



(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 000 433.6**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2019/000682**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/142732**  
(86) PCT-Anmeldetag: **11.01.2019**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.07.2019**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **01.10.2020**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.05.2024**

(51) Int Cl.: **G01D 5/14 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2018-004645**      **16.01.2018**      **JP**

(73) Patentinhaber:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

(74) Vertreter:  
**KUHNEN & WACKER Patent- und  
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Inuzuka, Yoshinori, Kariya, Aichi, JP; Kono,  
Yoshiyuki, Kariya, Aichi, JP**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2006 000 492</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2010 / 0 060 268</b>	<b>A1</b>

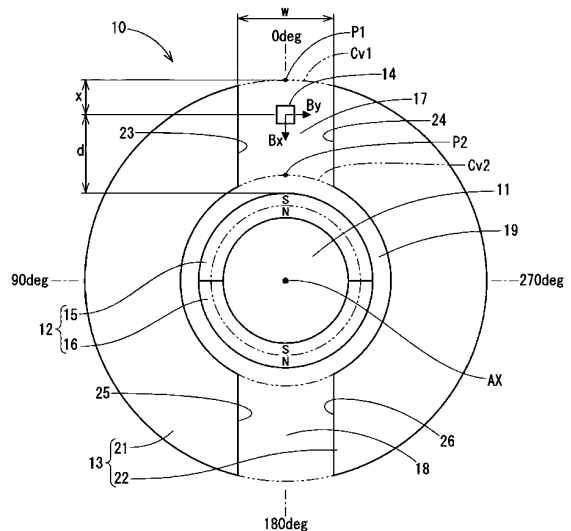
(54) Bezeichnung: **DREHWINKELERFASSUNGSVORRICHTUNG**

(57) Hauptanspruch: Drehwinkelerfassungs-  
vorrichtung zum Erfassen eines Drehwinkels eines  
rotierenden Körpers (11), umfassend:

einen Magneten (12) mit Polen, die entlang einer  
radialen Richtung senkrecht zu einer Drehachse  
(AX) des rotierenden Körpers angeordnet sind,  
wobei der Magnet so angeordnet ist, dass er  
sich zusammen mit dem rotierenden Körper  
dreht;

einen magnetischen Abschnitt (13, 31, 41, 51),  
der in einer Ringform radial außerhalb des  
Magneten vorgesehen ist, wobei eine Vielzahl  
von Spalten (17, 18, 35, 36, 45, 46, 55, 56)  
in dem magnetischen Abschnitt an einer  
Vielzahl von Stellen entlang einer Umfangs-  
richtung ausgebildet ist; und eine magnetische  
Erfassungseinheit (14, 32), die in einem  
bestimmten Spalt (17, 35, 45, 55) der  
Vielzahl von Spalten angeordnet ist, wobei  
die magnetische Erfassungseinheit so  
konfiguriert ist, dass sie eine tangentiale  
Magnetflusskomponente in einer tangentialen  
Richtung und eine radiale Magnetflusskompo-  
nente in der radialen Richtung eines  
Magnetfeldes erfasst, wobei ein Verhältnis  
zwischen einer Erfassungsempfindlichkeit  
der tangentialen Magnetflusskomponente  
und einer Erfassungsempfindlichkeit der  
radialen Magnetflusskomponente durch die  
magnetische Erfassungseinheit als  
Empfindlichkeitsverhältnis ( $\alpha$ ) definiert ist,  
ein Verhältnis zwischen einem Maximalwert  
der tangentialen Magnetflusskomponente  
des Magnetfeldes und einem Maximalwert  
der radialen Magnetflusskomponente an der  
Stelle der magnetischen Erfassungseinheit  
als ein Magnetflusskomponentenverhältnis  
( $\beta$ ) definiert ist, und ein radialer  
Abstand ( $d$ ) zwischen der magnetischen  
Erfassungseinheit und ...

len Magnetflusskomponente des Magnetfeldes  
und einem Maximalwert der radialen  
Magnetflusskomponente an der Stelle der  
magnetischen Erfassungseinheit als ein  
Magnetflusskomponentenverhältnis ( $\beta$ )  
definiert ist, und ein radialer Abstand  
( $d$ ) zwischen der magnetischen  
Erfassungseinheit und ...



**Beschreibung**

## DOKUMENT ZUM STAND DER TECHNIK

## TECHNISCHES GEBIET

## PATENTLITERATUR

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Drehwinkelerfassungsvorrichtung.

**[0005]** Patendliteratur 1: JP 2009-516186 A

## HINTERGRUND

## KURZFASSUNG

**[0002]** Herkömmlicherweise sind Drehwinkelerfassungsvorrichtungen bekannt dafür, dass sie eine magnetische Erfassungseinheit enthalten, die in Bezug auf einen Magneten, der sich mit einem rotierenden Körper dreht, radial nach außen angeordnet ist und bekanntermaßen eine tangentielle Magnetflusskomponente und eine radiale Magnetflusskomponente des Magnetfelds erfasst, um einen Drehwinkel des rotierenden Körpers auf der Grundlage der erfassten Werte zu bestimmen. In der Patendliteratur 1 sind ein Erfassungselement zum Erfassen einer tangentialen Magnetflusskomponente und ein Erfassungselement zum Erfassen einer radialen Magnetflusskomponente vorgesehen.

**[0006]** Gemäß der Drehwinkelerfassungsvorrichtung des Patentdokuments 1 ist im Magnetfeld außerhalb des Magneten die tangentielle Magnetflusskomponente viel kleiner als die radiale Magnetflusskomponente. Daher ist eine elektronische Schaltung zur Einstellung der Verstärkung des Ausgangssignals des magnetischen Elements in tangentialer Richtung erforderlich, und der Aufbau der Vorrichtung wird entsprechend kompliziert. Darüber hinaus erhöht sich mit der einer Erhöhung der Verstärkung auch das Rauschen, was wiederum die Erfassungsgenauigkeit verringert.

**[0003]** US 2010 / 0 060 268 A1 offenbart einen Magneten, der an einem Drehkörper befestigt ist und zusammen mit dem Drehkörper drehbar ist; ein ringförmiges Joch, das sich ringförmig ausdehnt, um eine äußere Umfangsfläche um eine Drehwelle des Magneten zu umgeben, und bei dem in einem Teil in ausfahrender Richtung ein Kerbabschnitt ausgebildet ist; und ein Hall-Element, das im Kerbbereich angeordnet ist und die Stärke eines Magnetfeldes in radialer Richtung des Magneten erfasst und die Stärke eines Magnetfeldes in der Drehwinkelrichtung senkrecht zum Magnetfeld in radialer Richtung des Magneten detektiert, vorgesehen. Der Drehwinkel des Magneten wird auf der Grundlage von Signalen berechnet, die den vom Hall-Element erfassten Magnetfeldstärken in radialer Richtung und Drehwinkelrichtung entsprechen.

