magnetaufnahmelöcher 24 bereitgestellt. Alternativ können die Verbindungsabschnitte 61 an den geraden Abschnitten 24a der Magnetaufnahmelöcher 24 bereitgestellt sein. Darüber hinaus erstrecken sich in den voranstehend beschriebenen Modifikationen die Verbindungsabschnitte 61 in den Richtungen der gekrümmten Abschnitte 24b der Magnetaufnahmelöcher 24 der Breite nach, d. h. in den radialen Richtungen des Rotors 20. Alternativ können die Verbindungsabschnitte 61 geeignet modifiziert werden, um sich in Richtungen schräg zu der Richtung der Breite der gekrümmten Abschnitte 24b der Magnetaufnahmelöcher 24 nach zu erstrecken, d. h. in anderen Richtungen als den radialen Richtungen des Rotors 20.

[0086] In der voranstehend beschriebenen Ausführungsform und den Modifikationen ist in jedem der Kernblätter 30 die Anzahl der ersten Durchgangslöcher 31 eingestellt, gleich der Anzahl der zweiten Durchgangslöcher 32 zu sein. Alternativ kann in jedem der Kernblätter 30 die Anzahl der ersten Durchgangslöcher 31 eingestellt sein, größer oder kleiner als die Anzahl der zweiten Durchgangslöcher 32 zu sein. Zusätzlich können unabhängig von der Anzahl der ersten Durchgangslöcher 31 und der Anzahl der zweiten Durchgangslöcher 32 die ersten Durchgangslöcher 31 und die zweiten Durchgangslöcher 32 so geformt sein, dass sie mit Bezug auf die Achsenmitte O1 des Rotors 20 punktsymmetrisch sind, und dabei ein magnetisches Ungleichgewicht in der Umfangsrichtung unterdrücken.

[0087] Zum Beispiel sind in einer aus der **Fig. 19** ersichtlichen Modifikation in jedem der Kernblätter 30 zwei erste Durchgangslöcher 31 und vier zweite Durchgangslöcher 32 ausgebildet. Die zwei ersten Durchgangslöcher 31 sind voneinander um 180° in der Umfangsrichtung getrennt angeordnet, um zueinander gerichtet zu sein. Folglich wird es möglich, ein magnetisches Ungleichgewicht in der Umfangsrichtung zu unterdrücken. Darüber hinaus ist in der aus der **Fig. 19** ersichtlichen Modifikation die Breite der gekrümmten Abschnitte 31b der ersten Durchgangslöcher 31 kleiner als die Breite der gekrümmten Abschnitte 32b der zweiten Durchgangslöcher 32. Die Dicke der gekrümmten Abschnitte 23b der Permanentmagnete 23 ist nämlich in den ersten Durchgangslöchern 31 kleiner als in den zweiten Durchgangslöchern 32. Deswegen ist es durch das

Einstellen der Anzahl der ersten Durchgangslöcher 31 kleiner als der Anzahl der zweiten Durchgangslöcher 32 möglich, eine Verringerung des Abtriebsdrehmoments zu unterdrücken.

[0088] In der voranstehend beschriebenen Ausführungsform und den Modifikationen wird in dem Vorgang des Laminierens der Kernblätter 30, um den Rotorkern 22 auszubilden, jedes der Kernblätter 30 um 45° entsprechend einem Magnetpol gedreht. Alternativ kann in dem Laminierungsvorgang jedes der Kernblätter 30 um einen anderen Winkel als 45° gedreht werden, wie z. B. um einen zwei Magnetpolen entsprechenden Winkel oder einen drei Magnetpolen entsprechenden Winkel.

[0089] Als Nächstes werden technische Ideen beschrieben, die von der voranstehend beschriebenen Ausführungsform und den Modifikationen ergriffen werden können.

(A) In den inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher sind bereitgestellt: die unregelmäßigen Abschnitte (43, 44, 45), von denen jeder durch den Unterschied der Position zwischen den Randkanten der ersten und zweiten Durchgangslöcher ausgebildet ist, die sich in axialen Richtung überlappen; und die nicht unregelmäßigen Abschnitte (46), wo die unregelmäßigen Abschnitte nicht ausgebildet sind.

[0090] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration wird es, da die nicht unregelmäßigen Abschnitte 46 in den inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt sind, möglich, ein axiales Ausschließen eines Magnetflusses zu unterdrücken, der aufgrund der unregelmäßigen Grenzen zwischen den Magnetaufnahmelöchern und dem Permanentmagneten erzeugt wird, im Vergleich mit einer Konfiguration, in der unregelmäßige Abschnitte über die gesamten inneren Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher ausgebildet sind.

(B) Der Rotorkern weist die äußeren Kernabschnitte radial außerhalb der Permanentmagnete angeordnet auf. Die inneren Oberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher haben die innere Seitenoberfläche (41), die den entsprechenden äußeren Kernabschnitt definiert, und die äußere Seitenoberfläche (42), die in der Richtung der Breite des Magnetaufnahmelochs nach zu der inneren Seitenoberfläche gerichtet ist. Die unregelmäßigen Abschnitte sind sowohl in der inneren Seitenoberfläche wie auch der äußeren Seitenoberfläche bereitgestellt. Die nicht unregelmäßigen Abschnitte sind ebenfalls sowohl in der inneren Seitenoberfläche wie auch der äußeren Seitenoberflächen bereitgestellt.

[0091] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration können, da die unregelmäßigen Abschnitte sowohl in den inneren wie auch den äußeren Seitenoberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt sind, Schwingungen des äußeren Kernabschnitts wirkungsvoller durch die unregelmäßigen Abschnitte unterdrückt werden. Da darüber hinaus die nicht unregelmäßigen Abschnitte sowohl in den inneren wie auch äußeren Seitenoberflächen von jedem der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt sind, kann das Ausfließen des magnetischen Flusses geeigneter durch die nicht unregelmäßigen Abschnitte unterdrückt werden.

(C) Die unregelmäßigen Abschnitte sind radial innerhalb einer Hälfte des Außendurchmessers des Rotorkerns bereitgestellt.

[0092] Mit der voranstehenden Konfiguration ist der radial innerhalb einer Hälfte des Außendurchmessers des Rotorkerns angeordnete Bereich ein Bereich, der kaum zu dem Abtriebsdrehmoment beiträgt. Deswegen wird es durch das Bereitstellen der unregelmäßigen Abschnitte in dem Bereich möglich, eine Verringerung des Abtriebsdrehmoments aufgrund des Bereitstellens der unregelmäßigen Abschnitte zu unterdrücken.

(D) Die unregelmäßigen Abschnitte sind an den gekrümmten Abschnitten (24b) der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt, die in der gefalteten Form ausgebildet sind.

[0093] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration wird es möglich, radial innere Endteile der äußeren Kernabschnitte mit den Permanentmagneten durch die unregelmäßigen Abschnitte, die an den gekrümmten Abschnitten der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt sind, axial in Eingriff zu bringen. Folglich wird es möglich, eine axiale Schwingung der äußeren Kernabschnitte durch die unregelmäßigen Abschnitte wirkungsvoll zu unterdrücken.

(E) Die unregelmäßigen Abschnitte sind an den radial äußeren Enden (24c) der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt.

[0094] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration wird es möglich, eine Schwingung der äußeren Kernabschnitte in den Umgebungen der radial äußeren Endteile der äußeren Kernabschnitte zu unterdrücken.

(F) Die Vorsprünge der unregelmäßigen Abschnitte, die an den radial äußeren Enden der Magnetaufnahmelöcher bereitgestellt sind, sind aus den vorragenden Abschnitten (100e) bestimmt, die in der Richtung der Breite der Magnetaufnahmelöcher 24 nach nach innen vorragen.

