



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 020 153 A1** 2008.11.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 020 153.7**

(22) Anmeldetag: **22.04.2008**

(43) Offenlegungstag: **27.11.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 7/30** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2007-115828 **25.04.2007** **JP**
2008-103868 **11.04.2008** **JP**

(74) Vertreter:

**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

(71) Anmelder:

**Aisin Seiki Kabushiki Kaisha, Kariya-shi,
Aichi-ken, JP**

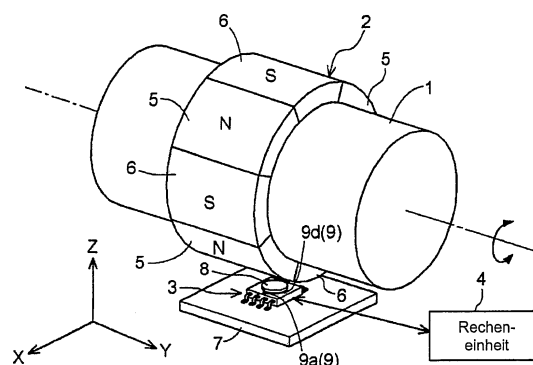
(72) Erfinder:

**Kato, Yukihiro, Kariya-shi, Aichi-ken, JP;
Nomiya, Masashi, Kariya-shi, Aichi-ken, JP;
Fujita, Noriaki, Kariya-shi, Aichi-ken, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Winkelerfassungsrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Winkelerfassungsrichtung umfasst ein Drehelement (2) mit mindestens einem magnetischen Nordpolbereich (5) und mindestens einem magnetischen Südpolbereich (6), die abwechselnd um eine Drehmitte angeordnet sind, einen Magnetfelderfassungsabschnitt (3) mit einer Magnetplatte (8) und Erfassungselementen (9), welche Größen von magnetischen Komponenten in einer zur Magnetplatte (8) senkrechten Richtung erfassen, und eine Recheneinheit (4), welche einen Drehwinkel des Drehelements (2) bestimmt, wobei der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) so angeordnet ist, dass die Magnetplatte (8) senkrecht zu einer ersten Richtung (Z) ausgerichtet ist, in der die magnetische Feldstärke maximal ist, und der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) die Größen der magnetischen Komponenten in der ersten Richtung (Z) erfasst sowie in einer zweiten Richtung (X), die einer Richtung entspricht, in der die magnetischen Nord- und Südpolbereiche (5, 6) umfangsmäßig angeordnet sind.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Winkelerfassungsvorrichtung.

HINTERGRUND

[0002] Eine Winkelerfassungsvorrichtung, die in JP2007-40850 offen gelegt wird, wird beispielsweise als Lenkwinkelsensor, Wellenpositionssensor und dergleichen für ein Automobil verwendet.

[0003] In der Winkelerfassungsvorrichtung erfasst ein Magnetfelderfassungsabschnitt Größen von Komponenten von Magnetfeldern in zwei Richtungen in Bezug auf ein um ein Drehelement erzeugtes Magnetfeld. Die zwei Richtungen entsprechen einer Radialrichtung des Drehelements und einer zur Radialrichtung des Drehelements orthogonalen Richtung, in der ein magnetischer Nordpolbereich und ein magnetischer Südpolbereich umfangsmäßig angeordnet sind. Eine Recheneinrichtung berechnet einen Drehwinkel des Drehelements auf der Grundlage eines Verhältnisses der Größen der Komponenten der Magnetfelder in den zwei von dem Magnetfelderfassungsabschnitt erfassten Richtungen. (Siehe JP2007-40850.)

[0004] Der Magnetfelderfassungsabschnitt umfasst z. B. eine Hall-IC gemäß der Darstellung in [Fig. 2](#).

[0005] Der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** umfasst eine Magnetplatte **8** und mehrere Erfassungselemente **9** (d. h. einen Satz von Erfassungselementen **9**), die das um ein Drehelement **2** erzeugte Magnetfeld erfassen. Die Magnetplatte **8** ist scheibenförmig. Der Satz von Erfassungselementen **9** (d. h. Hall-Elementen) ist unmittelbar unter Endabschnitten der Magnetplatte **8** positioniert. Der Satz von Erfassungselementen **9** umfasst ein Paar von Erfassungselementen **9a**, **9b**, die in einer X-Richtung angeordnet sind, und ein anderes Paar von Erfassungselementen **9c**, **9d**, die in einer Z-Richtung angeordnet sind.

[0006] Beispielsweise gemäß der Darstellung in [Fig. 19](#) ist bei der bekannten Winkelerfassungsvorrichtung das auf eine Drehwelle **1** aufgesetzte Drehelement **2** so positioniert, dass magnetische Nordpolbereiche **5** und magnetische Südpolbereiche **6** jeweils radial nach aussen weisen. Der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ist auf einem Substrat **7** angeordnet, das radial ausserhalb von dem Drehelement **2** positioniert ist, und liegt den magnetischen Nordpolbereichen **5** und den magnetischen Südpolbereichen **6** jeweils gegenüber. Der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ist so positioniert, dass die Magnetplatte **8** parallel zur Radialrichtung des Drehelements

2 weist, um die Größen der Komponenten der Magnetfelder in zwei Richtungen, d. h. in der Radialrichtung des Drehelements **2** und in der Richtung, in der der magnetische Nordpolbereich **5** und der magnetische Südpolbereich **6** umfangsmäßig angeordnet sind, zu erfassen.

[0007] Das Erfassungsprinzip des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** wird nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 3A](#), [3B](#) und [19](#) beschrieben. Die [Fig. 3A](#) und [3B](#) sind Schnittansichten bei Betrachtung aus der X-Richtung und veranschaulichen Zustände eines Magnetflusses.

[0008] Bei diesem Beispiel entspricht die Radialrichtung des Drehelements **2** der Y-Richtung, die Richtung, in der der magnetische Nordpolbereich **5** und der magnetische Südpolbereich **6** umfangsmäßig angeordnet sind, entspricht der X-Richtung, und eine zur Y-Richtung und zur X-Richtung orthogonale Richtung entspricht der Z-Richtung.

[0009] Wie in [Fig. 3B](#) gezeigt ist, wird beim Anlegen eines externen Magnetfelds in der Y-Richtung der Magnetfluss von der Magnetplatte **8** gekrümmt, und Komponenten der Magnetfelder werden auf dem in der Y-Richtung angeordneten Paar von Erfassungselementen **9c**, **9d** erzeugt, wobei die Komponenten der Magnetfelder senkrecht zur Magnetplatte **8**, d. h. in der Z-Richtung, verlaufen. Hierbei ist eine Größe einer Komponente eines Magnetfelds in der Z-Richtung proportional zu einer Größe des extern angelegten Magnetfelds. Ausserdem sind die Richtungen der Komponente des an dem Erfassungselement **9c** erzeugten Magnetfelds und der Komponente des an dem Erfassungselement **9d** erzeugten Magnetfelds einander entgegengesetzt. Folglich wird eine zur Größe des extern angelegten Magnetfelds proportionale Komponente des Magnetfelds durch Berechnen einer Differenz zwischen einer Ausgangsspannung des Erfassungselements **9c** und einer Ausgangsspannung des Erfassungselements **9d** erfasst. Wenn ein externes Magnetfeld in der X-Richtung angelegt wird, werden Komponenten von Magnetfeldern in der Z-Richtung, d. h. senkrecht zur Magnetplatte **8**, auf ähnliche Weise wie bei dem in der Y-Richtung angelegten externen Magnetfeld erzeugt. Daher erfasst der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** die Größe einer Komponente eines Magnetfelds in der X-Richtung durch Berechnen einer Differenz von Ausgangsspannungen zwischen dem in der X-Richtung angeordneten Paar von Erfassungselementen **9a**, **9b**.

[0010] Ein mögliches störendes externes Magnetfeld wird auf die folgende Weise eliminiert. Wenn das störende externe Magnetfeld gemäß der Darstellung in [Fig. 3A](#) in der Z-Richtung anliegt, werden Komponenten von Magnetfeldern an dem in der Y-Richtung angeordneten Paar von Erfassungselementen **9c**, **9d** erzeugt, wobei die Komponenten der Magnetfelder

senkrecht zur Magnetplatte **8** stehen. Hierbei sind die Richtungen der erzeugten Komponenten der Magnetfelder bei den Erfassungselementen **9c** und **9d** gleich. Folglich wird das in der Z-Richtung angelegte störende externe Magnetfeld durch Berechnen einer Differenz zwischen einer Ausgangsspannung des Erfassungselements **9c** und einer Ausgangsspannung des Erfassungselements **9d** aufgehoben.

[0011] Wie in **Fig. 19** gezeigt ist, ist bei der bekannten Winkelerfassungsvorrichtung ein Abstand **R** von einer Oberfläche des magnetischen Nordpolbereichs **5** oder einer Oberfläche des magnetischen Südpolbereichs **6** zum Magnetfelderfassungsabschnitt **3** groß, da der Abstand **R** in der Radialrichtung des Drehelements **2** liegt. Deswegen ist es erforderlich, dass der magnetische Nordpolbereich **5** und der magnetische Südpolbereich **6** beispielsweise aus einem Seltenerdmetall mit einer starken magnetischen Anziehungskraft bestehen, um eine gewünschte magnetische Feldstärke des an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegten Magnetfelds zu gewährleisten, was zu einer Kostenerhöhung führt.

[0012] Wenn aber der Abstand **R** von der Oberfläche des magnetischen Nordpolbereichs **5** oder von der Oberfläche des magnetischen Südpolbereichs **6** zum Magnetfelderfassungsabschnitt **3** verkürzt wird, ist es möglich, dass die Stärke des an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegten magnetischen Feldes zu groß wird. Wenn die an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegte magnetische Feldstärke zu groß ist, verdichtet sich ein Magnetfluss auf der Magnetplatte **8**, wodurch die Magnetplatte **8** magnetisch gesättigt wird. Wenn die Magnetplatte **8** magnetisch gesättigt wird, wird in der zur Magnetplatte **8** senkrechten Richtung kein Magnetfeld mit einer zu dem externen Magnetfeld proportionalen Feldstärke erzeugt. Wenn der Abstand **R** von der Oberfläche des magnetischen Nordpolbereichs **5** oder von der Oberfläche des magnetischen Südpolbereichs **6** zum Magnetfelderfassungsabschnitt **3** verkürzt ist, kann es daher vorkommen, dass Größen von Komponenten von Magnetfeldern in den zwei Richtungen vom Magnetfelderfassungsabschnitt **3** nicht erfasst werden.

[0013] Bei der in **Fig. 19** gezeigten bekannten Winkelerfassungsvorrichtung ist die Stärke des an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegten Magnetfelds nicht konstant und variiert gemäß der Darstellung in **Fig. 20** entsprechend einem Drehwinkel des Drehelements **2**. **Fig. 20** zeigt die Stärke des an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegten Magnetfelds, während der Drehwinkel des Drehelements **2** geändert wird. Ein in den **Fig. 19A** und **Fig. 19B** gezeigter Zustand, in dem ein umfangmäßiger Mittelabschnitt des magnetischen Nordpolbereichs **5** dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** gegenüberliegt, entspricht einem Zustand, in dem der

Drehwinkel 0° beträgt. Die Stärke des an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegten Magnetfelds variiert auch entsprechend Variationen von Abmessungen oder Charakteristiken des Magnetfelderfassungsabschnitts **3**.

[0014] Ein idealer Bereich der magnetischen Feldstärke (z. B. von 20 mT bis 70 mT) ist für den Betrieb des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** definiert. Daher kann ein Arbeitsbereich des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** nicht größer als die definierte Obergrenze eingestellt werden. Da ausserdem die Stärke des an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegten Magnetfelds gemäß der vorstehenden Beschreibung variiert, kann der Arbeitsbereich des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** klein sein. Folglich kann der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** gegen Auswirkungen eines störenden externen Magnetfelds empfindlich sein, was zu einer Verringerung der Erfassungsgenauigkeit führt. Dies erfordert eine Gegenmaßnahme wie etwa das Vorsehen einer Magnetabschirmung, wodurch die Kosten für die Winkelerfassungsvorrichtung erhöht werden.