**[0007]** Die vorliegende Offenbarung wurde im Hinblick auf die oben genannten Punkte vorgenommen, und eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung ist es, eine Vorrichtung zur Drehwinkelerfassung mit einer vereinfachten Struktur sowie einer verbesserten Erfassungsgenauigkeit bereitzustellen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand mit den Merkmalen des Anspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterentwicklungen sind Gegenstand der sich daran anschließenden Ansprüche.

**[0004]** DE 10 2006 000 492 A1 offenbart ein Drehwinkelerfassungsgerät, das einen Drehwinkel eines drehenden Objekts erfasst, mit einem Permanentmagneten, der magnetische Felder in Erwidern auf eine Drehung des drehenden Objekts erzeugt, einen magnetischen Sensor, ein erstes Joch und ein zweites Joch. Der magnetische Sensor weist ein Paar von nahe eingebauten magnetischen Sensorelementen auf, wie zum Beispiel Hall-Elementen, die bei einer Position um den Permanentmagneten so vorgesehen sind, dass eines der Fühlelemente ein Magnetfeld bei einer Phase fühlt, die von der anderen unterschiedlich ist. Das erste Joch und das zweite Joch bilden zwei magnetische Pfade aus, die einander bei dem magnetischen Sensor schneiden.

**[0009]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung enthält eine Drehwinkelerfassungsvorrichtung zum Erfassen eines Drehwinkels eines rotierenden Körpers einen Magneten mit Polen, die entlang einer radialen Richtung senkrecht zu einer Drehachse des rotierenden Körpers angeordnet sind, wobei der Magnet so angeordnet ist, dass er sich zusammen mit dem rotierenden Körper dreht, wobei ein magnetischer Abschnitt in einer Ringform radial außerhalb des Magneten vorgesehen ist, eine Vielzahl von Spalten, die in dem magnetischen Abschnitt an einer Vielzahl von Stellen entlang einer Umfangsrichtung ausgebildet sind, und eine magnetische Erfassungseinheit, die in einem bestimmten Spalt der Vielzahl von Spalten angeordnet ist, wobei die magnetische Erfassungseinheit so konfiguriert ist, dass sie eine tangentielle Magnetflusskomponente in einer tangentialen Richtung und eine radiale Magnetflusskomponente in der radialen Richtung eines Magnetfeldes erfasst.

**[0010]** Daher kann ein 360°-Drehwinkel des rotierenden Körpers berechnet werden, indem eine Arcus-Tangens-Operation basierend auf dem Sin-Wellenformsignal und der Cos-Wellenform, die den

Erfassungswerten der magnetischen Erfassungseinheit entsprechen, durchgeführt wird.

**[0011]** Weiterhin ist der ringförmige magnetische Abschnitt um den Magneten herum angeordnet, und der magnetische Erfassungsabschnitt ist innerhalb des speziellen Spalts des magnetischen Abschnitts angeordnet, um das Gleichgewicht zwischen der tangentialen Magnetflusskomponente, die durch den magnetischen Erfassungsabschnitt erfasst wird, und der radialen Magnetflusskomponente, die durch den magnetischen Erfassungsabschnitt erfasst wird, zu optimieren. Mit anderen Worten, das Verhältnis zwischen der tangentialen Magnetflusskomponente und der radialen Magnetflusskomponente kann so ausgelegt werden, dass es einen gewünschten Wert hat. Daher ist es nicht erforderlich, die Verstärkung des Ausgangssignals basierend auf einer der Magnetflusskomponenten zu erhöhen, und eine elektronische Schaltung zur Einstellung der Verstärkung ist nicht erforderlich. Da die Verstärkung nicht erhöht wird, kommt es auch nicht zu einer Verringerung der Erfassungsgenauigkeit aufgrund einer Erhöhung des Rauschens. Daher wird der Aufbau der Drehwinkelerfassungsvorrichtung vereinfacht, und die Erfassungsgenauigkeit wird ebenfalls verbessert.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0012]** Die oben genannten und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung, die unter Bezugnahme auf die beige-fügte Zeichnung erstellt wurde, besser ersichtlich. Es zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Diagramm, das eine Drehwinkelerfassungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform darstellt.

**Fig. 2** ein Blockdiagramm, das eine magnetische Erfassungseinheit gemäß der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig. 3** ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen dem Drehwinkel eines rotierenden Körpers und dem Ausgangssignal eines ersten Hall-Elements in der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig. 4** ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen dem Drehwinkel eines rotierenden Körpers und dem Ausgangssignal eines zweiten Hallelements in der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig. 5** ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einer radialen Position einer magnetischen Erfassungseinheit und einem maximalen Magnetflusswert einer radialen Magnetflusskomponente und eine Beziehung zwischen einer radialen Position einer magnetischen

Erfassungseinheit und einem maximalen Magnetflusswert einer tangentialen Magnetflusskomponente in der ersten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig. 6** ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen dem Drehwinkel eines rotierenden Körpers und einer radialen Magnetflusskomponente sowie eine Beziehung zwischen dem Drehwinkel eines rotierenden Körpers und einer tangentialen Magnetflusskomponente in der ersten Ausführungsform darstellt.

**Fig. 7** ein schematisches Diagramm, das eine Drehwinkelerfassungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform darstellt.

**Fig. 8** ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einer tangentialen Breite eines bestimmten Spalts und einem maximalen Magnetflusswert einer radialen Magnetflusskomponente und eine Beziehung zwischen einer tangentialen Breite eines bestimmten Spalts und einem maximalen Magnetflusswert einer tangentialen Magnetflusskomponente in der zweiten Ausführungsform veranschaulicht.

**Fig. 9** ein schematisches Diagramm, das eine Drehwinkelerfassungsvorrichtung gemäß einer ersten anderen Ausführungsform schematisch darstellt.

**Fig. 10** ein schematisches Diagramm, das einer Drehwinkelerfassungsvorrichtung gemäß einer zweiten anderen Ausführungsform darstellt.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0013]** Verschiedene Ausführungsformen werden mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben. In den Ausführungsformen werden Komponenten, die einander im Wesentlichen ähnlich sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung kann als redundant entfallen. Die Zeichnung, die den Aufbau der Vorrichtung zeigt, ist zum leichteren Verständnis der Konfiguration schematisch gezeichnet. Die Abmessungen, Winkel und Maßverhältnisse in den Zeichnungen sind nicht unbedingt einschränkend.