[0095] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration wird es möglich, durch Bereitstellen der vorragenden Abschnitte die Umfangslänge der Verbindungsabschnitte, die nahe den radial äußeren Enden der Magnetaufnahmelöcher ausgebildet sind, teilweise zu reduzieren. Als ein Ergebnis kann die Formbarkeit der Kernblätter verbessert werden.

(G) Die vorragenden Abschnitte sind an den radial äußeren Enden der Magnetaufnahmelöcher durch Vorragenlassen der Eckabschnitte an der Innenseite der gefalteten Form der Magnetaufnahmelöcher ausgebildet.

[0096] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration wird es möglich, die unregelmäßigen Abschnitte durch die vorragenden Abschnitte auszubilden, während eine Verringerung in dem magnetischen Fluss der Permanentmagnete minimiert wird. Außerdem wird es durch das Minimieren der Verringerung des magnetischen Flusses der Permanentmagnete, während das Volumen der Permanentmagnete durch die Bereitstellung der vorragenden Abschnitte reduziert wird, möglich, das Abtriebsdrehmoment pro Einheitsvolumen der Permanentmagnete zu verbessern.

(H) In jedem der Kernblätter sind die Breiten der Verbindungsabschnitte der ersten Durchgangslöcher in den Richtungen rechtwinklig zu den Erstreckungsrichtungen der Verbindungsabschnitte eingestellt, zueinander gleich zu sein.

[0097] Mit der voranstehend beschriebenen Konfiguration sind in einem Zustand, in dem die Kernblätter laminiert worden sind, um den Rotorkern auszubilden, in jedem der Magnetaufnahmelöcher alle Verbindungsabschnitte in Ausrichten miteinander in der axialen Richtung angeordnet. Wenn eine axiale Erregungskraft auf die äußeren Kernabschnitte aufgebracht wird, wird folglich eine Last im Wesentlichen gleichmäßig auf alle Verbindungsabschnitte in jedem der Magnetaufnahmelöcher ausgeübt werden. Als Ergebnis kann eine Verformung der Verbindungsabschnitte geeignet unterdrückt werden.

[0098] Während die vorliegende Offenbarung mit Bezug auf die Ausführungsform beschrieben wurde, sollte anerkannt werden, dass die vorliegende Offenbarung nicht auf die Ausführungsform und die Struktur begrenzt ist. Stattdessen umfasst die vorliegende Offenbarung verschiedene Modifikationen und Änderungen innerhalb äquivalenter Bereiche. Zusätzlich sind verschiedene Kombinationen und Betriebsarten ebenfalls in der Kategorie und dem Bereich der technischen Idee der vorliegenden Offenbarung vorhanden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2020196160 A [0001]
- JP 2021094750 [0001]
- JP 2018085779 A [0005]

Patentansprüche

1. Rotor (20) mit:
einem Rotorkern (22) mit einer Vielzahl von Kernblättern (30), die zusammenlaminiert sind und eine Vielzahl von Magnetaufnahmelöchern (24) in einer gefalteten Form aufweisen, die nach radial innen konvex ist; und
einer Vielzahl von Permanentmagneten (23), die entsprechend in den Magnetaufnahmelöchern des Rotorkerns eingebettet sind,
wobei:
jedes der Vielzahl der Kernblätter eine Vielzahl von ersten Durchgangslöchern (31) und eine Vielzahl von zweiten Durchgangslöchern (32) aufweist, wobei jedes der ersten Durchgangslöcher einen Verbindungsabschnitt (31c, 61) an einer Zwischenposition in der gefalteten Form eines entsprechenden einen der Magnetaufnahmelöcher aufweist, um innere Randkanten des ersten Durchgangslochs, die in einer Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs nach zueinander gerichtet sind, zu verbinden, und jedes der zweiten Durchgangslöcher keinen Verbindungsabschnitt aufweist;
die Vielzahl der Kernblätter in ihrer Konfiguration zueinander identisch sind; und
die Vielzahl der Kernblätter so laminiert sind, dass jedes der Magnetaufnahmelöcher des Rotorkerns aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher der Vielzahl der Kernblätter bestimmt ist.
2. Rotor nach Anspruch 1, wobei in jedem der Vielzahl der Kernblätter die ersten Durchgangslöcher und die zweiten Durchgangslöcher in einer Umfangsrichtung abwechselnd angeordnet sind.
3. Rotor nach Anspruch 2, wobei jede vorbestimmte Anzahl der Kernblätter in entweder einer ersten Position oder einer zweiten Position die um einen Winkel entsprechend einem der Magnetaufnahmelöcher gedreht ist, angeordnet sind.
4. Rotor nach Anspruch 3, wobei jedes eine der Kernblätter entweder in der ersten Position oder der zweiten Position angeordnet ist.
5. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei:
jedes der ersten Durchgangslöcher in einer gefalteten Form ausgebildet ist, um einen gekrümmten Abschnitt (31b) aufzuweisen; und
in jedem der ersten Durchgangslöcher der Verbindungsabschnitt an dem gekrümmten Abschnitt des ersten Durchgangslochs angeordnet ist.
6. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Verbindungsabschnitt eine Breite (W_b) aufweist, die eingestellt ist, kleiner als oder gleich

einer Dicke (t) von jedem der Vielzahl der Kernblätter zu sein.

7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Verbindungsabschnitt seine Seitenkanten (31b) in einer gleichmäßig gekrümmten Form derart ausgebildet aufweist, dass eine Breite des Verbindungsabschnitts sich zu einem Mittelteil in einer Erstreckungsrichtung des Verbindungsabschnitts verringert.

8. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Rotorkern vorragende Abschnitte (22e, 22f) aufweist, von denen jeder durch Vorragenlassen eines Eckabschnitts an einer Seite von einem von radial äußeren Enden (24c) der Magnetaufnahmelöcher ausgebildet ist, um eine Breite des radial äußeren Endes zu reduzieren.

9. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Permanentmagnete vorragende Abschnitte (23x) aufweisen, die von axialen Endflächen (22c) des Rotorkerns vorragen.

10. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei:
jeder der Permanentmagnete in einer gefalteten Form ausgebildet ist, um einen gekrümmten Abschnitt (23b) aufzuweisen; und
eine Dicke (W_{m1}) des gekrümmten Abschnitts kleiner als eine Dicke (W_m) von anderen Abschnitten (23a) des Permanentmagneten ist.

11. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei:
innere Oberflächen der Magnetaufnahmelöcher unregelmäßige Abschnitte (43, 44, 45, 71) aufweisen, von denen jeder durch einen Unterschied in der Position zwischen Randkanten der ersten und zweiten Durchgangslöcher ausgebildet ist, die in einer axialen Richtung überlappen; und
die Permanentmagnete Eingriffsabschnitte (51, 52, 53) aufweisen, die entsprechend den Aussparungen (43a, 44a, 45a) der unregelmäßigen Abschnitte angeordnet sind.