[0015] Es besteht daher ein Bedarf nach einer Winkelerfassungsvorrichtung, welche die Erfassungsgenauigkeit verbessert und die Kosten senkt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Eine Winkelerfassungsvorrichtung umfasst ein Drehelement mit mindestens einem magnetischen Nordpolbereich und mindestens einem magnetischen Südpolbereich, die abwechselnd um dessen Drehmitte angeordnet sind, einen Magnetfelderfassungsabschnitt mit einer Magnetplatte und einer Mehrzahl von Erfassungselementen, welche Größen von magnetischen Komponenten in einer zur Magnetplatte senkrechten Richtung erfassen und die Größen der magnetischen Komponenten als Informationen speichern, eine Recheneinheit, welche einen Drehwinkel des Drehelements auf der Grundlage der von dem Magnetfelderfassungsabschnitt erfassten Informationen bestimmt, wobei der Magnetfelderfassungsabschnitt so angeordnet ist, dass die Magnetplatte senkrecht zu einer ersten Richtung ausgerichtet ist, in der eine magnetische Feldstärke in einem um das Drehelement erzeugten Magnetfeld maximal ist, und der Magnetfelderfassungsabschnitt die Größen der magnetischen Komponenten in der ersten Richtung erfasst sowie in einer zweiten Richtung, die einer Richtung entspricht, in der die magnetischen Nordpolbereiche und die magnetischen Südpolbereiche umfangsmäßig angeordnet sind.

[0017] Aufgrund der Plattenform der Magnetplatte variiert der Grad der Magnetisierung in Abhängigkeit von einer Richtung, in der das externe Magnetfeld angelegt wird. Normalerweise ist es schwieriger, die Magnetisierung zu induzieren, wenn das externe Ma-

gnettefeld senkrecht zur Magnetplatte angelegt wird, im Vergleich damit, wenn das externe Magnetfeld parallel dazu angelegt wird. Wenn das externe Magnetfeld senkrecht an die Magnetplatte angelegt wird, ist es daher für die Magnetplatte schwieriger, magnetisch gesättigt zu werden, als wenn das externe Magnetfeld parallel dazu angelegt wird.

[0018] Daher ist der Magnetfelderfassungsabschnitt bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration so angeordnet, dass die Magnetplatte senkrecht zur ersten Richtung ausgerichtet ist. Die Konfiguration erhöht das Niveau der magnetischen Feldstärke, bei der die Magnetplatte magnetisch gesättigt wird. Daher kann der Abstand von den Oberflächen des magnetischen Nord- und Südpolbereiche zum Magnetfelderfassungsabschnitt verkürzt werden, und es ist nicht nötig, die magnetischen Nord- und Südpolbereiche aus einem Seltenerdmetallen mit einer starken magnetischen Anziehungskraft und dergleichen auszubilden. Hierdurch werden die Kosten und die Größe der Vorrichtung verringert. Ausserdem wird das Niveau der magnetischen Feldstärke, bei der die Magnetplatte magnetisch gesättigt wird, angehoben, und der obere Grenzwert für die magnetische Feldstärke, der zum Betreiben des Magnetfelderfassungsabschnitts wünschenswert ist, kann auf ein höheres Niveau eingestellt werden. Dadurch wird das Arbeitsmagnetfeld des Magnetfelderfassungsabschnitts auf eine größere magnetische Feldstärke eingestellt, wodurch die Erfassungsgenauigkeit verbessert wird und die Kosten gesenkt werden.

[0019] Gemäß der vorstehend beschriebenen Konfiguration sind die magnetischen Nordpolbereiche und die magnetischen Südpolbereiche so angeordnet, dass die erste Richtung die zweite Richtung in einem rechten Winkel schneidet.

[0020] Die Lage und die Ausrichtung des Magnetfelderfassungsabschnitts können einfach eingestellt werden, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt basierend auf der vorstehend erwähnten Anordnung der magnetischen Nord- und Südpolbereiche angeordnet wird. Dadurch kann der Magnetfelderfassungsabschnitt einfach angeordnet werden.

[0021] Gemäß der vorstehend beschriebenen Konfiguration ist das Paar von Erfassungselementen entlang der zweiten Richtung angeordnet.

[0022] Die Konfiguration der Erfassungselemente ermöglicht eine unmittelbare Erfassung der Größe der magnetischen Komponente der zweiten Richtung durch das Paar von Erfassungselementen. Dadurch wird die Größe der magnetischen Komponente der zweiten Richtung mit hoher Genauigkeit erfasst.

[0023] Gemäß der vorstehend beschriebenen Konfiguration besteht der Satz von Erfassungselementen

aus dem Paar von Erfassungselementen, die entlang der zweiten Richtung auf der zu der ersten Richtung senkrechten Oberfläche angeordnet sind, und dem zweiten Paar von Erfassungselementen, die entlang einer Richtung, welche die zweite Richtung in einem rechten Winkel schneidet, auf der zu der ersten Richtung senkrechten Oberfläche angeordnet sind.

[0024] Beispielsweise kann das Paar von Erfassungselementen zum Erfassen der Größe der Magnetfeldkomponente der zweiten Richtung dem entlang der zweiten Richtung angeordneten Paar von Erfassungselementen zugeordnet werden. Ausserdem kann das Paar von Erfassungselementen zum Erfassen der Größe der Magnetfeldkomponente der ersten Richtung dem Paar von Erfassungselementen zugeordnet werden, das entlang der Richtung angeordnet ist, welche die zweite Richtung in dem rechten Winkel schneidet. Somit erfasst jedes gemäß der vorstehenden Beschreibung zugeordnete Paar von Erfassungselementen die entsprechende magnetische Komponente und erfasst dadurch die Größen der magnetischen Komponenten der zwei Richtungen. Hierdurch wird der Erfassungsaufbau vereinfacht.

[0025] Ausserdem kann die Größe der Magnetfeldkomponente der ersten oder der zweiten Richtung beispielsweise erfasst werden durch Berechnen des Durchschnittswertes des Erfassungswertes, der von den entlang der zweiten Richtung angeordneten Erfassungselementen erfasst wird, sowie des Erfassungswertes, der von den Erfassungselementen erfasst wird, die entlang der Richtung angeordnet sind, welche die zweite Richtung in einem rechten Winkel schneidet. Dadurch werden die Größen der magnetischen Komponenten in den zwei Richtungen unter Verwendung der zwei Paare von Erfassungselementen mit hoher Genauigkeit erfasst.

[0026] Gemäß der vorstehend beschriebenen Konfiguration ist das Drehelement so angeordnet, dass die magnetischen Nordpolbereiche und die magnetischen Südpolbereiche vom Drehelement radial nach aussen hin ausgerichtet sind, und der Magnetfelderfassungsabschnitt ist radial ausserhalb von dem Drehelement angeordnet, wobei der Magnetfelderfassungsabschnitt den magnetischen Nordpolbereichen und den magnetischen Südpolbereichen gegenüberliegt.

[0027] Die Konfiguration ermöglicht es, den Magnetfelderfassungsabschnitt so anzuordnen, dass die Magnetplatte parallel zur Drehmitte des Drehelements ausgerichtet ist. Dadurch ist das Profil des Magnetfelderfassungsabschnitts in der Radialrichtung des Drehelements verkleinert, und die Größe der Vorrichtung ist in der Radialrichtung des Drehelements verringert. Ausserdem kann der Abstand zwischen den Oberflächen der magnetischen Nord- und Südpolbereiche und dem Magnetfelderfassungsab-

schnitt verkürzt werden, und der Magnetfelderfassungsabschnitt kann in der Radialrichtung des Drehelements näher am Drehelement angeordnet werden. Dadurch wird die Größe der Vorrichtung in der Radialrichtung des Drehelements effektiv verringert.

[0028] Gemäß der vorstehend beschriebenen Konfiguration sind die magnetischen Nordpolbereiche und die magnetischen Südpolbereiche so angeordnet, dass die erste Richtung parallel zur Drehmitte des Drehelements verläuft, und der Magnetfelderfassungsabschnitt ist in einer zu jedem magnetischen Nordpolbereich und jedem magnetischen Südpolbereich parallelen Richtung angeordnet.

[0029] Die Konfiguration ermöglicht es, den Magnetfelderfassungsabschnitt so anzuordnen, dass die Magnetplatte parallel zur Radialrichtung des Drehelements ausgerichtet ist. Dadurch wird das Profil des Magnetfelderfassungsabschnitts in der axialen Mittenrichtung des Drehelements verkleinert. Ausserdem kann der Abstand zwischen den Oberflächen der magnetischen Nord- und Südpolbereiche und dem Magnetfelderfassungsabschnitt verkürzt werden, und der Magnetfelderfassungsabschnitt kann in der axialen Mittenrichtung des Drehelements näher am Drehelement angeordnet werden. Dadurch wird die Größe der Vorrichtung in der axialen Mittenrichtung des Drehelements effektiv verringert.

[0030] Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform werden die magnetischen Nord- und Südpolbereiche aus einem von einem annularen polar anisotropen Magneten und einem ringförmigen polar anisotropen Magneten gebildet.

[0031] Wie in der vorstehend beschriebenen Simulation gezeigt wurde, wird der polar anisotrope Magnet als das Drehelement verwendet, um die Änderungen der Richtung des Magnetfelds zu verringern, die hervorgerufen werden, wenn der Abstand zwischen dem Drehelement und dem Magnetfelderfassungsabschnitt in der Radialrichtung geändert wird. Daher wird der polar anisotrope Magnet als Drehelement verwendet, wodurch Variationen des Erfassungsergebnisses infolge eines Fehlers bei der Montage der Winkelerfassungsvorrichtung verringert werden. Ausserdem werden auch Variationen im Erfassungsergebnis verringert, falls sich ein radialer Abstand zwischen dem Drehelement und dem Magnetfelderfassungsabschnitt aufgrund einer Unrundheit der Drehwelle während des Betriebs der Winkelerfassungsvorrichtung ändert.

[0032] Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform werden die magnetischen Nord- und Südpolbereiche von einem annularen isotropen Magneten oder einem ringförmigen isotropen Magneten gebildet, der so magnetisiert ist, dass die Verteilung einer Flussdichte über dem Magnetfelderfassungs-

abschnitt gegenüberliegende Oberflächen der magnetischen Nord- und Südpolbereiche sinusförmig ist.

[0033] Effekte ähnlich denjenigen des polar anisotropen Magneten werden erhalten, wenn als Drehelement ein isotroper Magnet verwendet wird, der so magnetisiert ist, dass die Verteilung der Flussdichte über seine dem Magnetfelderfassungsabschnitt gegenüberliegende Oberfläche im Wesentlichen sinusförmig ist. Im Allgemeinen sind isotrope Magneten weniger kostspielig als polar anisotrope Magneten. Somit werden die Herstellungskosten durch die Verwendung des isotropen Magneten als das Drehelement verringert.

[0034] Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform ist eine radiale Breite des die magnetischen Nord- und Südpolbereiche bildenden Magneten so eingestellt, dass sie größer als eine halbe Umfangslänge des magnetischen Nordpolbereichs und eine halbe Umfangslänge des magnetischen Südpolbereichs ist.

[0035] Bei Verwendung des polar anisotropen Magneten oder des isotropen Magneten, der so magnetisiert ist, dass die Verteilung der Flussdichte über seine Oberfläche im Wesentlichen sinusförmig ist, bildet die Verteilung der magnetischen Feldlinien Kreise, deren Mittelpunkt jeweils auf einem Grenzflächenabschnitt zwischen dem magnetischen Nordpolbereich und dem magnetischen Südpolbereich auf einer Aussenumfangsfläche des Drehelements liegt, und die jeweils durch eine Umfangsmitte des magnetischen Nordpolbereichs und eine Umfangsmitte des magnetischen Südpolbereichs hindurch verlaufen. Daher ist die radiale Breite des Magneten, der die magnetischen Nordpolbereiche und die magnetischen Südpolbereiche umfasst, so eingestellt, dass sie größer als eine halbe Umfangsbreite jedes der magnetischen Nordpolbereiche und größer als eine halbe Umfangsbreite jedes der magnetischen Südpolbereiche ist. Diese Einstellung ermöglicht eine wünschenswerte Verteilung der Flussdichte ohne Unterbrechung der Magnetfeldlinien. Hierdurch wird die Genauigkeit der Winkelerfassungsvorrichtung verbessert.

[0036] Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform ist eine Nut an einer Aussenumfangsfläche des die magnetischen Nord- und Südpolbereiche bildenden Magneten ausgebildet und erstreckt sich in einer Umfangsrichtung.

[0037] Wie in der vorstehend beschriebenen Simulation gezeigt ist, verringert die Ausbildung der Nut an der Aussenumfangsfläche des die magnetischen Nord- und Südpolbereiche bildenden Magneten die Änderungen der Richtung des Magnetfelds, die verursacht werden, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt relativ zum Drehelement bewegt wird. Daher

wird die Nut an dem Magneten ausgebildet, wodurch die Variationen des Erfassungsergebnisses verringert werden, die von einem Fehler bei der Montage der Winkelerfassungsvorrichtung verursacht werden. Ausserdem werden auch Variationen des Erfassungsergebnisses verringert, wenn sich die Relativposition zwischen dem Drehelement und dem Magnetfelderfassungsabschnitt aufgrund einer Unrundheit der Drehwelle während des Betriebs der Winkelerfassungsvorrichtung ändert.