[Erste Ausführungsform]

**[0014]** **Fig. 1** zeigt eine Drehwinkelerfassungsvorrichtung 10 entsprechend der ersten Ausführungsform. Die Drehwinkelerfassungsvorrichtung 10 ist eine Vorrichtung, die den Drehwinkel eines rotierenden Körpers 11 erfasst und einen Magneten 12, einen magnetischen Abschnitt 13 und eine magnetische Erfassungseinheit 14 umfasst. Das Drehwinkelsignal von der magnetischen Erfassungseinheit 14 wird an eine externe ECU (Electronic Control Unit) o.ä. (nicht abgebildet) übertragen.

**[0015]** In der folgenden Beschreibung werden Richtungen senkrecht zur Drehachse AX des rotierenden Körpers 11 als „radiale Richtung“ bezeichnet. Richtungen, die tangential zu einem auf der Drehachse AX zentrierten Kreis im Querschnitt des rotierenden Körpers 11 verlaufen, werden als „tangentiale Richtung“ bezeichnet. Weiter wird die Drehrichtung des rotierenden Körpers 11 einfach als „Drehrichtung“ bezeichnet.

**[0016]** Der Magnet 12 hat Pole, die entlang der radialen Richtung des rotierenden Körpers 11 angeordnet sind. Diese Pole umfassen einen Nordpol und einen Südpol. Bei der ersten Ausführungsform enthält der Magnet 12 einen ersten magnetischen Abschnitt 15 und einen zweiten magnetischen Abschnitt 16, die entlang der Drehrichtung bogenförmig sind. Der N-Pol und der S-Pol sind in der Dickenrichtung des ersten Magnetabschnitts 15 und des zweiten Magnetabschnitts 16 angeordnet. Der erste Magnetabschnitt 15 ist an einer Seitenfläche des rotierenden Körpers 11 befestigt. Der zweite Magnetabschnitt 16 ist an der anderen Seitenfläche des rotierenden Körpers 11 befestigt. Der Magnet 12 rotiert zusammen mit dem rotierenden Körper 11.

**[0017]** Der magnetische Abschnitt 13 ist ringförmig um den Magneten 12 angeordnet, d.h. radial nach außen in Bezug auf den Magneten 12, und weist an mehreren Stellen entlang der Umfangsrichtung Spalte 17 und 18 auf. Der magnetische Abschnitt 13 ist radial vom Magneten 12 beabstandet. Insbesondere wird ein ringförmiger Spalt 19 zwischen dem Magneten 12 und dem magnetischen Abschnitt 13 gebildet. Bei der ersten Ausführungsform umfasst der magnetische Abschnitt 13 einen ersten Magnetkörper 21 und einen zweiten Magnetkörper 22, die entlang der Drehrichtung bogenförmig sind. Der erste Magnetkörper 21 ist auf einer Seite in radialer Richtung in Bezug auf den Magneten 12 angeordnet. Der zweite Magnetkörper 22 ist auf der dem ersten Magnetkörper 21 gegenüberliegenden Seite des Magneten 12 angeordnet. Zwischen einem Umfangsende 23 des ersten Magnetkörpers 21 und dem anderen Umfangsende 24 des zweiten Magnetkörpers 22 wird ein Spalt 17 gebildet. Ein Spalt 18 wird zwischen dem anderen Umfangsende 25 des ersten Magnetkörpers 21 und einem Umfangsende 26 des zweiten Magnetkörpers 22 gebildet. Der magnetische Abschnitt 13 wird integral zusammengehalten, beispielsweise durch ein Befestigungselement (nicht abgebildet).

**[0018]** Der erste Magnetkörper 21 und der zweite Magnetkörper 22 sind punktsymmetrisch zueinander in Bezug auf die Drehachse AX angeordnet. Der Spalt 17 und der Spalt 18 sind punktsymmetrisch zueinander in Bezug auf die Drehachse AX ausgebildet. D.h. der Spalt 17 und der Spalt 18 haben in tangentialer Richtung die gleiche Breite (d.h. tangen-

tiale Breite) und befinden sich bezüglich der Drehachse AX an diametral gegenüberliegenden Positionen.

**[0019]** Die magnetische Erfassungseinheit 14 ist in dem Spalt 17 angeordnet. Die magnetische Erfassungseinheit 14 ist so konfiguriert, dass sie eine tangentiale Komponente der magnetischen Flussdichte des Magnetfeldes (im Folgenden als „tangentiale Magnetflusskomponente“ bezeichnet) und eine radiale Komponente der magnetischen Flussdichte des Magnetfeldes (im Folgenden als „radiale Magnetflusskomponente“ bezeichnet) erfasst. Der Spalt 17 ist ein bestimmter Spalt von den Spalten 17 und 18. Im Folgenden kann der Spalt 17 gegebenenfalls als „bestimmter Spalt 17“ bezeichnet werden. Die magnetische Erfassungseinheit 14 wird, ähnlich wie der magnetische Abschnitt 13, durch das Befestigungselement oder ähnliches integral zusammengehalten.

**[0020]** Bei der ersten Ausführungsform enthält die magnetische Erfassungseinheit 14 ein erstes Hallelement 27, ein zweites Hallelement 28, eine Drehwinkelberechnungsschaltung 29 und ähnliches, wie in **Fig. 2** dargestellt.

**[0021]** Das erste Hallelement 27 detektiert eine radiale Magnetflusskomponente des Magnetfeldes an der Position, an der die magnetische Erfassungseinheit 14 angeordnet ist. Das zweite Hallelement 28 detektiert eine tangentiale Magnetflusskomponente des Magnetfeldes an der Position, an der die magnetische Erfassungseinheit 14 angeordnet ist. Das erste Hallelement 27 und das zweite Hallelement 28 sind so angeordnet, dass die Richtungen ihrer Erfassungsfelder um  $90^\circ$  gegeneinander versetzt sind. Wie in **Fig. 3** dargestellt, gibt das zweite Hallelement 28 ein Ausgangssignal  $S_y$  auf der Grundlage der tangentialen Magnetflusskomponente aus. Das Ausgangssignal  $S_y$  ist ein Sin-Wellenformsignal. Wie in **Fig. 4** dargestellt, gibt das erste Hallelement 27 ein Ausgangssignal  $S_x$  aus, das auf der radialen Magnetflusskomponente basiert. Das Ausgangssignal  $S_x$  ist ein Cos-Wellenformsignal. Das Sin-Wellenformsignal und das Cos-Wellenformsignal haben eine Phasendifferenz von  $90^\circ$  zueinander.