12. Drehende elektrische Maschine (M) mit:
einem Rotor (20), der umfasst
einen Rotorkern (22) mit einer Vielzahl von Kernblättern (30), die zusammenlaminiert sind und eine Vielzahl von Magnetaufnahmelöchern (24) in einer gefalteten Form, die nach radial innen konvex ist, ausgebildet aufweisen, und
eine Vielzahl von Permanentmagneten (23), die entsprechend in den Magnetaufnahmelöchern des Rotorkerns eingebettet sind; und
einem Stator (10), der konfiguriert ist, ein drehendes Magnetfeld an den Rotor anzulegen,
wobei:
jedes der Vielzahl der Kernblätter eine Vielzahl von

ersten Durchgangslöchern (31) und eine Vielzahl von zweiten Durchgangslöchern (32) aufweist, wobei jedes der ersten Durchgangslöcher einen Verbindungsabschnitt (31c, 61) aufweist, der an einem Zwischenabschnitt in der gefalteten Form eines entsprechenden einen der Magnetaufnahmelöcher ausgebildet ist, um innere Randkanten des ersten Durchgangslochs, die in einer Richtung der Breite des ersten Durchgangslochs nach zueinander gerichtet sind, zu verbinden, und jedes der zweiten Durchgangslöcher keinen Verbindungsabschnitt aufweist;

die Vielzahl der Kernblätter in der Konfiguration zueinander identisch sind; und

die Vielzahl der Kernblätter so laminiert sind, dass jedes der Magnetaufnahmelöcher des Rotorkerns aus einer Mischung der ersten und zweiten Durchgangslöcher der Vielzahl der Kernblätter bestimmt ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