[0038] Gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsform liegt der Magnetfelderfassungsabschnitt einem Abschnitt des Magneten gegenüber, an dem die Nut bezogen auf eine Richtung einer Drehachse des Drehelements ausgebildet ist.

[0039] Der Effekt der Verringerung einer Veränderung in der Richtung des Magnetfelds, die bei einer Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts relativ zum Drehelement hervorgerufen wird, wird in dem Bereich, in dem die Nut ausgebildet ist, ausgeprägt. Daher ist der Magnetfelderfassungsabschnitt so angeordnet, dass er dem Magneten in dem Bereich gegenüberliegt, in dem die Nut ausgebildet ist, wodurch Variationen des Erfassungsergebnisses reduziert werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0040] Diese und weitere Merkmale und Charakteristiken der vorliegenden Erfindung ergeben sich noch deutlicher aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung; es zeigt:

[0041] [Fig. 1A](#) eine perspektivische Ansicht einer Winkelerfassungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, und [Fig. 1B](#) eine Schnittansicht der Winkelerfassungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform;

[0042] [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht eines Magnetfelderfassungsabschnitts;

[0043] [Fig. 3A](#) und [3B](#) Schnittansichten des Magnetfelderfassungsabschnitts;

[0044] [Fig. 4](#) ein Diagramm einer Beziehung zwischen einem externen Magnetfeld und der maximalen magnetischen Feldstärke einer Magnetplatte;

[0045] [Fig. 5A](#) eine schematische Darstellung eines Winkels eines angelegten Magnetfelds, und [Fig. 5B](#) ein Diagramm einer Beziehung zwischen dem Winkel des Magnetfelds und dem Magnetfeld;

[0046] [Fig. 6](#) ein Diagramm einer Beziehung zwischen Drehwinkeln eines Drehelements und der magnetischen Feldstärke;

[0047] [Fig. 7](#) ein Diagramm einer Beziehung zwischen Winkeln und Rechenwerten der Winkelerfassungsvorrichtung;

[0048] [Fig. 8](#) eine schematische Ansicht von Magnetfeldlinien in dem Drehelement;

[0049] [Fig. 9](#) eine schematische Darstellung der Magnetfeldverteilung, wenn ein polar anisotroper Magnet verwendet wird;

[0050] [Fig. 10](#) eine schematische Darstellung der Magnetfeldverteilung, wenn ein radial anisotroper Magnet verwendet wird;

[0051] [Fig. 11](#) eine schematische Darstellung einer Beziehung zwischen dem Abstand vom Drehelement und dem Verhältnis der magnetischen Feldstärke;

[0052] [Fig. 12](#) eine schematische Darstellung der Änderung der Richtung des Magnetfelds, wenn der Abstand vom Drehelement geändert wird;

[0053] [Fig. 13](#) eine schematische Darstellung der Linearität zwischen Drehwinkeln und berechneten Winkeln;

[0054] [Fig. 14](#) eine perspektivische Ansicht der Winkelerfassungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;

[0055] [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) Diagramme der Änderung des Erfassungsergebnisses, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt in einer Axialrichtung bewegt wird;

[0056] [Fig. 16A](#) und [16B](#) schematische Ansichten der Magnetfeldverteilung in der Axialrichtung des Drehelements;

[0057] [Fig. 17A](#) und [Fig. 17B](#) Diagramme von Änderungen des Erfassungsergebnisses, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt in einer Antriebsrichtung bewegt wird;

[0058] [Fig. 18A](#) eine perspektivische Ansicht der Winkelerfassungsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform, und [Fig. 18B](#) eine Schnittansicht der Winkelerfassungsvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform;

[0059] [Fig. 19A](#) eine perspektivische Ansicht einer bekannten Winkelerfassungsvorrichtung, und [Fig. 19B](#) eine Schnittansicht der bekannten Winkelerfassungsvorrichtung; und

[0060] [Fig. 20](#) ein Diagramm einer Beziehung zwischen dem Drehwinkel des Drehelements und der magnetischen Feldstärke.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0061] Eine Winkelerfassungsvorrichtung gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

(Erste Ausführungsform)

[0062] Die Winkelerfassungsvorrichtung umfasst ein auf eine Drehwelle **1** aufgesetztes Drehelement **2**, einen Magnetfelderfassungsabschnitt **3**, der ein um das Drehelement **2** erzeugtes Magnetfeld erfasst, und eine Recheneinheit **4**, die einen Drehwinkel des Drehelements **2** relativ zum Magnetfelderfassungsabschnitt **3** auf der Grundlage von Erfassungsinformationen des Felderfassungsabschnitts **3** berechnet. [Fig. 1A](#) ist eine perspektivische Ansicht der Winkelerfassungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform, und [Fig. 1B](#) ist eine Schnittdarstellung davon bei Betrachtung aus der Y-Richtung.

[0063] Das Drehelement **2** ist so vorgesehen, dass es als Einheit mit der Drehwelle **1** dreht. Das Drehelement **2** umfasst einen Ringmagneten, bei dem magnetische Nordpolbereiche **5** und magnetische Südpolbereiche **6** abwechselnd um eine Drehmitte angeordnet sind. Das Drehelement **2** ist mit vier magnetischen Nordpolbereichen **5** und vier magnetischen Südpolbereichen **6** in 45°-Abständen versehen. Ein polar anisotroper Magnet oder ein radial anisotroper Magnet kann als das Drehelement **2** verwendet werden. Als Alternative kann ein isotroper Magnet verwendet werden, der so magnetisiert ist, dass er auf seiner Oberfläche eine sinusförmige Flussdichteverteilung besitzt. Wie weiter unten erläutert ist, wäre es jedoch von Vorteil, einen polar anisotropen Magneten zu verwenden, oder einen isotropen Magneten, der so magnetisiert ist, dass die Verteilung der Flussdichte über die Oberfläche des Magneten im Wesentlichen sinusförmig ist.

[0064] Bei Verwendung des polar anisotropen Magneten oder des isotropen Magneten, der so magnetisiert ist, dass er auf seiner Oberfläche eine sinusförmige Flussdichteverteilung besitzt, als das Drehelement **2** wird die Magnetisierung mittels Bestromen mehrerer Leitungsdrähte vorgenommen, die auf dem Ringmagneten in seiner Umfangsrichtung angeordnet sind. Wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, zeigt die Verteilung der Magnetfeldlinien daher Kreise an, deren Mittelpunkt jeweils auf einem Grenzflächenabschnitt zwischen dem magnetischen Nordpolbereich **5** und dem magnetischen Südpolbereich **6** auf einer Aussenumfangsfläche des Drehelements **2** liegt, und die jeweils durch eine Umfangsmitte des magnetischen Nordpolbereichs **5** bzw. eine Umfangsmitte des magnetischen Südpolbereichs **6** hindurch verlaufen. Daher ist es wünschenswert, eine radiale Breite des die magnetischen Nordpolbereiche **5** und die magnetischen

Südpolbereiche **6** umfassenden Ringmagneten so einzustellen, dass sie größer als eine halbe Umfangsbreite jedes der magnetischen Nordpolbereiche **5** und größer als eine halbe Umfangsbreite jedes der magnetischen Südpolbereiche **6** ist. Eine solche radiale Breite des Ringmagneten stellt eine günstige Flussdichteverteilung um das Drehelement **2** zur Verfügung, ohne die magnetischen Kraftlinien zu unterbrechen.

[0065] Das Drehelement **2** ist so positioniert, dass die magnetischen Nordpolbereiche **5** und die magnetischen Südpolbereiche **6** jeweils in einer Radialrichtung des Drehelements **2** nach aussen weisen. Eine erste Richtung, in der eine magnetische Feldstärke in dem um das Drehelement **2** erzeugten Magnetfeld maximal ist, entspricht der Radialrichtung des Drehelements **2** (d. h. der Z-Richtung). Eine zweite Richtung, die zur Z-Richtung orthogonal ist und entlang einer Richtung verläuft, in der der magnetische Nordpolbereich **5** und der magnetische Südpolbereich **6** umfangsmäßig angeordnet sind, entspricht einer Drehrichtung des Drehelements **2** (d. h. der X-Richtung). Auf diese Weise sind die magnetischen Nordpolbereiche **5** und die magnetischen Südpolbereiche **6** so angeordnet, dass die erste Richtung (d. h. die Z-Richtung) und die zweite Richtung (d. h. die X-Richtung) orthogonal zueinander sind. Eine dritte Richtung, die entlang einer Ebene verläuft, die zur ersten Richtung (d. h. der Z-Richtung) senkrecht und zur zweiten Richtung (d. h. der X-Richtung) orthogonal ist, entspricht einer Y-Richtung. Mit anderen Worten, die erste Richtung (d. h. die Z-Richtung), die zweite Richtung (d. h. die X-Richtung) und die dritte Richtung (d. h. die Y-Richtung) sind zueinander orthogonal. Die erste Richtung, die zweite Richtung und die dritte Richtung werden im Nachfolgenden als die Z-Richtung, die X-Richtung bzw. die Y-Richtung bezeichnet.

[0066] Der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ist z. B. eine Hall-IC. Insbesondere ist der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** der von Melexis erhältliche MLX 90316, der auf einem Substrat **7** vorgesehen ist. Ein handelsüblicher MLX 90316 umfasst eine festgelegte interne Schaltung, in der Größen der Komponenten von Magnetfeldern in der X-Richtung und in der Y-Richtung durch Berechnen einer Differenz zwischen Ausgangsspannungen, die an Erfassungselementen **9a** und **9b** (d. h. einem ersten Paar von Erfassungselementen **9a** und **9b**) erzeugt werden, bzw. einer Differenz zwischen Ausgangsspannungen, die an Erfassungselementen **9c** und **9d** (d. h. einem zweiten Paar von Erfassungselementen **9c** und **9d**) erzeugt werden, erfasst werden. Den erfassten Größen der Komponenten der Magnetfelder in der X-Richtung und in der Y-Richtung entsprechend wird eine Richtung des Magnetfelds in einer Ebene X-Y berechnet, woraufhin ein Signal ausgegeben wird, das einem Magnetfeldwinkel entspricht. Bei dieser

Ausführungsform ist die interne Schaltung des MLX 90316 (die Hall-IC) beispielsweise modifiziert, und es wird eine Hall-IC angewendet, die eine vorgegebene Signalverarbeitung durchführt. Bei dieser Ausführungsform ist der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** radial ausserhalb des Drehelements **2** positioniert.

[0067] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, umfasst der Erfassungsabschnitt **3** eine Magnetplatte **8**, die scheibenförmig ist und die Mehrzahl von Erfassungselementen **9** (d. h. einen Satz von Erfassungselementen **9a**, **9b**, **9c**, **9d**) zum Erfassen der Größe einer Komponente eines Magnetfelds in einer zur Magnetplatte **8** senkrechten Richtung aufweist. Die Erfassungselemente **9**, z. B. die Hall-Elemente, sind jeweils unmittelbar unterhalb von Endabschnitten der Magnetplatte **8** positioniert.

[0068] Der Satz von Erfassungselementen **9** umfasst ein Paar von Erfassungselementen **9a**, **9b**, die in der X-Richtung angeordnet sind, und ein anderes Paar von Erfassungselementen **9c**, **9d**, die in der Y-Richtung angeordnet sind, wobei diese jeweils in einer zur Z-Richtung senkrechten Ebene liegen.

[0069] Der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ist so positioniert, dass er einen Aufbau aufweist, in dem die Magnetplatte **8** senkrecht zur Z-Richtung weist, um die Größen der Komponenten der Magnetfelder in der Z-Richtung und der X-Richtung zu erfassen.

[0070] Das Grundprinzip der Erfassung der Größe der Komponente des Magnetfelds in der Z-Richtung durch den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ist nachfolgend beschrieben.

[0071] Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt ist, werden bei Anlegen eines externen Magnetfelds in der Z-Richtung die Komponenten der Magnetfelder in der Z-Richtung auf dem Paar von Erfassungselementen **9c**, **9d** erzeugt, die in der Y-Richtung positioniert sind. Hierbei verlaufen die an dem Erfassungselement **9c** erzeugte Komponente des Magnetfelds und die an dem Erfassungselement **9d** erzeugte Komponente des Magnetfelds in gleichen Richtungen. Folglich wird die Größe der Komponente des Magnetfelds, die zu einer Größe des externen Magnetfelds proportional ist, durch Addieren der Ausgangsspannung des Erfassungselements **9c** und der Ausgangsspannung des Erfassungselements **9d** erfasst.