**[0022]** In **Fig. 1** bezieht sich ein radialer Abstand  $x$  auf den Abstand von einer vorgegebenen Referenzposition  $P_1$  zur magnetischen Erfassungseinheit 14. Weiterhin bezieht sich ein maximaler Magnetflusswert  $B$  auf den Maximalwert der Magnetflusskomponente an der Stelle, an der die magnetische Erfassungseinheit 14 angeordnet ist. Als nächstes wird die Beziehung zwischen dem radialen Abstand  $x$  und dem maximalen Magnetflusswert  $B$  erläutert. Die Bezugsposition  $P_1$  befindet sich auf einem imaginären Kreis  $Cv_1$ , der den magnetischen Abschnitt 13 umschreibt und in der Mitte der tangentialen

Breite  $w$  des bestimmten Spalts 17 liegt. Die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 17 kann beispielsweise 5,5 mm über den gesamten Bereich von der Referenzposition P1 bis zu einer inneren Position P2 betragen. Die innere Position P2 liegt auf einem imaginären Kreis Cv2, der den magnetischen Abschnitt 13 umschreibt, und befindet sich in der Mitte der tangentialen Breite  $w$  des bestimmten Spalts 17. Der maximale Magnetflusswert  $B$  bezieht sich auf den Maximalwert einer Magnetflusskomponente über den gesamten 360°-Drehwinkelbereich des rotierenden Körpers 11. Bei der nachfolgenden Diskussion wird auf die Einstellung des radialen Abstands  $x$  Bezug genommen, und in der Praxis bezieht sich dieser auf die Einstellung eines radialen Abstands  $d$  zwischen der magnetischen Erfassungseinheit 14 und dem Magneten 12.

**[0023]** Wie in **Fig. 5** gezeigt, steigt der maximale Magnetflusswert  $B_{x\_max}$  der radialen Magnetflusskomponente exponentiell an, wenn der radiale Abstand  $x$  von 0 auf 5,0 mm vergrößert wird. Andererseits ändert sich der maximale Magnetflusswert  $B_{y\_max}$  der tangentialen Magnetflusskomponente nicht wesentlich, wenn der radiale Abstand  $x$  von 0 auf 5,0 mm vergrößert wird. Mit anderen Worten, der maximale Magnetflusswert  $B_{y\_max}$  steigt sehr langsam an oder ändert sich nicht.

**[0024]** Zurückkommend auf **Fig. 1**, ist das erste Hallelement 27 ein horizontales Hallelement. Das zweite Hallelement 28 ist ein vertikales Hallelement mit einer geringeren Empfindlichkeit als das horizontale Hallelement. Unter der Annahme, dass das Verhältnis zwischen der Erfassungsempfindlichkeit der radialen Magnetflusskomponente durch das erste Hallelement 27 und der Erfassungsempfindlichkeit der tangentialen Magnetflusskomponente durch das zweite Hallelement 28 ein Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  ist, beträgt in der ersten Ausführungsform das Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  3:1. Darüber hinaus ist die magnetische Erfassungseinheit 14 in der Mitte der tangentialen Breite  $w$  des bestimmten Spalts 17 und an einer Stelle angeordnet, an der der radiale Abstand  $x = 2,0$  ist. Unter der Annahme, dass das Verhältnis zwischen dem maximalen Magnetflusswert  $B_{x\_max}$  und dem maximalen Magnetflusswert  $B_{y\_max}$  ein Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  ist, beträgt das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  1:3, wie in **Fig. 5** und **6** dargestellt. Infolgedessen wird der radiale Abstand  $d$  zwischen der magnetischen Erfassungseinheit 14 und dem Magneten 12 so eingestellt, dass die Differenz zwischen dem Magnetflusskomponentenverhältnis  $\beta$  und dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  verglichen dazu, wenn die magnetische Erfassungseinheit 14 sich in der radialen Mitte des bestimmten Spalts 17 befindet (radialer Abstand  $x = 2,75$ ), kleiner ist. Insbesondere bei der ersten Ausführungsform ist der radiale Abstand  $d$  so eingestellt, dass das Ver-

hältnis der Magnetflusskomponente  $\beta$  dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  entspricht.

**[0025]** Indem der radiale Abstand  $d$  wie oben beschrieben so eingestellt wird, dass das Verhältnis der Magnetflusskomponente  $\beta$  gleich dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  ist, wird die Amplitude des Ausgangssignals  $S_y$  gleich der Amplitude des Ausgangssignals  $S_x$  (siehe **Fig. 3** und **4**). Die Drehwinkelberechnungsschaltung 29 führt auf der Grundlage des Ausgangssignals  $S_y$  und des Ausgangssignals  $S_x$  eine Arkus-Tangens-Berechnung durch, um einen 360°-Drehwinkel des Drehkörpers 11 zu berechnen.

(Effekte)

**[0026]** Wie oben beschrieben, umfasst die Drehwinkel erfassungsvorrichtung 10 bei der ersten Ausführungsform den Magneten 12, den magnetischen Abschnitt 13 und die magnetische Erfassungseinheit 14. Der Magnet 12 hat Pole, die in einer radialen Richtung senkrecht zur Drehachse AX des rotierenden Körpers 11 angeordnet sind, und rotiert zusammen mit dem rotierenden Körper 11. Der magnetische Abschnitt 13 ist in einer Ringform radial nach außen in Bezug auf den Magneten 12 angeordnet und weist an mehreren Stellen entlang der Umfangsrichtung die Spalte 17 und 18 auf. Die magnetische Erfassungseinheit 14 ist in einem bestimmten Spalt 17 der Vielzahl der Spalte 17 und 18 angeordnet und so konfiguriert, dass sie eine tangentielle Magnetflusskomponente und eine radiale Magnetflusskomponente eines Magnetfeldes erfasst.

**[0027]** Daher kann ein 360°-Drehwinkel des rotierenden Körpers 11 berechnet werden, indem eine Arcus-Tangens-Operation basierend auf dem Sin-Wellenformsignal und der Cos-Wellenform aus den Erfassungswerten der magnetischen Erfassungseinheit 14 durchgeführt wird.

**[0028]** Ferner ist der ringförmige magnetische Abschnitt 13 um den Magneten 12 herum angeordnet, und die magnetische Erfassungseinheit 14 ist innerhalb des speziellen Spalts 17 des magnetischen Abschnitts 13 angeordnet, um das Gleichgewicht zwischen der tangentialen Magnetflusskomponente, die von der magnetischen Erfassungseinheit 14 erfasst wird, und der radialen Magnetflusskomponente, die von der magnetischen Erfassungseinheit 14 erfasst wird, zu optimieren. Mit anderen Worten, das Verhältnis zwischen der tangentialen Magnetflusskomponente und der radialen Magnetflusskomponente kann so ausgelegt werden, dass es einen gewünschten Wert hat. Daher ist es nicht erforderlich, die Verstärkung des Ausgangssignals basierend auf einer der Magnetflusskomponenten zu erhöhen, und eine elektronische Schaltung zur Einstellung der Verstärkung ist nicht erforderlich. Da die Verstärkung

nicht erhöht wird, kommt es auch nicht zu einer Verringerung der Erfassungsgenauigkeit aufgrund einer Erhöhung des Rauschens. Daher wird der Aufbau der Drehwinkelerfassungsvorrichtung 10 vereinfacht, und die Erfassungsgenauigkeit wird ebenfalls verbessert.