FIG.1

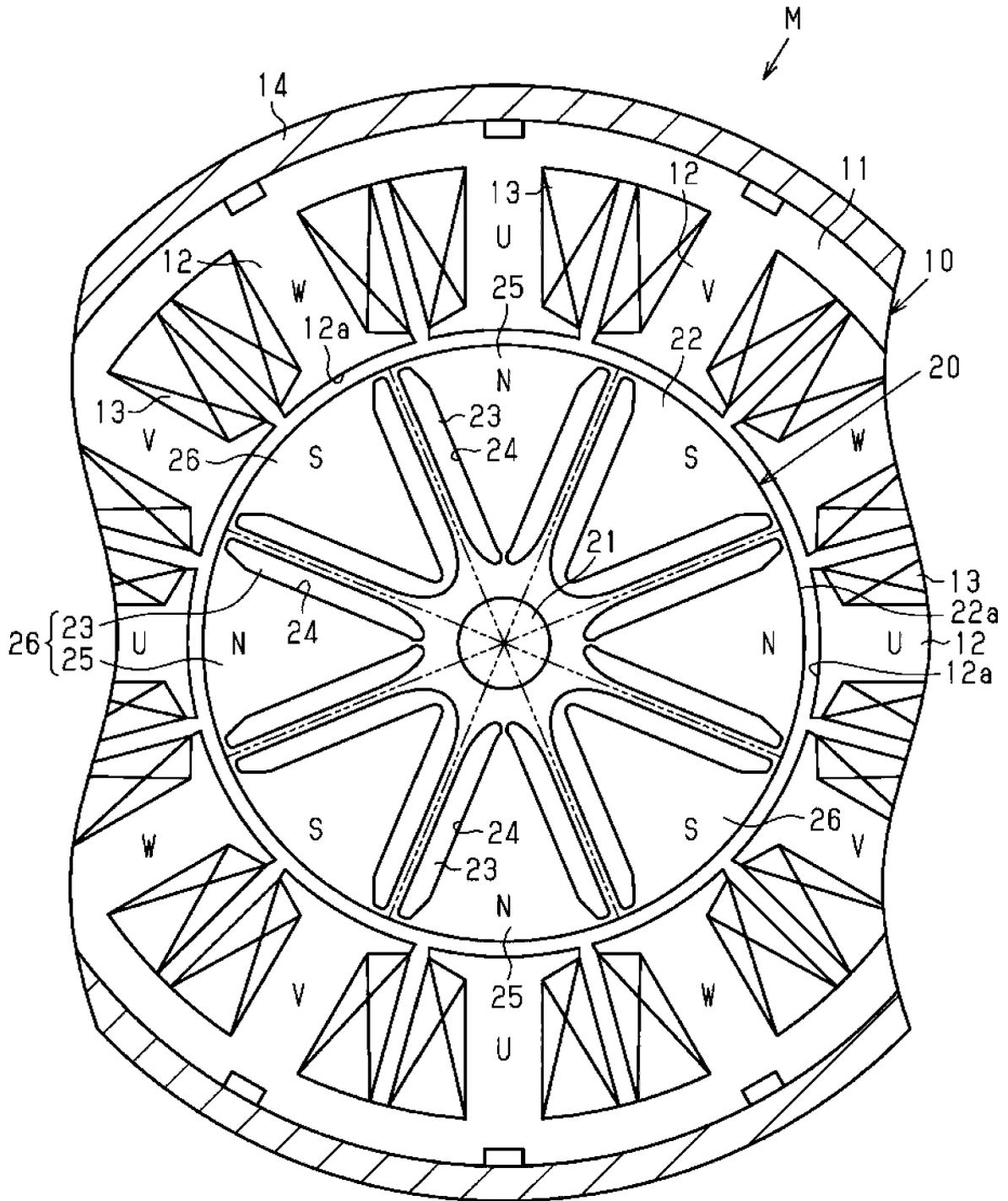


FIG.2

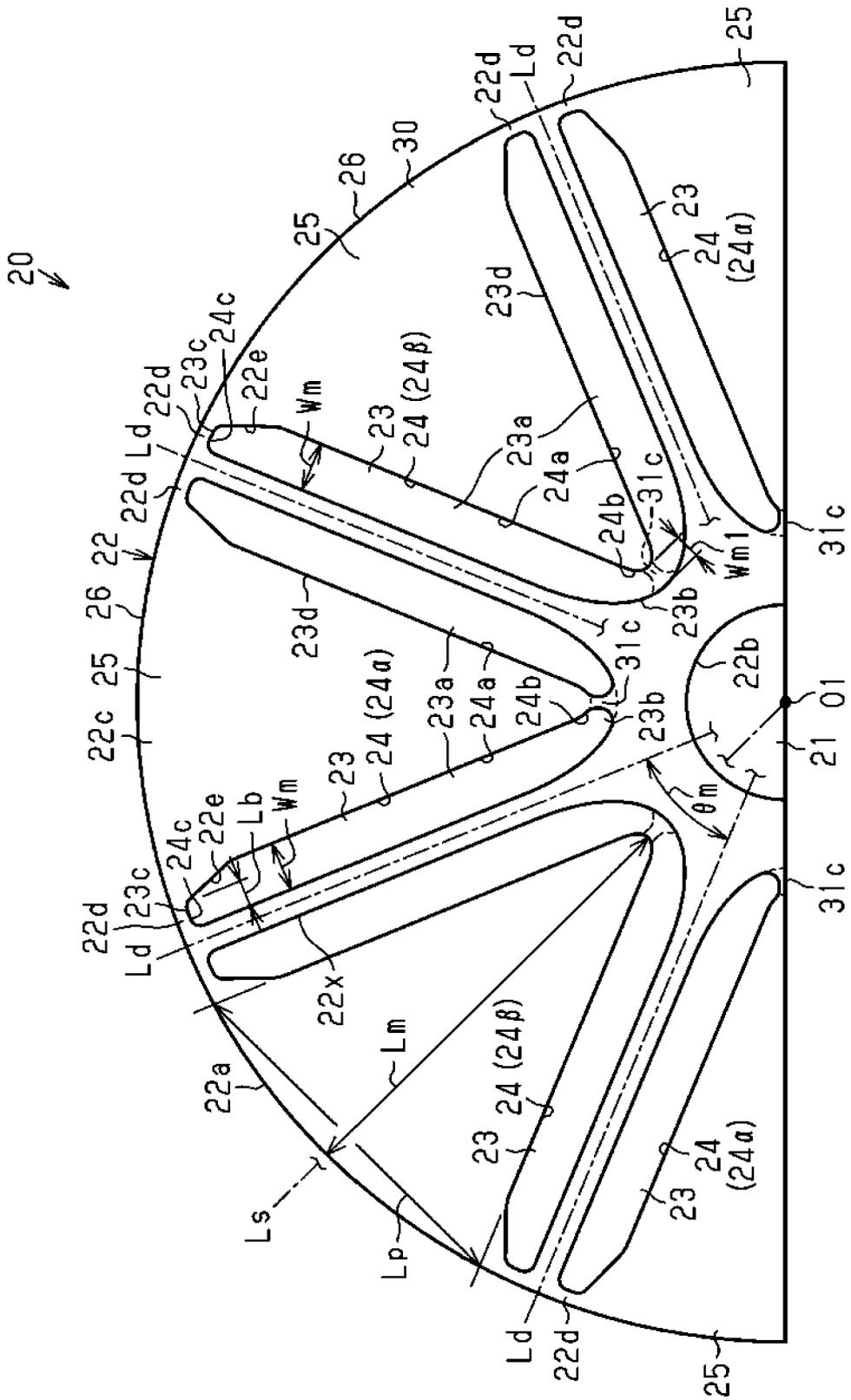


FIG.4(a)

1.POSITION

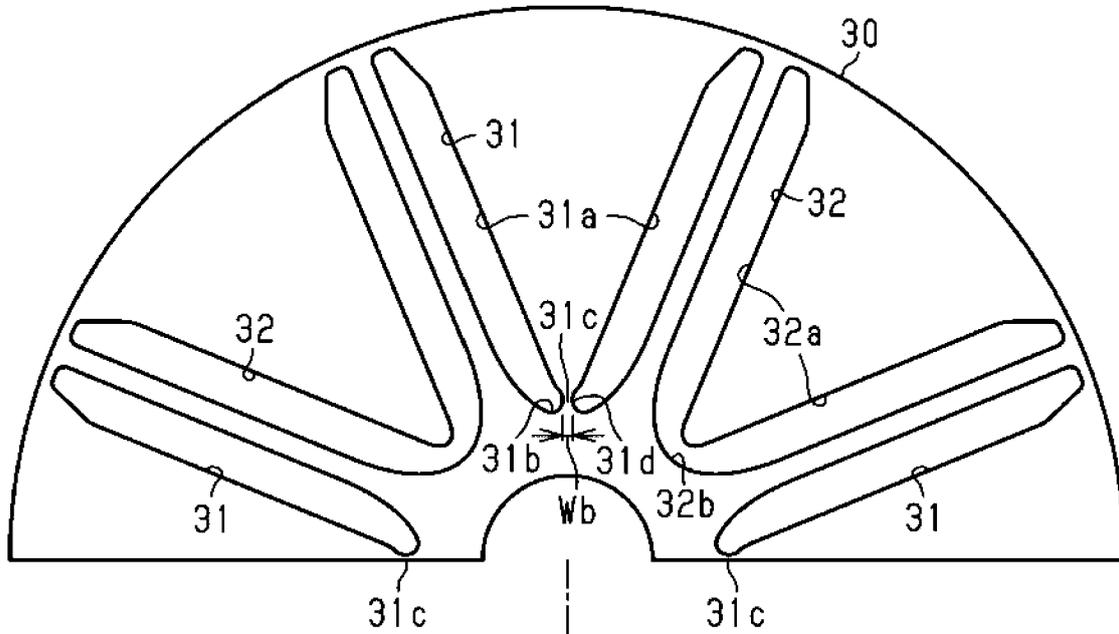


FIG.4(b)

2.POSITION
(UM45°GEDREHT)