[0072] Wenn ein störendes externes Magnetfeld vorliegt, wird dieses ferner auf die folgende Weise eliminiert. Wenn das störende externe Magnetfeld gemäß der Darstellung in [Fig. 3B](#) in der Y-Richtung anliegt, wird ein Magnetfluss von der Magnetplatte **8** gekrümmt, und die Komponenten der Magnetfelder entlang der Z-Richtung werden an dem Paar von Erfassungselementen **9c**, **9d** erzeugt. Hierbei verlaufen die Komponente des am Erfassungselement **9c** er-

zeugten Magnetfelds und die Komponente des am Erfassungselement **9d** erzeugten Magnetfelds in entgegengesetzten Richtungen. Folglich wird das störende externe Magnetfeld, das in der Y-Richtung anliegt, durch Addieren der Ausgangsspannung des Erfassungselements **9c** und der Ausgangsspannung des Erfassungselements **9d** aufgehoben.

[0073] Ein Grundprinzip der Erfassung der Größe der Komponente des Magnetfelds in der X-Richtung mittels des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** ist gleich dem Grundprinzip der Erfassung der Größe der Komponente des Magnetfelds in der X-Richtung mittels der bekannten Winkelerfassungsvorrichtung gemäß der Beschreibung in den [Fig. 3A](#) und [3B](#). Der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** erfasst die Größe der Komponente des Magnetfelds in der X-Richtung durch Berechnen der Differenz zwischen den Ausgangsspannungen, die an den in der X-Richtung angeordneten Erfassungselementen **9a** und **9b** erzeugt werden.

[0074] Die Recheneinheit **4** berechnet einen Magnetfeldwinkel θ gemäß einem Verhältnis der Größe V_z der Komponente des Magnetfelds in der Z-Richtung und der Größe V_x der Komponente des Magnetfelds in der X-Richtung.

[Formel 1]

$$\theta = \text{Arctan} (V_z/V_x)$$

[0075] Es wird nun im Nachfolgenden ein Effekt der Winkelerfassungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0076] Wegen der Scheibenform der Magnetplatte **8** variiert ein Grad der Magnetisierung in Abhängigkeit von einer Anlagerichtung des externen Magnetfelds. [Fig. 4](#) zeigt ein Analyseergebnis aus einer Simulation an einer Beziehung zwischen dem angelegten externen Magnetfeld und einer maximalen Magnetisierung der Magnetplatte **8**. In [Fig. 4](#) gibt ein Symbol \blacklozenge einen Fall an, in dem das externe Magnetfeld parallel zur Magnetplatte **8** an diese angelegt wird. Ein Symbol \blacksquare gibt einen Fall an, in dem das externe Magnetfeld senkrecht an die Magnetplatte **8** angelegt wird.

[0077] Wie aus [Fig. 4](#) ersichtlich ist, ist die Induzierung der Magnetisierung schwieriger, wenn das externe Magnetfeld senkrecht an die Magnetplatte **8** angelegt wird, als wenn das externe Magnetfeld parallel zu dieser angelegt wird. Als Ergebnis der Simulation ist eine magnetische Feldstärke, bei der die Magnetplatte **8** magnetisch gesättigt wird, sechsmal höher, wenn das externe Magnetfeld senkrecht zu ihr angelegt wird, als wenn das externe Magnetfeld parallel dazu angelegt wird.

[0078] Wenn ein Magnetfeld mit einer übermäßig

hohen magnetischen Feldstärke an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegt wird, wird die Magnetplatte **8** magnetisch gesättigt und ist nicht mehr in der Lage, das Magnetfeld in der zur Magnetplatte **8** senkrechten Richtung mit einer Feldstärke zu erzeugen, die proportional zu dem extern angelegten Magnetfeld ist. Ausgehend von den in [Fig. 4](#) gezeigten Ergebnissen wird angenommen, dass der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ein maximal zulässiges Magnetfeld mit einer höheren magnetischen Feldstärke aufweist, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** so positioniert ist, dass die Magnetplatte **8** senkrecht zur Z-Richtung weist (siehe [Fig. 1](#)).

[0079] Auf der Grundlage der in [Fig. 4](#) gezeigten Ergebnisse wird das maximal zulässige Magnetfeld des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** berechnet, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** so positioniert ist, dass die Magnetplatte **8** senkrecht zur Z-Richtung weist. Die Ergebnisse der Berechnung des maximal zulässigen Magnetfelds des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** sind in [Fig. 5B](#) gezeigt. In [Fig. 5B](#) zeigt ein Symbol \blacktriangle das maximal zulässige Magnetfeld des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** an, wenn das Magnetfeld an diesen angelegt und ein Anlegewinkel α des Magnetfelds variiert wird. Der Anlegewinkel α des Magnetfelds, mit dem das Magnetfeld an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegt wird, ist in [Fig. 5A](#) gezeigt. Wenn der Anlegewinkel α des Magnetfelds 0° beträgt (was durch das Symbol \blacktriangle in [Fig. 5B](#) angegeben ist), liegt das maximal zulässige Magnetfeld des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** bei einer Obergrenze (70 mT) eines idealen Bereichs der magnetischen Feldstärke für einen Betrieb des Magnetfelderfassungsabschnitts **3**. Der Anlegewinkel α zu diesem Zeitpunkt, d. h. 0° , wird erhalten, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** so positioniert ist, dass er dem Grenzflächenabschnitt zwischen dem magnetischen Nordpolbereich **5** und dem magnetischen Südpolbereich **6** in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gegenüberliegt (d. h. wenn der Drehwinkel des Drehelements **2** $\pm 22,5^\circ$ beträgt). Dieser Drehwinkel entspricht einem Drehwinkel, bei dem gemäß der Darstellung in [Fig. 20](#) die magnetische Feldstärke des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** auf ihrem Minimum ist. Wenn der Anlegewinkel α des Magnetfelds bei -90° oder $+90^\circ$ liegt (angegeben durch das Symbol \blacktriangle in [Fig. 5B](#)), ist das maximal zulässige Magnetfeld das Sechsfache eines Wertes der Obergrenze des idealen Bereichs der magnetischen Feldstärke für einen Betrieb des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** (420 mT). Der Anlegewinkel α zu diesem Zeitpunkt, d. h. -90° oder $+90^\circ$, wird erhalten, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** so positioniert ist, dass er dem umfangsmäßigen Mittelabschnitt des magnetischen Nordpolbereichs **5** oder des magnetischen Südpolbereichs **6** in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gegenüberliegt (d. h. wenn der Drehwinkel des Drehelements **2** 0° oder $\pm 45^\circ$ beträgt). Dieser Drehwinkel entspricht einem Drehwinkel, bei dem gemäß der

Darstellung in [Fig. 20](#) die magnetische Feldstärke des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** auf ihrem Maximum ist.

[0080] Wie vorstehend beschrieben wurde, hat das maximal zulässige Magnetfeld des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** eine höhere magnetische Feldstärke, wenn der Anlegewinkel α des Magnetfelds ein anderer Winkel als 0° ist, indem der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** so positioniert wird, dass die Magnetplatte **8** senkrecht zur Z-Richtung weist.

[0081] Folglich kann ein Arbeitsmagnetfeld (in [Fig. 5B](#) als A1 angegeben) des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** zwischen dem maximal zulässigen Magnetfeld (in [Fig. 5B](#) durch das Symbol \blacktriangle angegeben) und einer unteren Grenze (20 mT) des idealen Bereichs der magnetischen Feldstärke eingestellt werden. Bei der bekannten Winkelerfassungsvorrichtung wird ein Arbeitsmagnetfeld (in [Fig. 5B](#) als A2 angegeben) des Magnetfelderfassungsabschnitts in einem Bereich der magnetischen Feldstärke zwischen 20 mT und 70 mT eingestellt. Das Arbeitsmagnetfeld (in [Fig. 5B](#) als A1 angegeben) des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** gemäß der ersten Ausführungsform ist das Zweifache des Arbeitsmagnetfelds der bekannten Winkelerfassungsvorrichtung. Dies ermöglicht eine höhere magnetische Feldstärke des Arbeitsmagnetfelds des Magnetfelderfassungsabschnitts **3**, wodurch die Erfassungsgenauigkeit verbessert wird und Kosten gesenkt werden. Ausserdem wird ein Abstand zwischen einer Oberfläche des magnetischen Nordpolbereichs **5** oder des magnetischen Südpolbereichs **6** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** verringert, und es besteht keine Notwendigkeit, den magnetischen Nordpolbereich **5** und den magnetischen Südpolbereich **6** aus einem Seltenerdmetall oder dergleichen mit einer höheren magnetischen Feldstärke zu bilden, was zu einer Verringerung der Kosten und der Größe führt.

[0082] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, ist die Größe der Komponente des Magnetfelds (d. h. die magnetische Feldstärke), das von dem um das Drehelement **2** erzeugten Magnetfeld an den Magnetfelderfassungsabschnitt **3** angelegt wird, zwischen der Z-Richtung (in [Fig. 6](#) durch das Symbol \blacklozenge angegeben) und der X-Richtung (in [Fig. 6](#) durch das Symbol \blacksquare angegeben) verschieden. [Fig. 6](#) zeigt das Ergebnis einer Simulation, die an einem Drehelement **2** durchgeführt wurde, das mit jeweils drei magnetischen Nordpolbereichen **5** und magnetischen Südpolbereichen **6** in 60° -Abständen versehen war.

[0083] Das Ergebnis der Simulation zeigt, dass ein Feldstärkeverhältnis des Magnetfelds in der Z-Richtung (in [Fig. 6](#) durch das Symbol \blacklozenge angegeben) zum Magnetfeld in der X-Richtung (in [Fig. 6](#) durch das Symbol \blacksquare angegeben) 1,41 beträgt (d. h. die Größe der Magnetfeldkomponente in der Z-Richtung divi-

diert durch die Größe der Magnetfeldkomponente in der X-Richtung).

[0084] Wenn das externe Magnetfeld parallel zur Magnetplatte **8** an diese angelegt wird, wird aufgrund eines starken Effekts der Magnetflusskonzentration der Magnetplatte **8** das Magnetfeld an den Erfassungselementen **9a**, **9b** in der Richtung senkrecht zur Magnetplatte **8** erzeugt. Die Feldstärke des an den Erfassungselementen **9c**, **9d** erzeugten Magnetfelds ist 1,8-mal höher als die Feldstärke des an die Magnetplatte **8** angelegten externen Magnetfelds. Wenn das externe Magnetfeld hingegen senkrecht zur Magnetplatte **8** an diese angelegt wird, ist der Effekt der Magnetflusskonzentration der Magnetplatte **8** geringer, und ein Magnetfeld, dessen Feldstärke 1,2-mal höher als die Feldstärke des externen Magnetfelds ist, wird an den Erfassungselementen **9** in der zur Magnetplatte **8** senkrechten Richtung erzeugt. Wie vorstehend beschrieben wurde, variiert eine Empfindlichkeit des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** gemäß einer Anlegerichtung des externen Magnetfelds. Ein aus dem Simulationsergebnis abgeleitetes Empfindlichkeitsverhältnis des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** (d. h. eine Empfindlichkeit in einer zur Magnetplatte **8** parallelen Richtung dividiert durch eine Empfindlichkeit in der zur Magnetplatte **8** senkrechten Richtung) beträgt 1,48.

[0085] Daher ist der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** bei der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung so positioniert, dass die Magnetplatte **8** senkrecht zur Z-Richtung weist und das externe Magnetfeld senkrecht zur Magnetplatte **8** an diese angelegt wird. Folglich gleichen das Feldstärkeverhältnis des Magnetfelds (1,41) und das Empfindlichkeitsverhältnis des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** (1,48) einander aus, so dass eine Empfindlichkeit der Winkelerfassungsvorrichtung im Wesentlichen zu Eins wird. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, stellt die Winkelerfassungsvorrichtung gemäß dieser Ausführungsform eine verbesserte Linearität des berechneten Wertes θ , der von der Recheneinheit **4** berechnet wird, in Bezug auf den Drehwinkel des Drehelements **2** zur Verfügung, wodurch die Erfassungsgenauigkeit verbessert wird.

[0086] Als Nächstes wird eine Beschreibung von Ergebnissen von Simulationen der magnetischen Feldstärke (einer Magnetflussdichte) gegeben, die jeweils von dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** erfasst wird, wenn der polar anisotrope Magnet verwendet wird bzw. wenn der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird. Bei einem in der Simulation verwendeten Modell ist das Drehelement **2** ein ringförmiger Magnet mit einem Aussendurchmesser von 21 mm (einem äusseren Radius von 10,5 mm), einem Innendurchmesser von 16,8 mm (einem inneren Radius von 8,4 mm) und einer Dicke von 7 mm, der vier magnetische Nordpolbereiche **5** und

vier magnetische Südpolbereiche **6** aufweist, die abwechselnd mit einer konstanten Steigung angeordnet sind.

[0087] [Fig. 9A](#) zeigt ein Ergebnis der Simulation von Änderungen der magnetischen Feldstärke in der Z-Richtung bei einer Drehung des Drehelements **2**, wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird. [Fig. 9B](#) zeigt ein Ergebnis der Simulation von Änderungen der magnetischen Feldstärke in der X-Richtung bei einer Drehung des Drehelements **2**.