**[0029]** Bei der ersten Ausführungsform umfasst die magnetische Erfassungseinheit 14 das erste Hallelement 27, das die radiale Magnetflusskomponente des Magnetfeldes erfasst, und das zweite Hallelement 28, das die tangentielle Magnetflusskomponente des Magnetfeldes erfasst. Das erste Hallelement 27 ist ein horizontales Hallelement. Das zweite Hallelement 28 ist ein vertikales Hallelement, das eine geringere Empfindlichkeit als das horizontale Hallelement aufweist. Infolgedessen entspricht das Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  dem Verhältnis der Magnetflusskomponente  $\beta$ , das aus den magnetischen Eigenschaften des Ortes, an dem die magnetische Erfassungseinheit 14 angeordnet ist, erhalten wird.

**[0030]** Weiterhin wird in der ersten Ausführungsform der radiale Abstand  $d$  zwischen der magnetischen Erfassungseinheit 14 und dem Magneten 12 so eingestellt, dass die Differenz zwischen dem Magnetflusskomponentenverhältnis  $\beta$  und dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  verglichen dazu, wenn die magnetische Erfassungseinheit 14 in der radialen Mitte des bestimmten Spalts 17 angeordnet ist, kleiner ist. Insbesondere ist bei der ersten Ausführungsform der radiale Abstand  $d$  so eingestellt, dass das Verhältnis der Magnetflusskomponente  $\beta$  dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  entspricht. Als Ergebnis kann die Erfassungsgenauigkeit weiter verbessert werden.

[Zweite Ausführungsform]

**[0031]** Bei der zweiten Ausführungsform, wie in **Fig. 7** gezeigt, umfasst die Drehwinkelerfassungsvorrichtung 30 den Magneten 12, den magnetischen Abschnitt 31 und die magnetische Erfassungseinheit 32. Der magnetische Abschnitt 31 enthält einen bogenförmigen ersten magnetischen Abschnitt 33 und einen zweiten magnetischen Abschnitt 34 und umfasst die Spalte 35 und 36. Die magnetische Erfassungseinheit 32 ist in dem Spalt 35 (im Folgenden der bestimmte Spalt 35) vorgesehen.

**[0032]** Hierbei wird die Beziehung zwischen der tangentialen Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 und dem maximalen Magnetflusswert  $B$  an der Stelle, an der sich die magnetische Erfassungseinheit 32 befindet, beschrieben. Der radiale Abstand  $x$  beträgt beispielsweise 2,5 mm. Wie in **Fig. 8** dargestellt, nimmt mit zunehmender tangentialer Breite  $w$  von 1,5 auf 7,5 mm der maximale Magnetflusswert  $B_{y\_max}$  der tangentialen Magnetflusskomponente

ab. Andererseits nimmt mit zunehmender tangentialer Breite  $w$  von 1,5 auf 7,5 mm der maximale Magnetflusswert  $B_{x\_max}$  der radialen Magnetflusskomponente zu.

**[0033]** Zurückkommend zur **Fig. 7**, ist bei der zweiten Ausführungsform, das Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  3: 1. Die tangentielle Breite  $w$  beträgt 4,2 mm, und das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  ist 1:3, wie in **Fig. 8** dargestellt. Infolgedessen wird die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 so eingestellt, dass die Differenz zwischen dem Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  und dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  verglichen dazu, wenn die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 die minimal erforderliche Breite ist, kleiner ist. Die erforderliche Mindestbreite ist eine Mindestbreite in tangentialer Richtung, die für die Bereitstellung der magnetischen Erfassungseinheit 14 erforderlich ist. Insbesondere bei der zweiten Ausführungsform ist die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 so eingestellt, dass das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  gleich dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  ist.

**[0034]** Durch Anpassung der tangentialen Breite  $w$  wie oben beschrieben, das heißt, so dass das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  gleich dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  ist, wird die Amplitude des Ausgangssignals  $S_y$  gleich der Amplitude des Ausgangssignals  $S_x$  wird, ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform.

(Effekte)

**[0035]** Wie oben beschrieben, ist auch bei der zweiten Ausführungsform der ringförmige magnetische Abschnitt 31 radial außerhalb des Magneten 12 vorgesehen. Die magnetische Erfassungseinheit 32 ist in einem bestimmten Spalt 35 der Vielzahl der Spalte 35, 36 angeordnet und so konfiguriert, dass sie eine tangentielle Magnetflusskomponente und eine radiale Magnetflusskomponente eines Magnetfeldes erfasst. Dadurch wird, ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform, der Aufbau der Drehwinkelerfassungsvorrichtung 10 vereinfacht und die Erfassungsgenauigkeit verbessert.

**[0036]** Auch bei der zweiten Ausführungsform ist das erste Hallelement 27 der magnetischen Erfassungseinheit 32 ein horizontales Hallelement und das zweite Hallelement 28 ein vertikales Hallelement. Daher wird wie bei der ersten Ausführungsform das Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  mit dem Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  abgestimmt, das sich aus den magnetischen Eigenschaften am Ort der magnetischen Erfassungseinheit 32 ergibt.

**[0037]** Ferner wird bei der zweiten Ausführungsform die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 so eingestellt, dass die Differenz zwischen dem Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  und dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  verglichen dazu, wenn die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 die minimal erforderliche Breite ist, kleiner ist. Insbesondere bei der zweiten Ausführungsform ist die tangentielle Breite  $w$  des bestimmten Spalts 35 so eingestellt, dass das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  gleich dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses  $\alpha$  ist. Als Ergebnis kann die Erfassungsgenauigkeit weiter verbessert werden.

(Andere Ausführungsformen)

**[0038]** Bei einer anderen Ausführungsform können sowohl der radiale Abstand der magnetischen Erfassungseinheit als auch die tangentielle Breite des bestimmten Spalts entsprechend eingestellt werden. Mit anderen Worten, das Gleichgewicht zwischen der tangentialen Magnetflusskomponente und der radialen Magnetflusskomponente, die von der magnetischen Detektoreinheit erfasst wird, kann optimiert werden, indem sowohl der radiale Abstand als auch die tangentielle Breite geändert werden. Bei einer anderen Ausführungsform kann die magnetische Erfassungseinheit an einer von der Mitte der tangentialen Breite des bestimmten Spalts versetzten Position vorgesehen werden.

**[0039]** Bei einer anderen Ausführungsform kann beispielsweise das Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  auf 1:1 ausgelegt werden, indem das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  auf 1:1 gesetzt und der radiale Abstand  $x = 3,6$  mm wie in **Fig. 5** dargestellt eingestellt wird. Ferner kann bei einer anderen Ausführungsform das Empfindlichkeitsverhältnis  $\alpha$  auf 1:2 ausgelegt werden, indem das Verhältnis der Magnetflusskomponenten  $\beta$  auf 2:1 gesetzt und der radiale Abstand  $x = 5,0$  mm wie in **Fig. 5** gezeigt eingestellt wird.