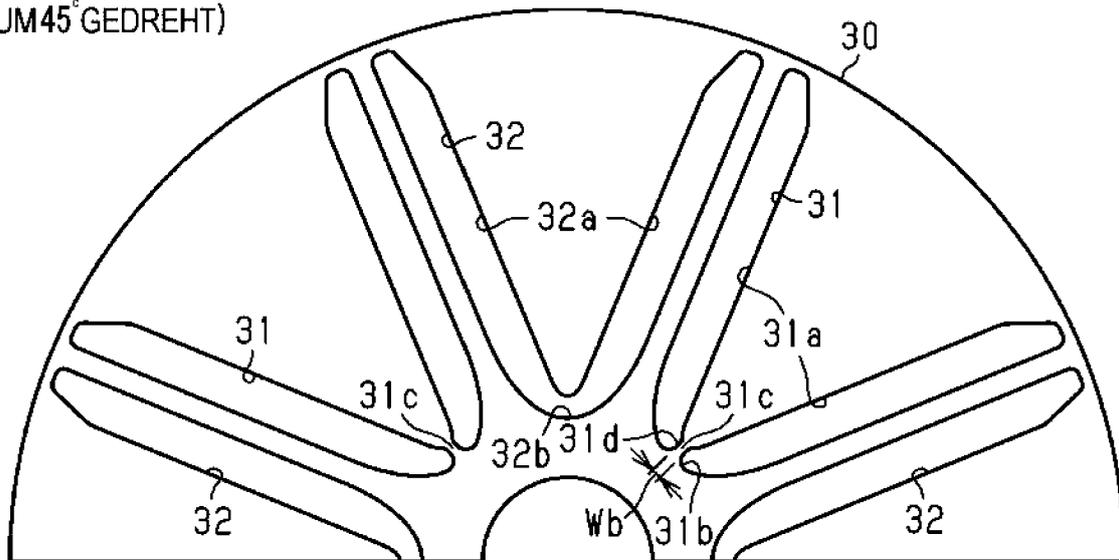


FIG.5

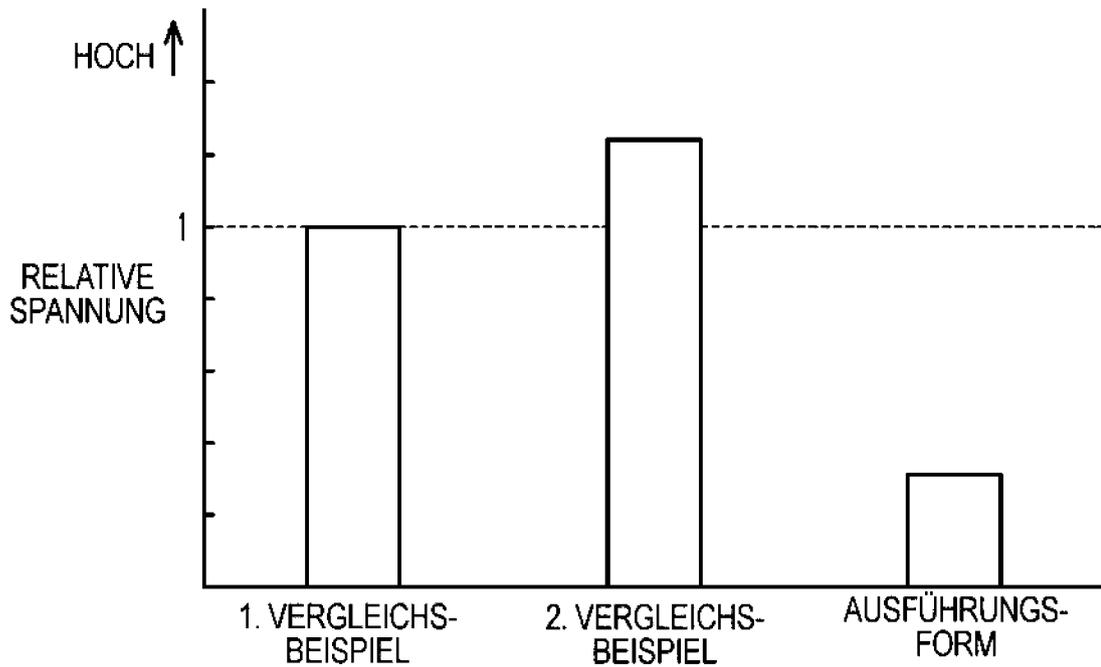


FIG.6

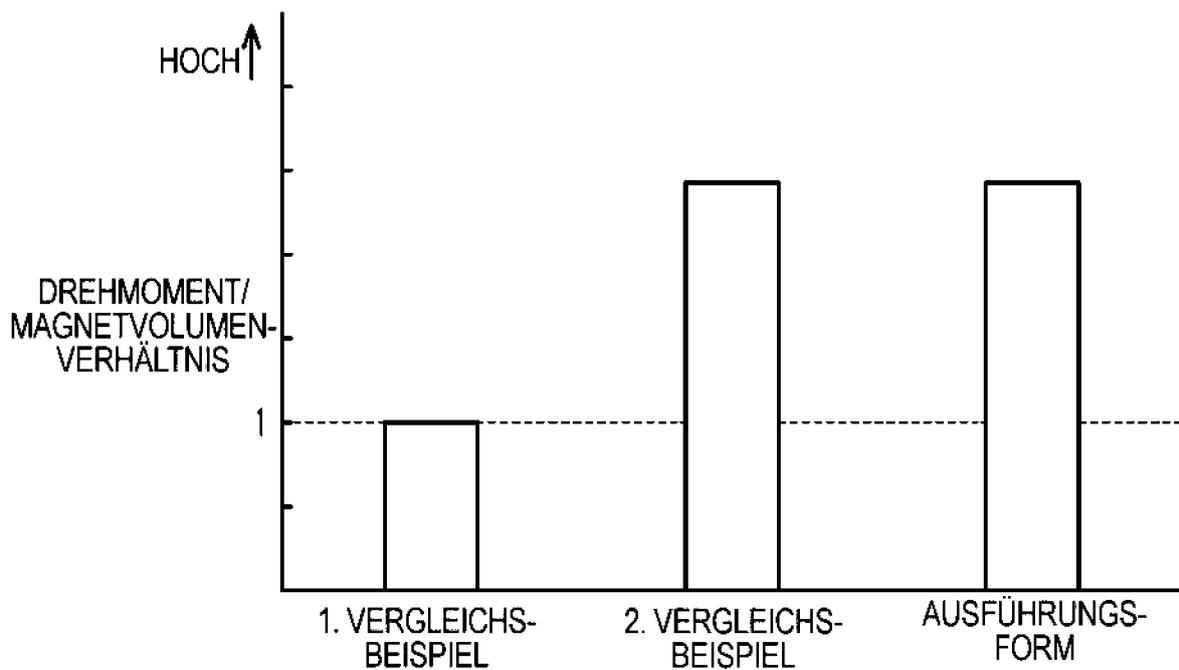


FIG.7

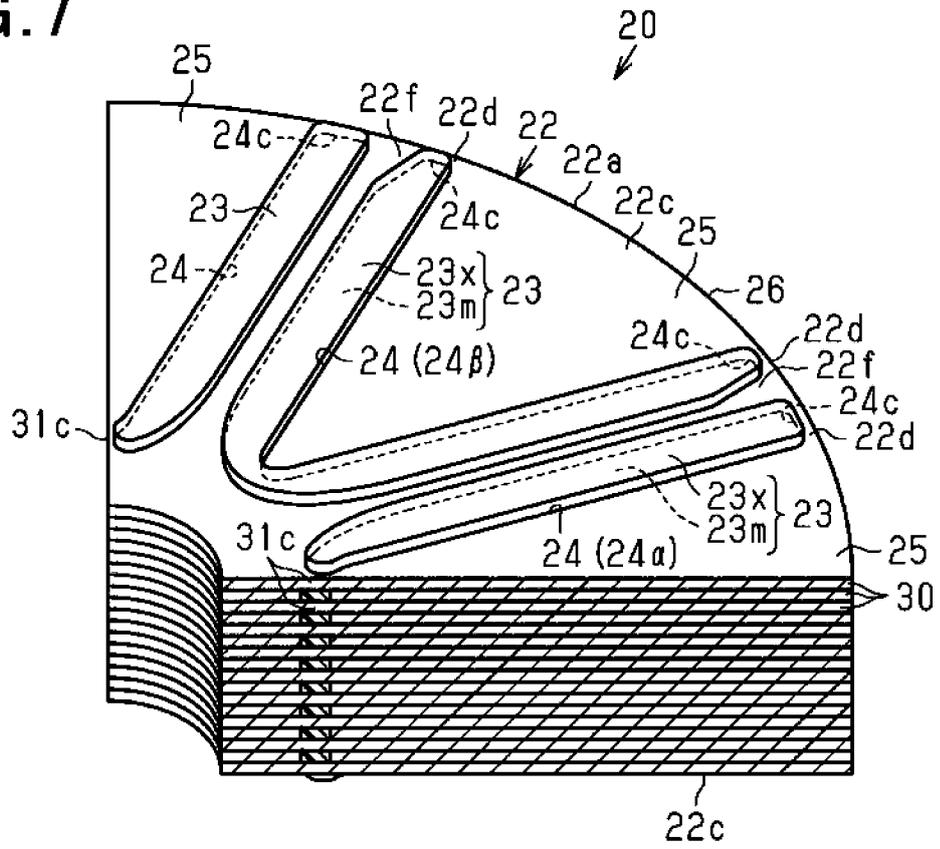


FIG.8

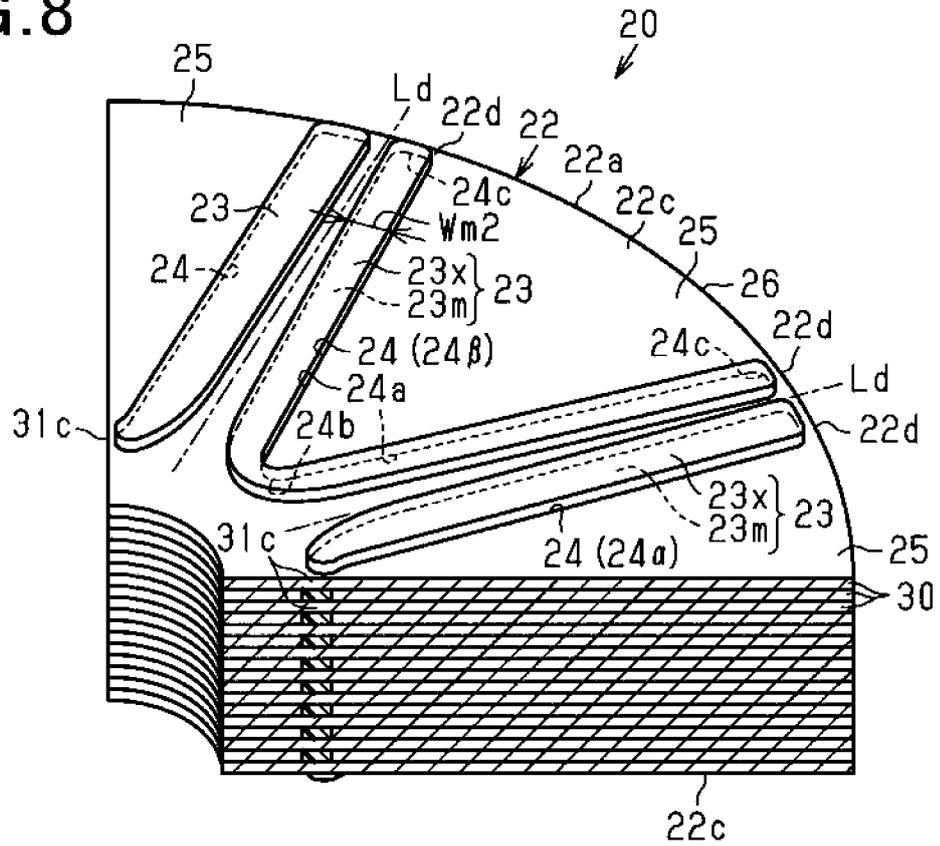