[0088] [Fig. 10A](#) zeigt das Ergebnis einer Simulation von Änderungen der magnetischen Feldstärke in der Z-Richtung bei einer Drehung des Drehelements **2**, wenn der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird. [Fig. 10B](#) zeigt ein Ergebnis der Simulation von Änderungen der magnetischen Feldstärke in der X-Richtung bei einer Drehung des Drehelements **2**. In den [Fig. 9A](#) bis [Fig. 10B](#) angegebene Werte entsprechen einem Abstand (Einheit: mm) zwischen einer Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3**.

[0089] Wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, weisen Verteilungen der magnetischen Feldstärke in der Z-Richtung und in der X-Richtung unabhängig von dem Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** im Wesentlichen sinusförmige Wellenformen auf, wie aus den [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) ersichtlich ist.

[0090] Wenn aber der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, wird die Verteilung der magnetischen Feldstärke bei einem zunehmenden Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** stärker sinusförmig, wie aus den [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) ersichtlich ist. Wenn der Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** jedoch weniger als 14 mm beträgt, besitzt die Verteilung der magnetischen Feldstärke in der Z-Richtung eine quadratische Wellenform, und die Verteilung in der X-Richtung besitzt eine Dreieckswellenform.

[0091] Die [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen eine Amplitude der magnetischen Feldstärke in der Z-Richtung, eine absolute Amplitude der magnetischen Feldstärke in der X-Richtung, und das Verhältnis der Amplitude der magnetischen Feldstärke in der Z-Richtung und der Amplitude der magnetischen Feldstärke in der X-Richtung (im Nachfolgenden als Verhältnis der magnetischen Feldstärke bezeichnet). [Fig. 11A](#) zeigt ein Ergebnis, wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, und [Fig. 11B](#) zeigt ein Ergebnis, wenn der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet

wird.

[0092] Wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, erhöht sich das Verhältnis der magnetischen Feldstärke mit einem zunehmenden Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** und bleibt bei 1,4 im Wesentlichen konstant, wenn der Abstand 14 mm oder mehr beträgt, wie aus [Fig. 11A](#) ersichtlich ist. Wenn der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, erhöht sich das Verhältnis der magnetischen Feldstärke mit einem zunehmenden Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** und bleibt bei 1,4 im Wesentlichen konstant, wenn der Abstand 64 mm oder mehr beträgt, wie aus [Fig. 11B](#) ersichtlich ist.

[0093] Wenn der Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** von 11 mm auf 14 mm zunimmt, erhöht sich das Verhältnis der magnetischen Feldstärke allmählich von 1,2 auf 1,4, wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, wie aus den [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) ersichtlich ist. Wenn hingegen der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, erhöht sich das Verhältnis der magnetischen Feldstärke sprunghaft von 0,6 auf 1,4. Mit anderen Worten, wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, ist die Änderung des Verhältnisses der magnetischen Feldstärke langsamer, als wenn der radial anisotrope Magnet verwendet wird. Das unterschiedliche Verhalten der magnetischen Feldstärke bei Verwendung des polar anisotropen Magneten und bei Verwendung des radial anisotropen Magneten wird bei einem zunehmenden Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ausgeprägter.

[0094] Die [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) zeigen einen Änderungsbetrag des Magnetfeldwinkels um das Drehelement **2**, wenn der Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ab einem vorgegebenen Referenzabstand (Einheit: mm) um 0,5 mm zunimmt. Werte in der Zeichnung gegebene Abstände vor der Erhöhung (d. h. den vorgegebenen Referenzabstand) an. [Fig. 12A](#) zeigt ein Ergebnis bei Verwendung des polar anisotropen Magneten als das Drehelement **2**, und [Fig. 12B](#) zeigt ein Ergebnis bei Verwendung des radial anisotropen Magneten.

[0095] Wie aus [Fig. 12A](#) ersichtlich ist, ist der Änderungsbetrag des Magnetfeldwinkels in allen Fällen, in denen der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, weniger als $1,0^\circ$. Bei Verwendung des radial anisotropen Magneten als das Drehelement **2** ist der Änderungsbetrag des Magnetfeldwinkels hingegen größer als bei Verwendung des po-

lar anisotropen Magneten. Insbesondere nimmt der Änderungsbetrag mit einer Verringerung des vorgegebenen Referenzabstands zu.

[0096] Um die Linearität des von der Recheneinheit **4** berechneten Rechenwertes θ in Bezug auf den Drehwinkel des Drehelements **2** gemäß der vorstehenden Beschreibung zu verbessern, ist es erforderlich, Korrekturmaßnahmen zu ergreifen. Die Korrekturmaßnahmen umfassen eine Einstellung des Empfindlichkeitsverhältnisses des Magnetfelderfassungsabschnitts **3**, damit das Feldstärkeverhältnis und das Empfindlichkeitsverhältnis des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** einander ausgleichen. Eine weitere Korrekturmaßnahme wäre es, einen Koeffizienten mit einer der Feldstärken des Magnetfelds in den Z- und X-Richtungen zu multiplizieren, um das Feldstärkeverhältnis Eins zu erhalten. Unter dem Gesichtspunkt der Korrekturmaßnahmen ist es einfacher, den polar anisotropen Magneten statt des radial anisotropen Magneten als das Drehelement **2** zu verwenden, da das Feldstärkeverhältnis dann selbst bei einer Änderung des Abstands zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** nur geringe Änderungen aufweist, wie in [Fig. 11A](#) gezeigt ist. Der Unterschied in der Einfachheit der Korrekturmaßnahmen bei Verwendung des polar anisotropen Magneten und bei Verwendung des radial anisotropen Magneten ist bei einem kleinen Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** besonders ausgeprägt.

[0097] Wie aus den in den [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) gezeigten Ergebnissen klar hervorgeht, sind Änderungen der Richtung des Magnetfelds, die von einer Änderung des Abstands zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** verursacht werden, bei Verwendung des polar anisotropen Magneten als das Drehelement **2** geringer. Durch die Verwendung des polar anisotropen Magneten als das Drehelement **2** werden somit durch einen Fehler bei der Montage der Winkelerfassungsvorrichtung verursachte Variationen der Erfassungsergebnisse verringert. Ausserdem werden auch dann, wenn sich ein radialer Abstand zwischen dem Drehelement **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** aufgrund einer Unrundheit der Drehwelle **1** während des Betriebs der Winkelerfassungsvorrichtung ändert, Variationen in den Erfassungsergebnissen verringert. Insbesondere wenn der Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** klein ist, werden die Variationen in den Erfassungsergebnissen unter Verwendung des polar anisotropen Magneten als das Drehelement **2** verringert.

[0098] [Fig. 13](#) zeigt die Linearität des Drehwinkels des Drehelements **2** bezogen auf den von der Winkelerfassungsvorrichtung erfassten Erfassungswinkel

nach Durchführung der vorstehend erwähnten Korrekturmaßnahmen. In [Fig. 13](#) beträgt der Koeffizient für die Korrektur 1,6, wenn der polar anisotrope Magnet verwendet wird, und 20,5, wenn der radial anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird. Der Abstand zwischen der Mitte des Drehelements **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** ist auf 12,5 mm eingestellt. Als Linearitätsbezug wird ein Prozentwert im natürlichen Maßstab (Full Scale) verwendet, um eine Differenz zwischen einer idealen linearen Kurve und einer tatsächlichen Beziehung durch den Drehwinkel des Drehelements **2** und die Richtung des Magnetfelds bei jedem Drehwinkel anzugeben. Die ideale lineare Kurve wird auf der Grundlage einer kollinearen Annäherung der Beziehung des Drehwinkels des Drehelements **2** und der Richtung des Magnetfelds abgeleitet. Wie in [Fig. 13](#) gezeigt ist, wird eine bessere Linearität erhalten, wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird. Auf der Grundlage des Ergebnisses bestätigt sich, dass die Korrekturmaßnahmen einfacher durchzuführen sind, wenn der polar anisotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird.

[0099] Wie vorstehend beschrieben wurde, wird bei Verwendung des polar anisotropen Magneten als das Drehelement **2** die Größe der Winkelerfassungsvorrichtung verringert, während die Erfassungsgenauigkeit aufrecht erhalten wird. Wie in den [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) gezeigt ist, ist die Verteilung der magnetischen Feldstärke des polar anisotropen Magneten sinusförmig. Ein ähnlicher Effekt wird erhalten, wenn der isotrope Magnet als das Drehelement **2** verwendet wird, wobei der isotrope Magnet so magnetisiert ist, dass die Verteilung der Flussdichte über seine dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** gegenüberliegende Oberfläche sinusförmig ist. Da isotrope Magneten im Allgemeinen weniger kostspielig als polar anisotrope Magneten sind, werden durch die Verwendung des isotropen Magneten als das Drehelement **2** die Herstellungskosten verringert.

(Zweite Ausführungsform)

[0100] Eine zweite Ausführungsform ist eine alternative Ausführungsform, bei der die Form des Drehelements **2** der ersten Ausführungsform modifiziert ist. Wie in [Fig. 14](#) gezeigt ist, ist bei dieser Ausführungsform eine Nut **21** an einer Aussenumfangsfläche des Drehelements ausgebildet und erstreckt sich in einer Umfangsrichtung des Drehelements **2**. Genauer gesagt ist die Nut **21** in einem Mittenabschnitt der Aussenumfangsfläche in Bezug auf eine Y-Achsenrichtung (Axialrichtung) positioniert und ist über den gesamten Umfang der Aussenumfangsfläche ausgebildet. Bei der Ausführungsform weist die Nut **21** bei Betrachtung im Querschnitt senkrecht zu einer Erstreckungsrichtung der Nut **21** eine quadratische Form auf. Die Form der Nut **21** ist jedoch nicht auf die

genannte quadratische Form beschränkt. Die Nut **21** kann mit einer anderen Form wie etwa einer Bogenform, einer Halbbogenform, einer Dreiecksform und einer Stufenform ausgebildet werden.

[0101] Als Nächstes wird das Ergebnis einer Simulation beschrieben, das den Einfluss einer Änderung der Relativposition zwischen dem Drehelement **2** und dem Magnetfelderfassungsabschnitt **3** auf das Erfassungsergebnis des Magnetfeldwinkels angibt. Bei der Simulation werden zum Vergleich das Drehelement **2** mit der Nut **21** und das Drehelement **2** ohne die Nut **21** verwendet. Bei einem in der Simulation verwendeten Modell ist das Drehelement **2** ein ringförmiger Magnet mit einem Aussendurchmesser von 10,3 mm (einem äusseren Radius von 5,15 mm), einem Innendurchmesser von 8,2 mm (einem inneren Radius von 4,1 mm) und einer Dicke von 5,0 mm (Breite in Bezug auf die Axialrichtung). In dem Magneten sind vier magnetische Nordpolbereiche N und vier magnetische Südpolbereiche S abwechselnd mit einer konstanten Steigung vorgesehen. Die Nut **21** ist mit einer Breite von 1 mm und einer Tiefe von 1 mm ausgebildet. In ihrer Breitenrichtung ist die Nut **21** so ausgebildet, dass sie sich bei Betrachtung in einer Dickenrichtung des Drehelements **2** bis 0,5 mm über und 0,5 mm unter einen Mittenabschnitt des Drehelements **2** erstreckt, und ist so positioniert, dass eine Breitenmittenlinie der Nut **21** auf einer Dickenmittenlinie des Drehelements **2** liegt. Eine anfängliche Position des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** ist so eingestellt, dass seine radiale Position 12,5 mm von der Mitte des Drehelements **2** entfernt ist, und eine Antriebsposition liegt am Dickenmittenabschnitt des Drehelements **2**.

[0102] Die [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) zeigen das Ergebnis einer Simulation, die durchgeführt wird, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** relativ zum Drehelement **2** in der Axialrichtung bewegt wird. [Fig. 15A](#) zeigt das Ergebnis, wenn das Drehelement **2** mit der Nut **21** verwendet wird. [Fig. 15B](#) zeigt ein Ergebnis, wenn das Drehelement **2** ohne die Nut **21** verwendet wird. In diesen Figuren ist der Änderungsbetrag des Magnetfeldwinkels ab der anfänglichen Position, der bei jedem Drehwinkel gemessen wird, wenn der magnetische Erfassungsabschnitt **3** aus der anfänglichen Position in der Axialrichtung bewegt ist, durch Prozentwerte angegeben. Wie in den [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) veranschaulicht ist, ist der Änderungsbetrag des Magnetfeldwinkels bei einer Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts **3** um 1,5 mm 0,5% und mehr, falls die Nut **21** nicht an dem Drehelement **2** vorgesehen ist. Falls hingegen die Nut **21** an dem Drehelement **2** ausgebildet ist, ist der Änderungsbetrag des magnetischen Winkels 0,25% und weniger. Mit anderen Worten, der Änderungsbetrag ist im Vergleich mit dem Drehelement **2** ohne die Nut **21** beträchtlich verringert. Entsprechend verhindert die Ausbildung der Nut **21** an dem Drehelement

2 eine Änderung des Erfassungsergebnisses infolge einer Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts 3 relativ zum Drehelement 2 in der Axialrichtung.