**[0040]** Bei anderen Ausführungsformen können die tangentialen Richtungsbreiten der Spalte des magnetischen Abschnitts voneinander verschieden sein. Zum Beispiel hat, wie in **Abb. 9** gezeigt, der magnetische Abschnitt 41 der Drehwinkel erfassungsvorrichtung 40 einen ersten magnetischen Abschnitt 43 und einen zweiten magnetischen Abschnitt 44. Der jeweilige Spalt 45 ist größer als der andere Spalt 46. Darüber hinaus kann bei anderen Ausführungsformen der bestimmte Spalt kleiner als der andere Spalt sein.

**[0041]** Bei einer anderen Ausführungsform können die Spalte des magnetischen Abschnitts auch nicht punktsymmetrisch zur Drehachse vorgesehen werden. Zum Beispiel hat, wie in **Fig. 10** gezeigt, der magnetische Abschnitt 51 der Drehwinkel erfassungsvorrichtung

50 einen ersten magnetischen Abschnitt 53 und einen zweiten magnetischen Abschnitt 54. Der andere Spalt 56 ist von einer Position direkt gegenüber dem jeweiligen Spalt 55 über die Drehachse AX versetzt.

**[0042]** Bei einer anderen Ausführungsform ist der Magnet nicht darauf beschränkt, zwei magnetische Abschnitte zu haben, sondern kann aus einem magnetischen Abschnitt oder aus drei oder mehr magnetischen Abschnitten bestehen. Außerdem sind die Anordnung und Magnetisierung der einzelnen magnetischen Abschnitte nicht auf die oben beschriebenen beschränkt. Kurz gesagt, der Magnet muss nur einen Pol haben, der in radialer Richtung senkrecht zur Drehachse des rotierenden Körpers angeordnet ist.

**[0043]** Bei einer anderen Ausführungsform kann die Drehwinkelberechnungsschaltung außerhalb der magnetischen Erfassungseinheit statt innerhalb der magnetischen Erfassungseinheit vorgesehen werden. Bei einer anderen Ausführungsform ist die magnetische Erfassungseinheit nicht auf ein Hall-Element beschränkt und kann einen anderen Magnetsensor wie beispielsweise ein MR-Element verwenden. Darüber hinaus kann die magnetische Erfassungseinheit bei einer anderen Ausführungsform die tangentielle Magnetflusskomponente und die radiale Magnetflusskomponente mit einem einzigen Element erkennen.

**[0044]** Die vorliegende Offenbarung wurde auf der Grundlage der Ausführungsformen beschrieben. Die vorliegende Offenbarung beschränkt sich jedoch nicht auf diese Ausführungsformen und Strukturen. Diese Offenbarung umfasst vielmehr auch verschiedene Modifikationen und Variationen innerhalb des Geltungsbereichs der Äquivalente. Darüber hinaus können in der vorliegenden Offenbarung verschiedene Kombinationen und Ausgestaltungen sowie andere Kombinationen und Ausgestaltungen einschließlich eines, mehrerer oder weniger als eines Elements vorgenommen werden.

## Patentansprüche

1. Drehwinkel erfassungsvorrichtung zum Erfassen eines Drehwinkels eines rotierenden Körpers (11), umfassend:  
einen Magneten (12) mit Polen, die entlang einer radialen Richtung senkrecht zu einer Drehachse (AX) des rotierenden Körpers angeordnet sind, wobei der Magnet so angeordnet ist, dass er sich zusammen mit dem rotierenden Körper dreht;  
einen magnetischen Abschnitt (13, 31, 41, 51), der in einer Ringform radial außerhalb des Magneten vorgesehen ist, wobei eine Vielzahl von Spalten (17, 18, 35, 36, 45, 46, 55, 56) in dem magnetischen Abschnitt an einer Vielzahl von Stellen entlang einer

Umfangsrichtung ausgebildet ist; und eine magnetische Erfassungseinheit (14, 32), die in einem bestimmten Spalt (17, 35, 45, 55) der Vielzahl von Spalten angeordnet ist, wobei die magnetische Erfassungseinheit so konfiguriert ist, dass sie eine tangentiale Magnetflusskomponente in einer tangentialen Richtung und eine radiale Magnetflusskomponente in der radialen Richtung eines Magnetfeldes erfasst, wobei ein Verhältnis zwischen einer Erfassungsempfindlichkeit der tangentialen Magnetflusskomponente und einer Erfassungsempfindlichkeit der radialen Magnetflusskomponente durch die magnetische Erfassungseinheit als Empfindlichkeitsverhältnis ( $\alpha$ ) definiert ist, ein Verhältnis zwischen einem Maximalwert der tangentialen Magnetflusskomponente des Magnetfeldes und einem Maximalwert der radialen Magnetflusskomponente an der Stelle der magnetischen Erfassungseinheit als ein Magnetflusskomponentenverhältnis ( $\beta$ ) definiert ist, und ein radialer Abstand ( $d$ ) zwischen der magnetischen Erfassungseinheit und dem Magneten so eingestellt ist, dass die Differenz zwischen dem Verhältnis der Magnetflusskomponenten und dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses im Vergleich dazu, wenn die magnetische Erfassungseinheit in der radialen Mitte des bestimmten Spalts angeordnet ist, kleiner ist, wobei die magnetische Erfassungseinheit umfasst ein horizontales Hallelement (27), das die radiale Magnetflusskomponente des Magnetfeldes erfasst, und ein vertikales Hallelement (28), das die tangentiale Magnetflusskomponente des Magnetfeldes erfasst, wobei das vertikale Hall-Element (28) eine geringere Empfindlichkeit als das horizontale Hall-Element aufweist.

2. Drehwinkelerfassungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der radiale Abstand ( $d$ ) zwischen der magnetischen Erfassungseinheit und dem Magneten (12) so eingestellt ist, dass das Verhältnis der Magnetflusskomponenten gleich dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses ( $\alpha$ ) ist.