FIG.12

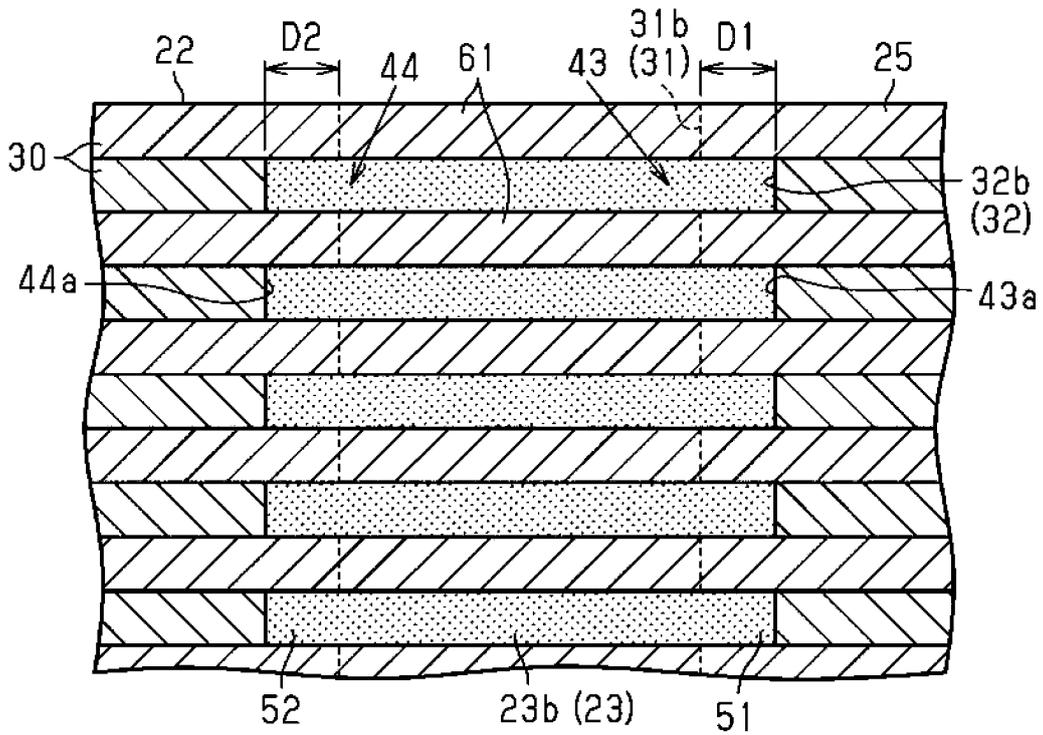


FIG.13

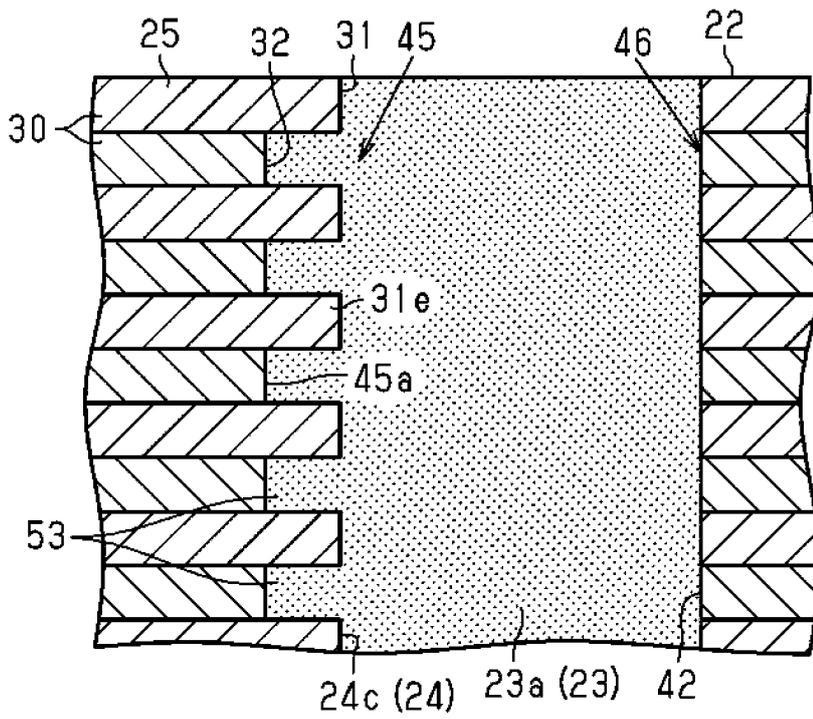


FIG. 14(a)

1.POSITION

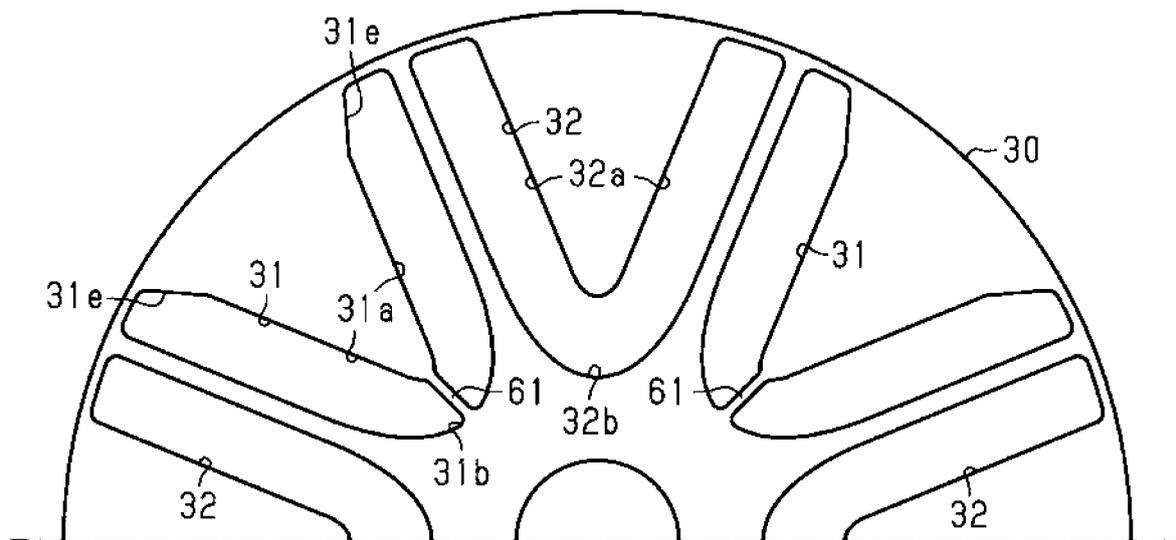


FIG. 14(b)

2.POSITION
(UM 45°GEDREHT)