[0103] Die Fig. 16A und 16B sind schematische Ansichten, welche die magnetische Feldstärkeverteilung in der Axialrichtung des Drehelements 2 angeben. Fig. 16A zeigt einen Fall, in dem die Nut 21 am Drehelement 2 vorgesehen ist, und Fig. 16B zeigt einen Fall, in dem die Nut 21 nicht am Drehelement 2 vorgesehen ist. Wenn die Nut 21 nicht am Drehelement 2 vorgesehen ist, wird die magnetische Feldstärke um den Mittenabschnitt des Drehelements 2 am größten und zu dessen beiden Enden hin sprunghaft kleiner. Wenn die Nut 21 hingegen am Drehelement 2 vorgesehen ist, wird die magnetische Feldstärke um den Mittenabschnitt des Drehelements 2 vergleichsweise klein. Selbst bei einer Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts 3 in der Axialrichtung wird der Änderungsbetrag der magnetischen Feldstärke daher auf einem niedrigen Niveau gehalten.

[0104] Gemäß der vorstehenden Beschreibung erfasst der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 den magnetischen Winkel mittels Erfassung der Magnetfeldstärken in den zwei Richtungen. Bei einer Bewegung der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 in der Axialrichtung unterscheiden sich jedoch die Änderungen der magnetischen Feldstärke zwischen den zwei Richtungen. Daher ist anzunehmen, dass sich das Ergebnis der Erfassung des magnetischen Winkels ändert, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 in der Axialrichtung bewegt wird. Daher wird die Nut 21 am Drehelement 2 ausgebildet, um den Änderungsbetrag der magnetischen Feldstärke in Verbindung mit der Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts 3 in der Axialrichtung zu verringern, so dass der Änderungsbetrag des während der Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts 3 in der Axialrichtung erfassten Erfassungsergebnisses verringert wird. Indes wird die magnetische Feldstärke in dem Bereich, in dem die Nut 21 ausgebildet ist, im Wesentlichen konstant. Daher ist es vorteilhaft, den Magnetfelderfassungsabschnitt 3 und das Drehelement 2 so anzuordnen, dass sie einander in dem Bereich gegenüberliegen, in dem die Nut 21 ausgebildet ist.

[0105] Die Fig. 17A und Fig. 17B zeigen ferner das Ergebnis einer Simulation, die durchgeführt wird, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 in einer Antriebsrichtung bewegt wird. Fig. 17A zeigt das Ergebnis, wenn das Drehelement 2 mit der Nut 21 verwendet wird. Fig. 17B zeigt das Ergebnis, wenn das Drehelement 2 ohne die Nut 21 verwendet wird. Ähnlich wie in den Fig. 15A und Fig. 15B ist der Änderungsbetrag des Magnetfeldwinkels ab der anfänglichen Position durch Prozentwerte angegeben. Wie in den Fig. 17A und Fig. 17B angegeben ist, ist der Ma-

ximalwert des Änderungsbetrags des Magnetfeldwinkels bei einer Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts 3 um 1,5 mm ca. 0,5%, falls die Nut 21 nicht an dem Drehelement 2 vorgesehen ist. Falls die Nut 21 hingegen am Drehelement 2 ausgebildet ist, ist der Maximalwert des Änderungsbetrags des Magnetfeldwinkels ca. 0,25%. Der Änderungsbetrag ist im Vergleich mit dem Drehelement 2 ohne die Nut 21 verringert. Somit verhindert die Ausbildung der Nut 21 am Drehelement 2 eine Änderung des Erfassungsergebnisses infolge einer Bewegung des Magnetfelderfassungsabschnitts 3 relativ zum Drehelement 2 in der Radialrichtung.

[0106] Gemäß der vorstehenden Beschreibung verringert die Ausbildung der Nut 21 an der Aussenumfangsfläche des Drehelements 2 den Einfluss auf das Erfassungsergebnis des Magnetfelderfassungsabschnitts 3, wenn der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 in der Antriebs- oder Radialrichtung bewegt wird.

(Dritte Ausführungsform)

[0107] Eine dritte Ausführungsform ist eine alternative Ausführungsform, bei der die Anordnung der magnetischen Nordpolbereiche 5 und der magnetischen Südpolbereiche 6 im Drehelement 2 modifiziert ist.

[0108] Wie in den Fig. 18A und Fig. 18B gezeigt ist, sind der magnetische Nordpolbereich 5 und die magnetischen Südpolbereiche 6 so angeordnet, dass die erste Richtung (Z-Richtung), in der die magnetische Feldstärke in dem um das Drehelement 2 erzeugten Magnetfeld maximal ist, parallel zur Drehmitte des Drehelements 2 angeordnet ist. Der magnetische Nordpolbereich 5 und die magnetischen Südpolbereiche 6 sind an einer unteren Oberfläche des Drehelements 2 vorgesehen. Der magnetische Nordpolbereich 5 und die magnetischen Südpolbereiche 6 sind abwechselnd um die Drehmitte des Drehelements 2 so angeordnet, dass ein magnetischer Nordpolbereich 5 zwischen den zwei magnetischen Südpolbereichen 6 eingefasst angeordnet ist.

[0109] Der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 ist in einer Richtung parallel zu jedem magnetischen Nordpolbereich 5 und jedem magnetischen Südpolbereich 6 angeordnet. Der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 ist so angeordnet, dass das Drehelement 2 den Magnetfelderfassungsabschnitt 3 in der Radialrichtung des Drehelements 2 vertikal überlappt. Das Drehelement 2 dreht über dem Substrat 7, auf dem gemäß der vorstehenden Beschreibung der Magnetfelderfassungsabschnitt 3 vorgesehen ist.

[0110] Bei der dritten Ausführungsform entspricht die erste Richtung (Z-Richtung), in der die magnetische Feldstärke in dem um das Drehelement 2 erzeugten Magnetfeld maximal ist, der Richtung der axialen Mitte des Drehelements 2. Die zweite Rich-

tung (X-Richtung), die entlang der Richtung verläuft, in der der magnetische Nordpolbereich **5** und die magnetischen Südpolbereiche **6** umfangsmäßig angeordnet sind, entspricht der Drehrichtung des Drehelements **2**. Die dritte Richtung (Y-Richtung) entspricht der Radialrichtung des Drehelements **2**.

(Weitere Ausführungsformen)

(1) Bei der ersten, zweiten und dritten Ausführungsform kann der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** durch Berechnen eines Durchschnittswerts aus der Gesamtausgangsspannung, die sich durch Addieren der Ausgangsspannungen der entlang der Y-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9c** und **9d** errechnet, und der Gesamtausgangsspannung, die sich durch Addieren der Ausgangsspannungen der entlang der X-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9a** und **9b** errechnet, die Größe der magnetischen Komponente in der Z-Richtung erfassen. Somit kann der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** die Größe der magnetischen Komponente in der Z-Richtung erfassen, indem er beide Sätze von Erfassungselementen verwendet, d. h. den Satz der entlang der X-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9a** und **9b** und den Satz der entlang der Y-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9c** und **9d**.

(2) Bei der ersten, zweiten und dritten Ausführungsform kann nur ein Satz der entlang der X-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9a** und **9b** vorgesehen sein. In diesem Fall erfasst der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** die Größe der magnetischen Komponente in der Z-Richtung durch Addieren jeder Ausgangsspannung der entlang der X-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9a** und **9b**. Ausserdem erfasst der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** die Größe der magnetischen Komponente in der X-Richtung durch Berechnen der Differenz zwischen den Ausgangsspannungen der entlang der X-Richtung angeordneten Erfassungselemente **9a** und **9b**.

(3) Bei der dritten Ausführungsform kann der Magnetfelderfassungsabschnitt **3** auf einer radialen Aussenseite des Drehelements **2** angeordnet sein.

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 2007-40850 [[0002](#), [0003](#)]

Patentansprüche

1. Winkelerfassungsrichtung, welche aufweist:

ein Drehelement (2) mit mindestens einem magnetischen Nordpolbereich (5) und mindestens einem magnetischen Südpolbereich (6), die abwechselnd um dessen Drehmitte angeordnet sind;
einen Magnetfelderfassungsabschnitt (3) mit einer Magnetplatte (8) und einer Mehrzahl von Erfassungselementen (9), welche Größen von magnetischen Komponenten in einer zur Magnetplatte (8) senkrechten Richtung erfassen und die Größen der magnetischen Komponenten als Informationen speichern;
eine Recheneinrichtung (4), welche einen Drehwinkel des Drehelements (2) auf der Grundlage der von dem Magnetfelderfassungsabschnitt (3) erfassten Informationen bestimmt; wobei der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) so angeordnet ist, dass die Magnetplatte (8) senkrecht zu einer ersten Richtung (Z) ausgerichtet ist, in der eine magnetische Feldstärke in einem um das Drehelement (2) erzeugten Magnetfeld maximal ist, und der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) die Größen der magnetischen Komponenten in der ersten Richtung (Z) erfasst sowie in einer zweiten Richtung (X), die einer Richtung entspricht, in der die magnetischen Nordpolbereiche (5) und die magnetischen Südpolbereiche (6) umfangsmäßig angeordnet sind.

2. Winkelerfassungsrichtung nach Anspruch 1, wobei die magnetischen Nordpolbereiche (5) und die magnetischen Südpolbereiche (6) so angeordnet sind, dass die erste Richtung (Z) die zweite Richtung (X) in einem rechten Winkel schneidet.

3. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei die Mehrzahl von Erfassungselementen (9) ein erstes Paar von Erfassungselementen (9a, 9b) umfasst, die entlang der zweiten Richtung (X) angeordnet sind.

4. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Mehrzahl von Erfassungselementen (9) aus dem ersten Paar von Erfassungselementen (9a, 9b) besteht, die entlang der zweiten Richtung (X) auf einer zu der ersten Richtung (Z) senkrechten Oberfläche angeordnet sind, und einem zweiten Paar von Erfassungselementen (9c, 9d), die entlang einer Richtung, welche die zweite Richtung (X) in einem rechten Winkel schneidet, auf der zu der ersten Richtung (Z) senkrechten Oberfläche angeordnet sind.

5. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Drehelement (2) so angeordnet ist, dass die magnetischen Nordpolbereiche (5) und die magnetischen Südpolbereiche (6) von dem Drehelement (2) radial nach aussen hin

ausgerichtet sind, und der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) radial ausserhalb von dem Drehelement (2) angeordnet ist, wobei der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) den magnetischen Nordpolbereichen (5) und den magnetischen Südpolbereichen (6) gegenüberliegt.

6. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die magnetischen Nordpolbereiche (5) und die magnetischen Südpolbereiche (6) so angeordnet sind, dass die erste Richtung (Z) parallel zur Drehmitte des Drehelements (2) verläuft, und der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) in einer zu jedem magnetischen Nordpolbereich (5) und jedem magnetischen Südpolbereich (6) parallelen Richtung angeordnet ist.

7. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die magnetischen Nord- und Südpolbereiche (5, 6) durch einen von einem annularen polar anisotropen Magneten (5, 6) und einem ringförmigen polar anisotropen Magneten (5, 6) gebildet werden.

8. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die magnetischen Nord- und Südpolbereiche (5, 6) von einem annularen isotropen Magneten (5, 6) oder von einem ringförmigen isotropen Magneten (5, 6) gebildet werden, der so magnetisiert ist, dass die Verteilung einer Flusssdichte über dem Magnetfelderfassungsabschnitt (3) gegenüberliegende Oberflächen der magnetischen Nord- und Südpolbereiche (5, 6) sinusförmig ist.

9. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 7 und 8, wobei eine radiale Breite des die magnetischen Nord- und Südpolbereiche (5, 6) bildenden Magneten (5, 6) so eingestellt ist, dass sie größer als eine halbe Umfangslänge des magnetischen Nordpolbereichs (5) und eine halbe Umfangslänge des magnetischen Südpolbereichs (6) ist.

10. Winkelerfassungsrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei eine Nut (21) an einer Ausenumfangsfläche des die magnetischen Nord- und Südpolbereiche (5, 6) bildenden Magneten ausgebildet ist und sich in einer Umfangsrichtung erstreckt.