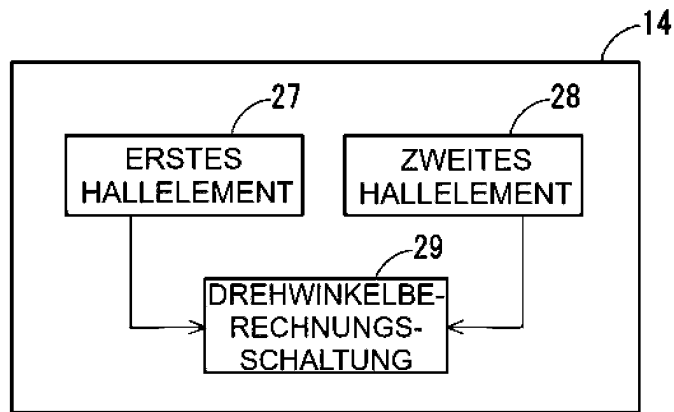
3. Vorrichtung zur Drehwinkelerfassung gemäß Anspruch 1, wobei eine Mindestbreite in tangentialer Richtung, die für die Bereitstellung der magnetischen Erfassungseinheit erforderlich ist, als erforderliche Mindestbreite definiert ist, und eine tangentiale Breite ( $w$ ) des bestimmten Spalts (17, 35, 45, 55) so eingestellt ist, dass die Differenz zwischen dem Magnetflusskomponenten-Verhältnis ( $\beta$ ) und dem umgekehrten Verhältnis des Empfindlichkeitsverhältnisses ( $\alpha$ ) im Vergleich dazu, wenn die tangentiale Breite des bestimmten Spalts die minimal erforderliche Breite aufweist, kleiner ist.

4. Drehwinkelerfassungsvorrichtung gemäß Anspruch 3, bei der die tangentiale Breite des bestimmten Spalts (17, 35, 45, 55) so eingestellt ist, dass das Magnetflusskomponenten-Verhältnis ( $\beta$ ) gleich dem Kehrwert des Empfindlichkeitsverhältnisses ( $\alpha$ ) ist.

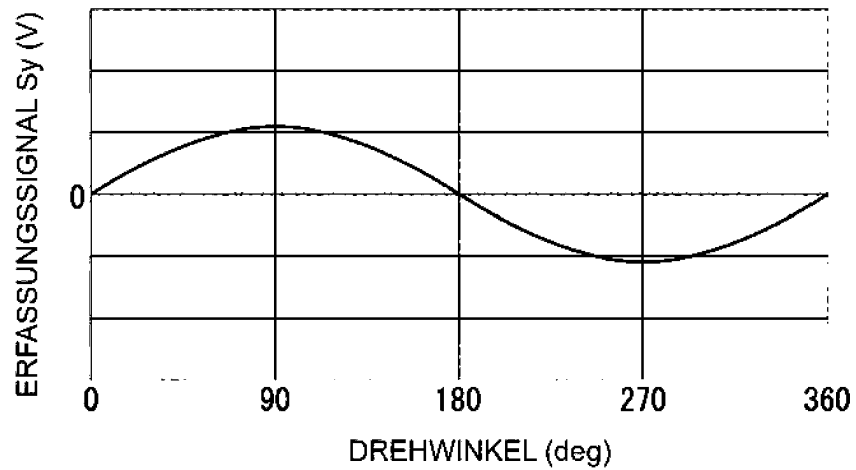
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen



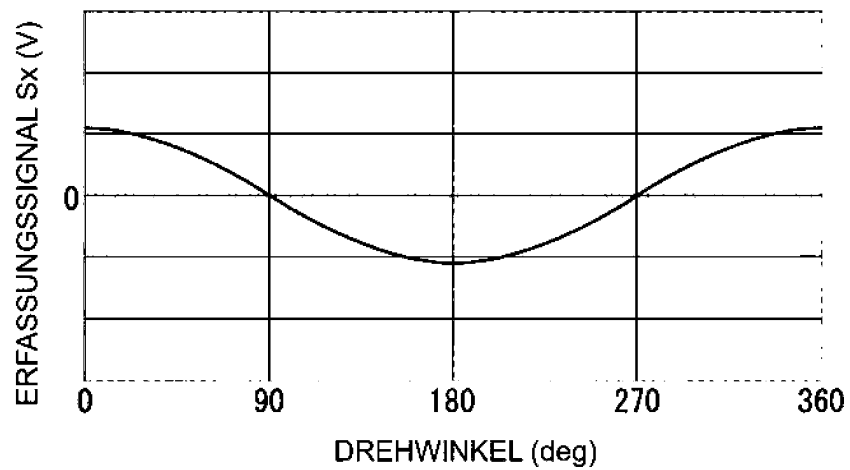
**FIG. 2**



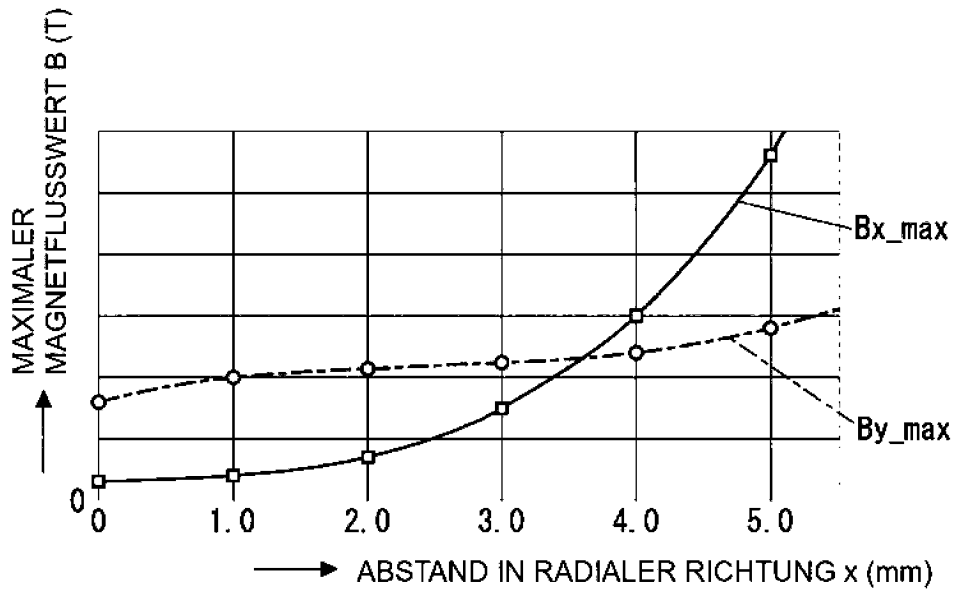
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