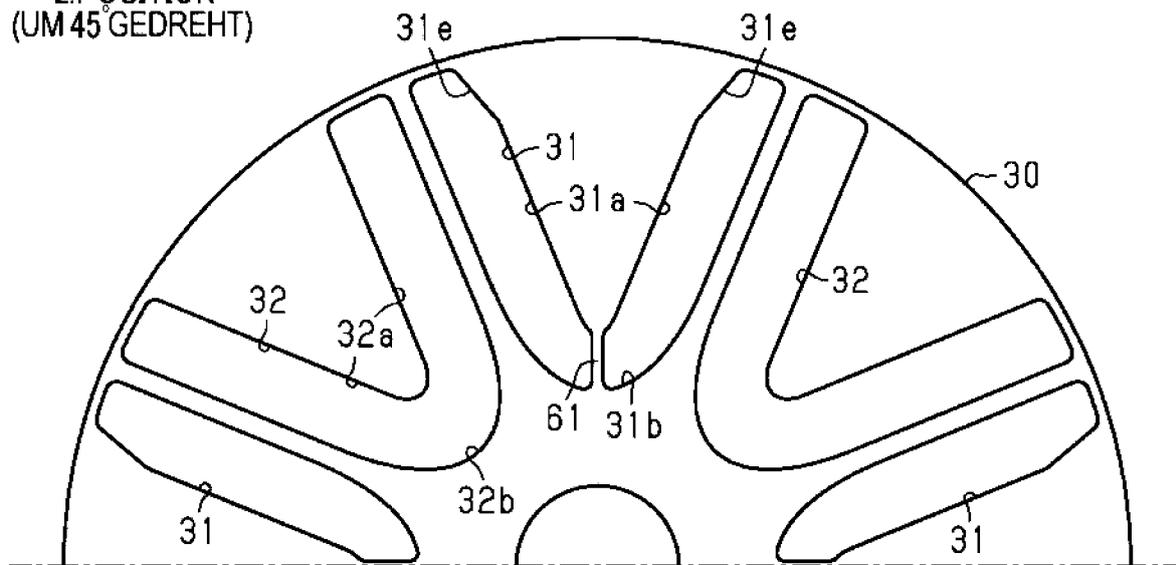


FIG.15

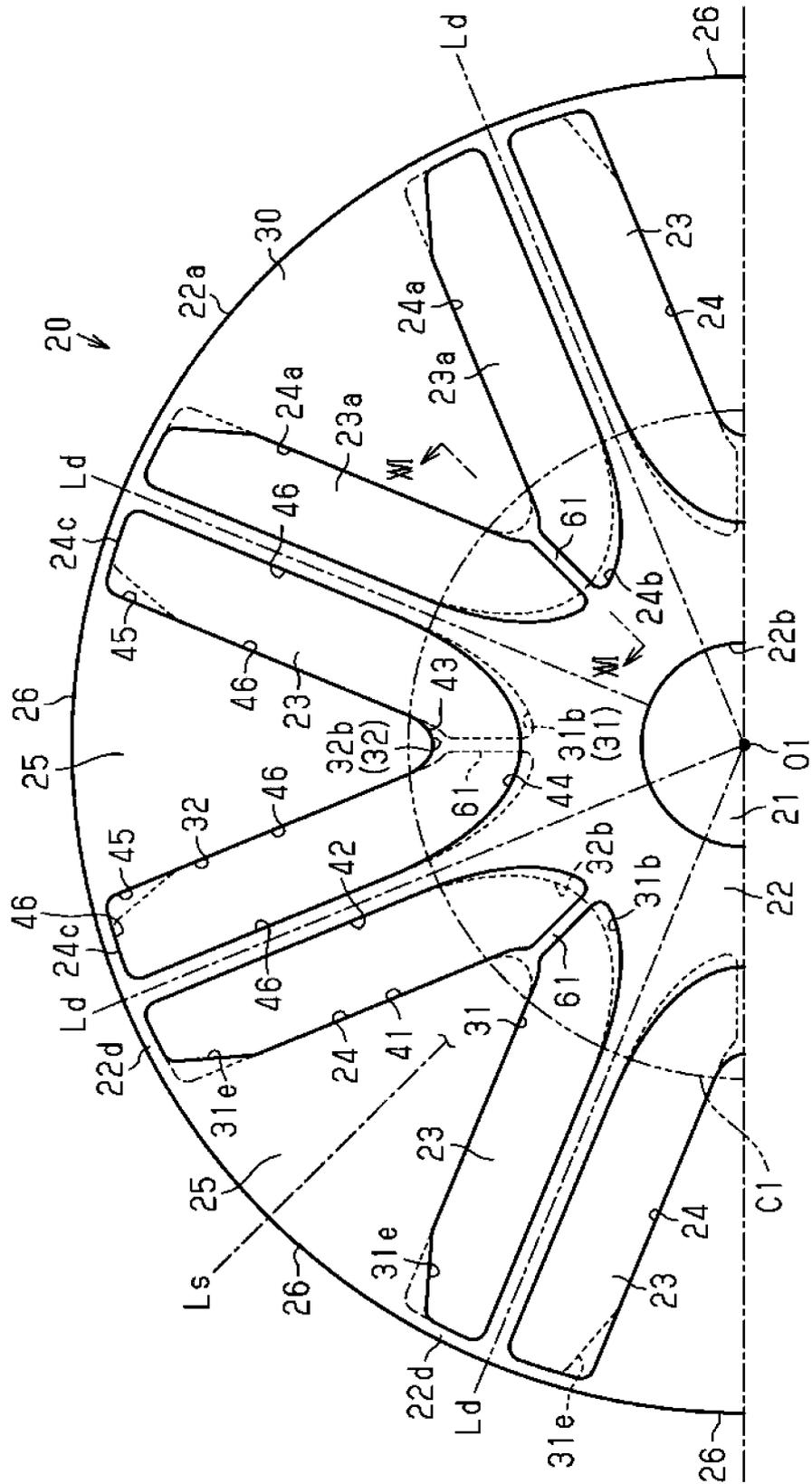


FIG.16

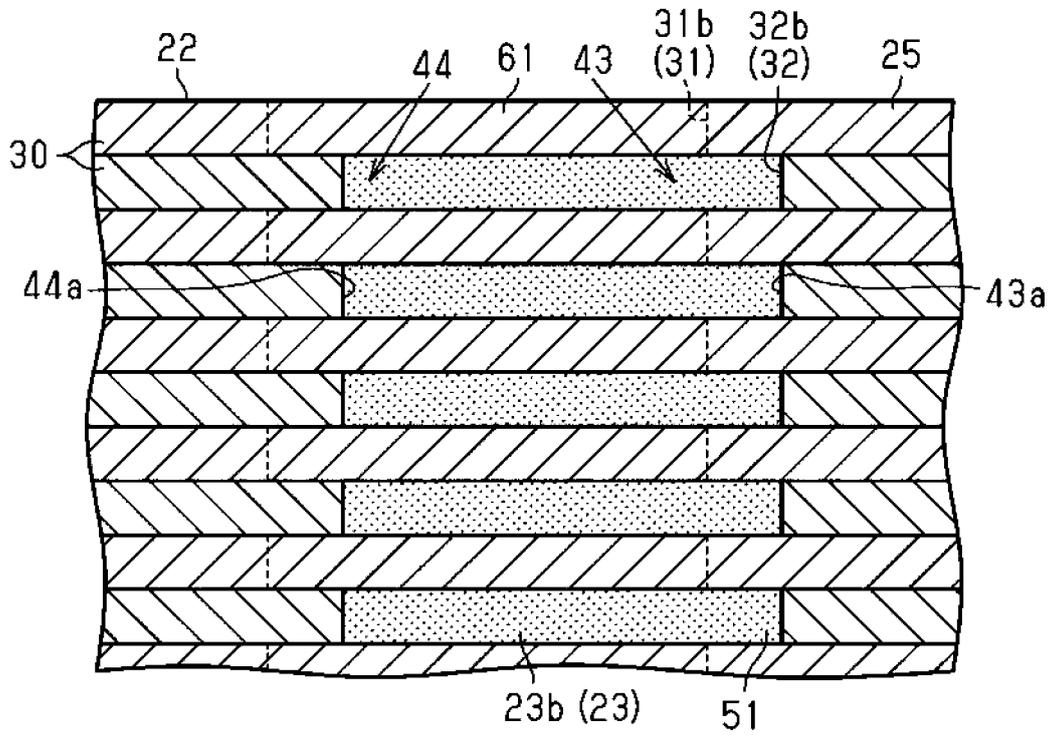