11. Winkelerfassungsrichtung nach Anspruch 10, wobei der Magnetfelderfassungsabschnitt (3) einem Abschnitt des Magneten gegenüberliegt, an dem die Nut (21) bezogen auf eine Richtung einer Drehachse des Drehelements (2) ausgebildet ist.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

FIG. 1 A

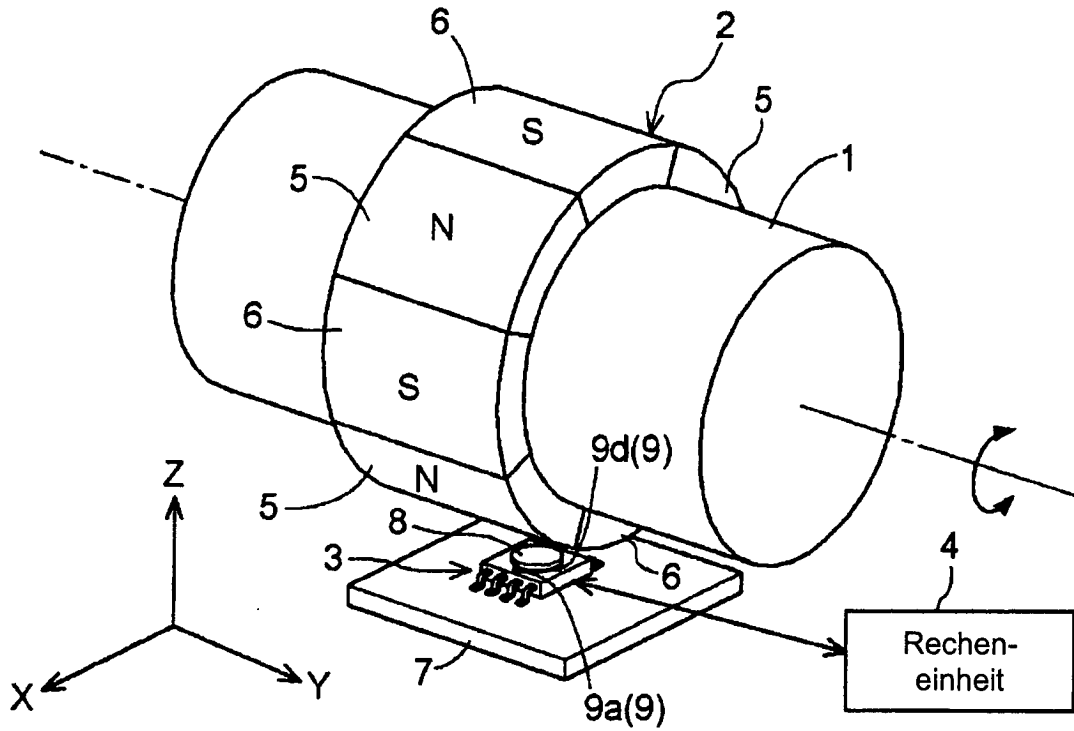


FIG. 1 B

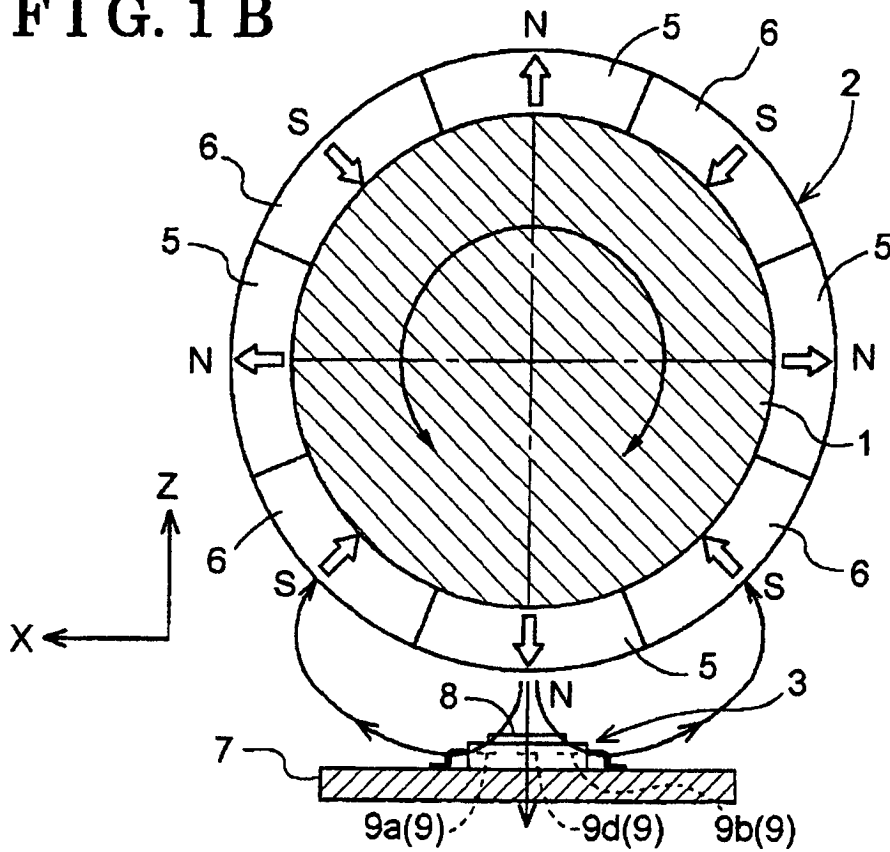


FIG. 2

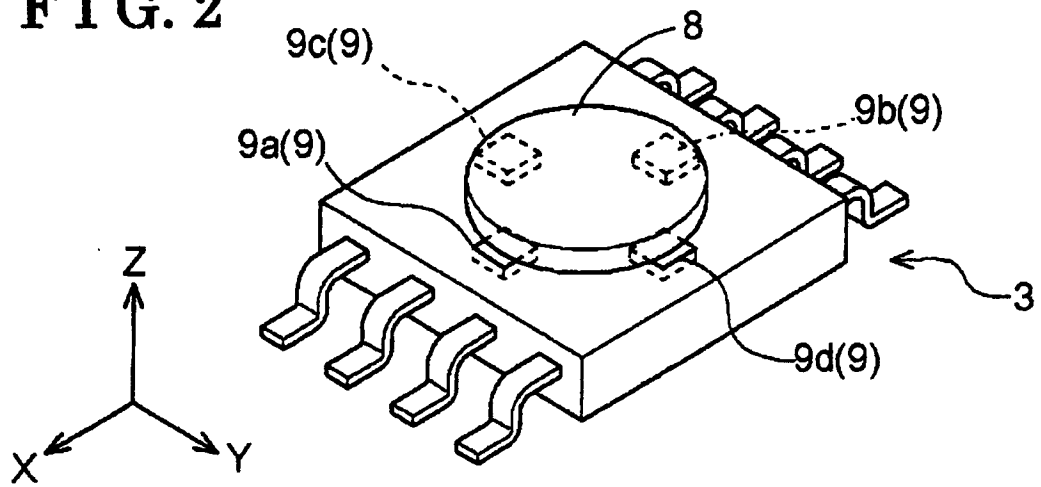
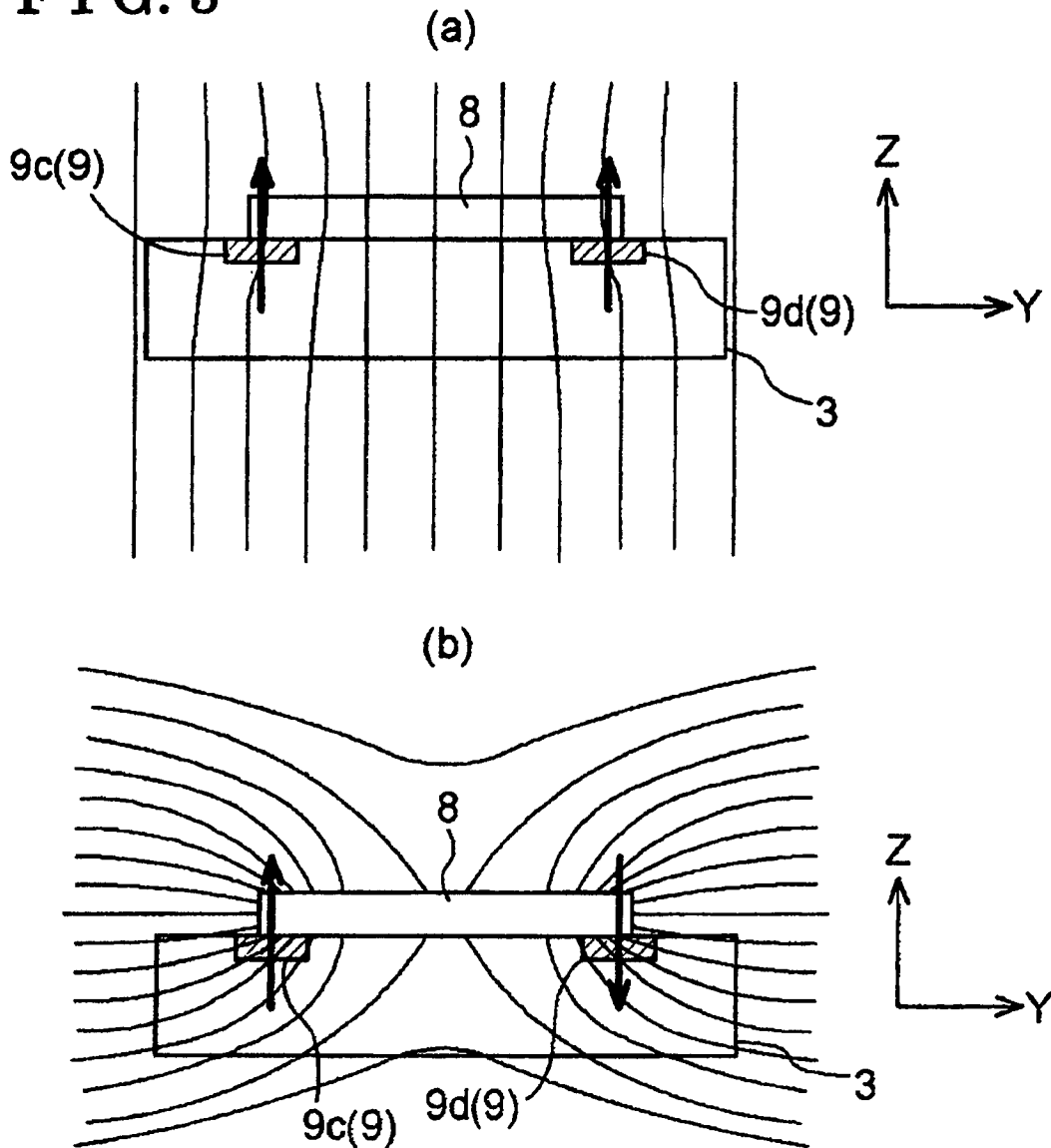