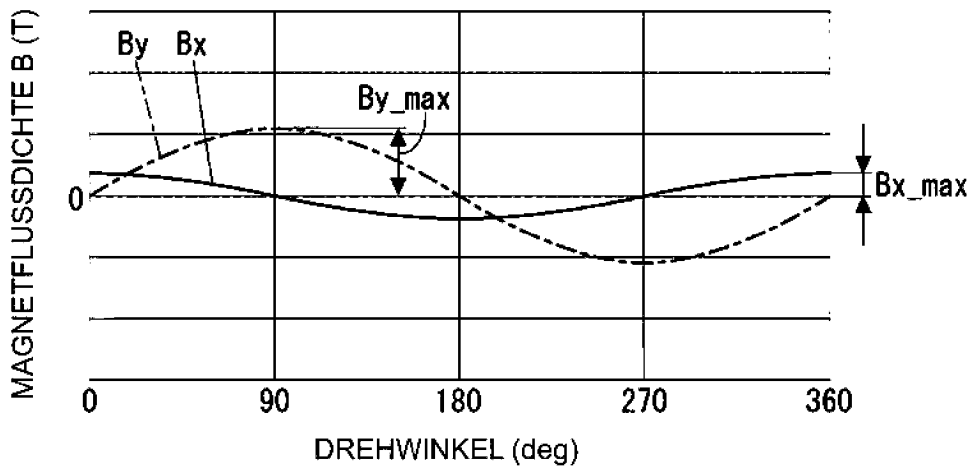


FIG. 7

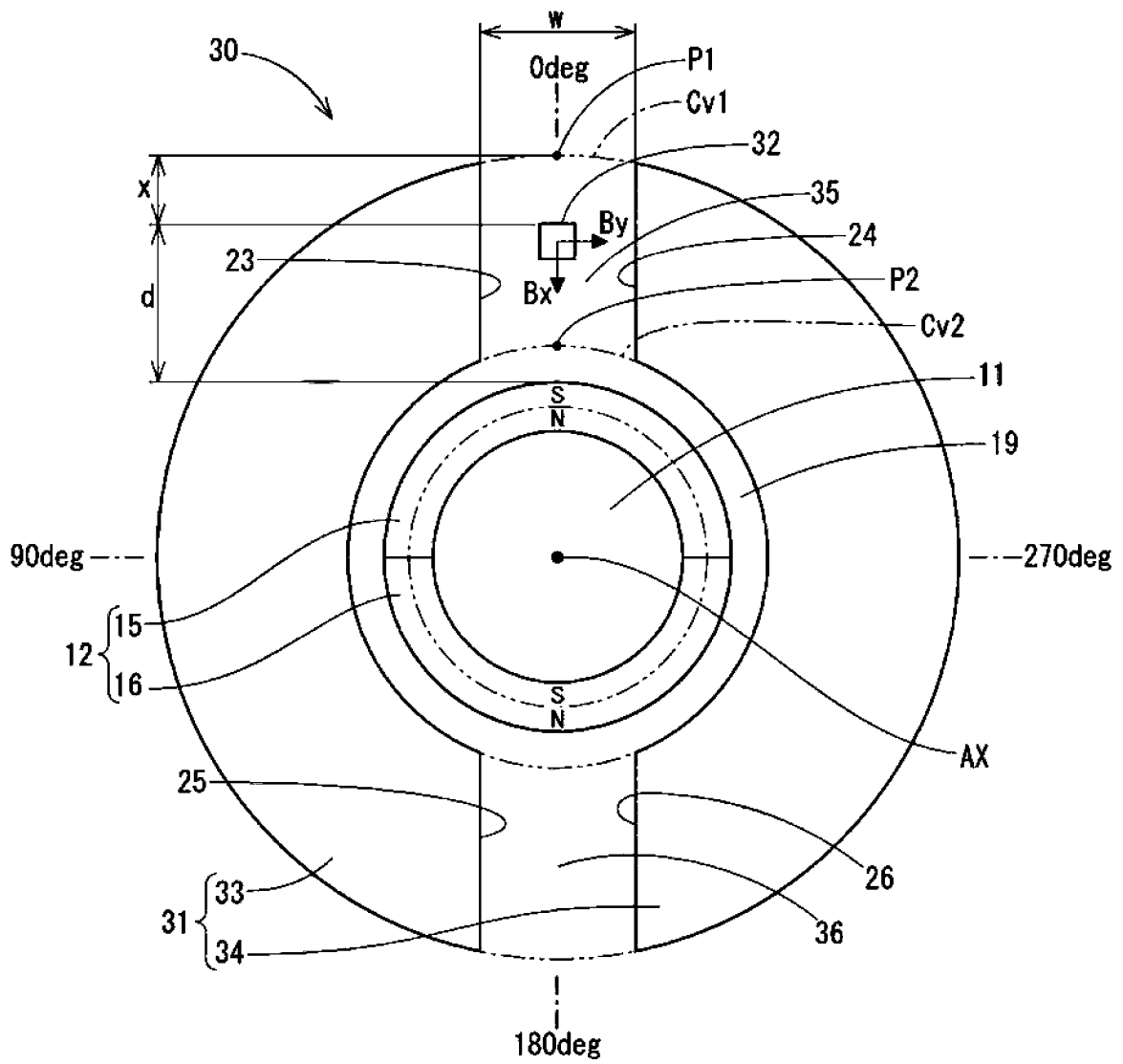
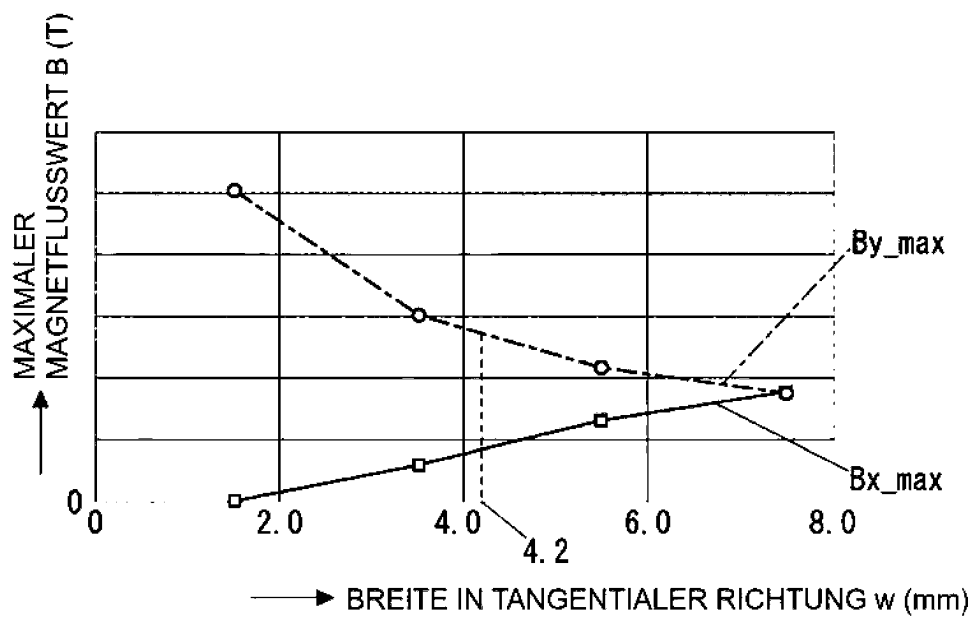


FIG. 8





**FIG. 10**