FIG.17

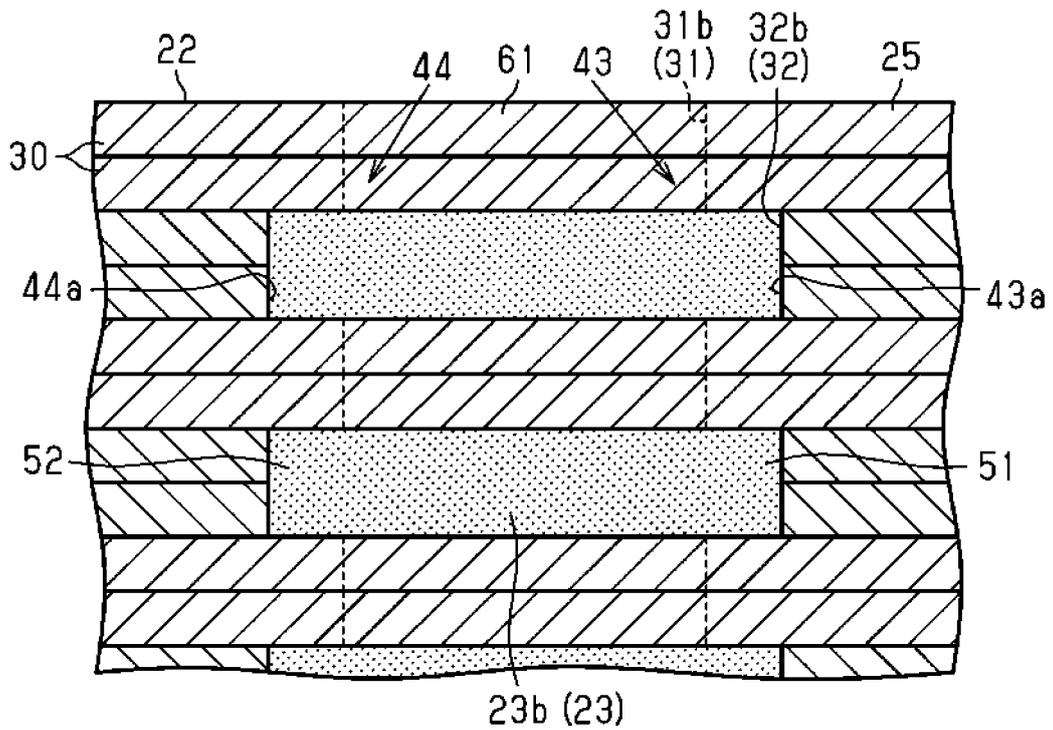


FIG.18

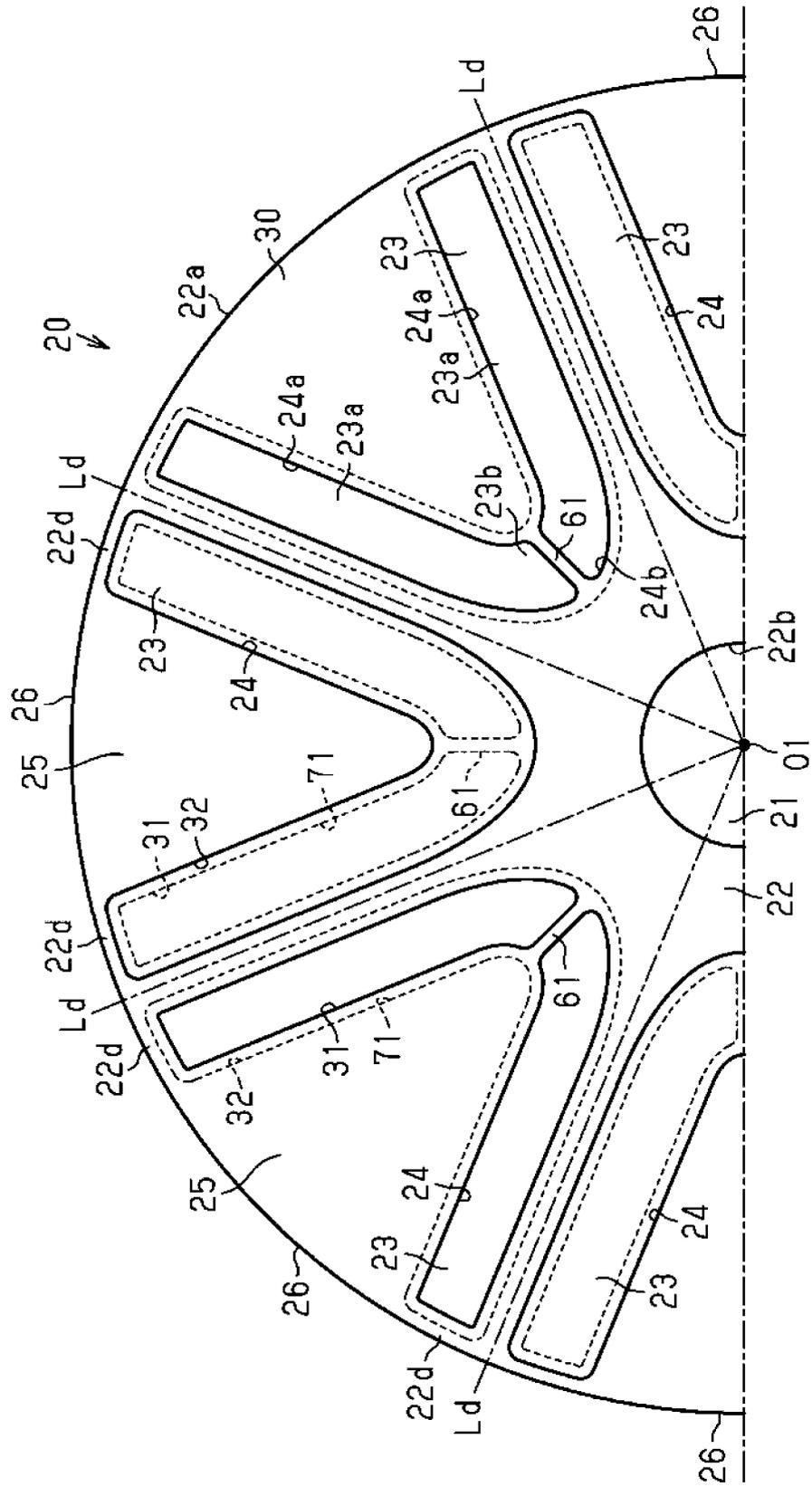


FIG.19