FIG. 3



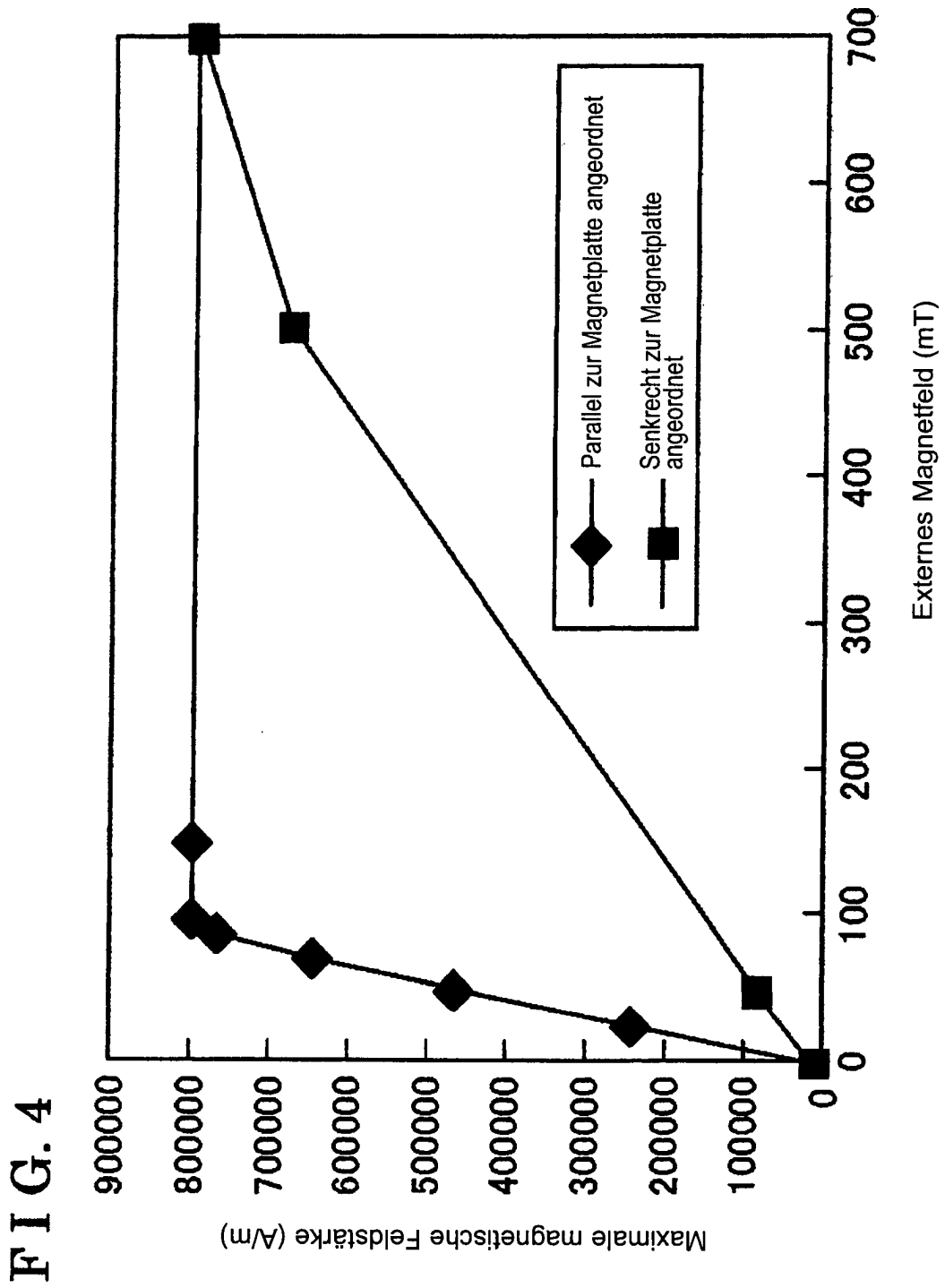


FIG. 5 A

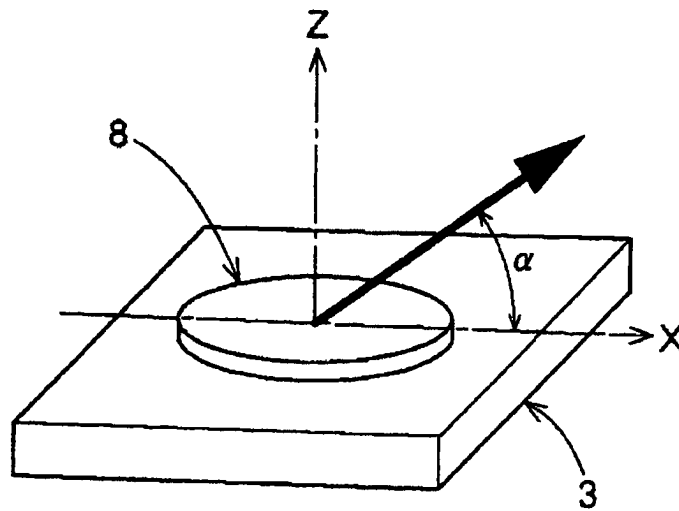


FIG. 5 B

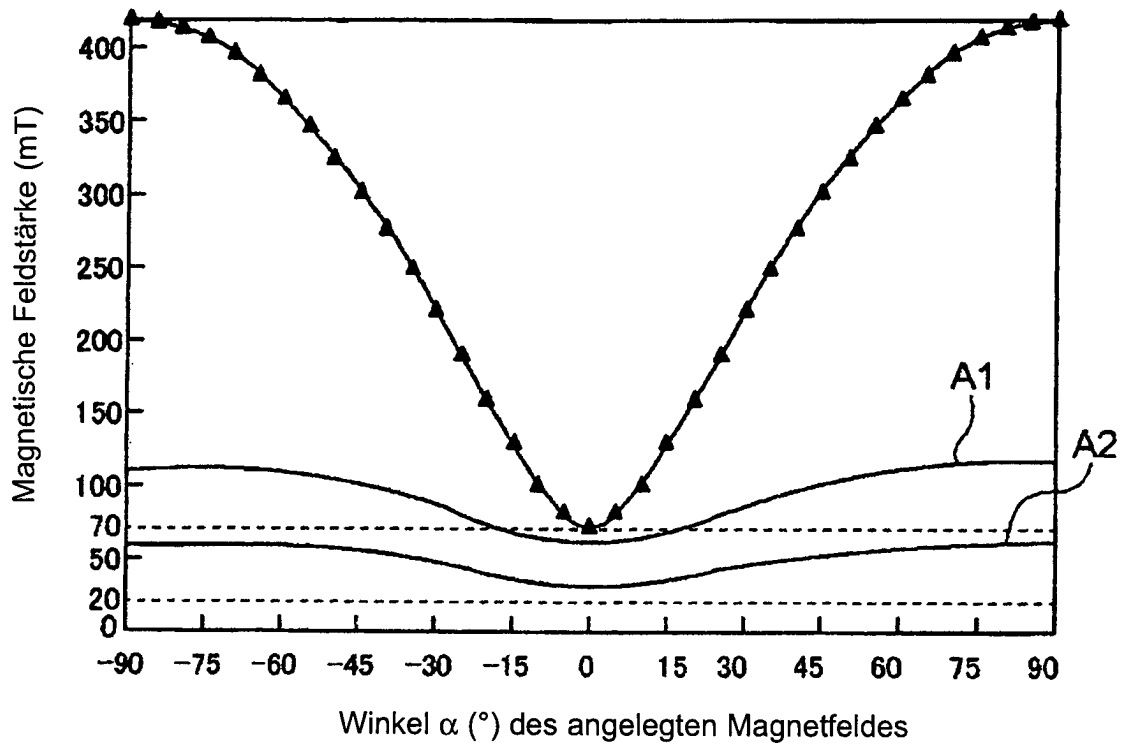


FIG. 6

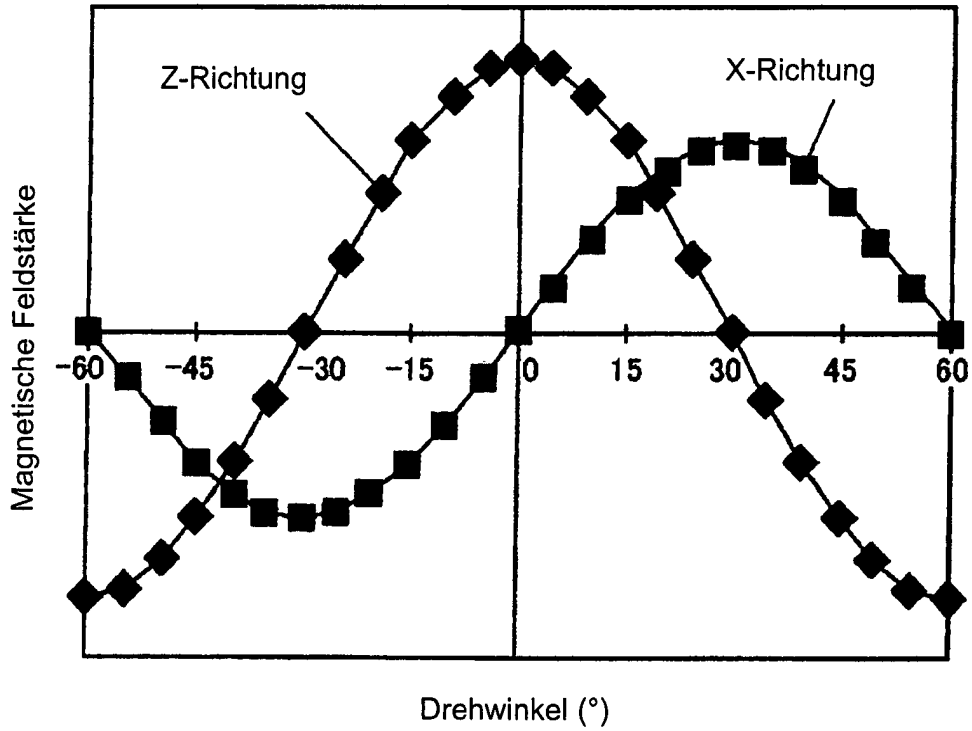


FIG. 7

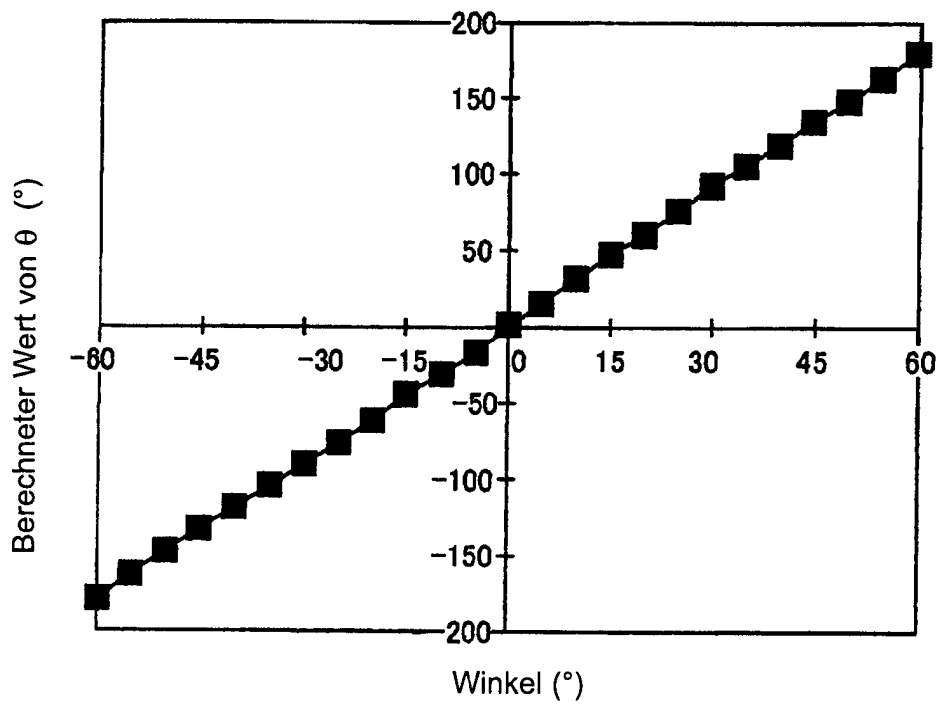


FIG. 8

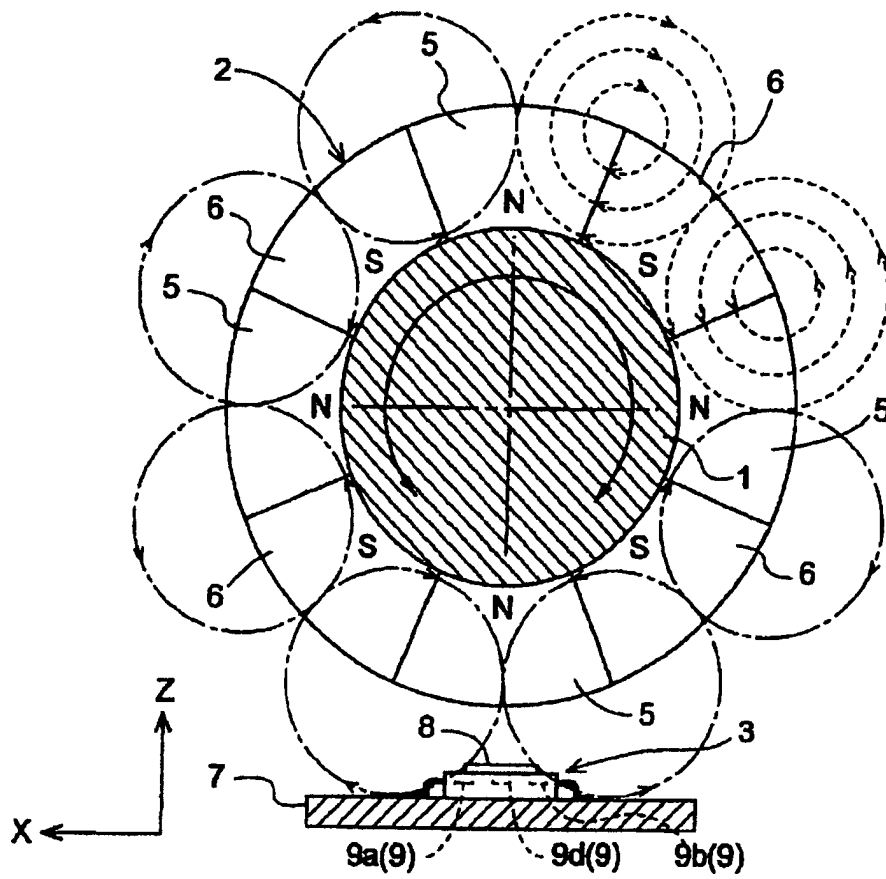


FIG. 9 A

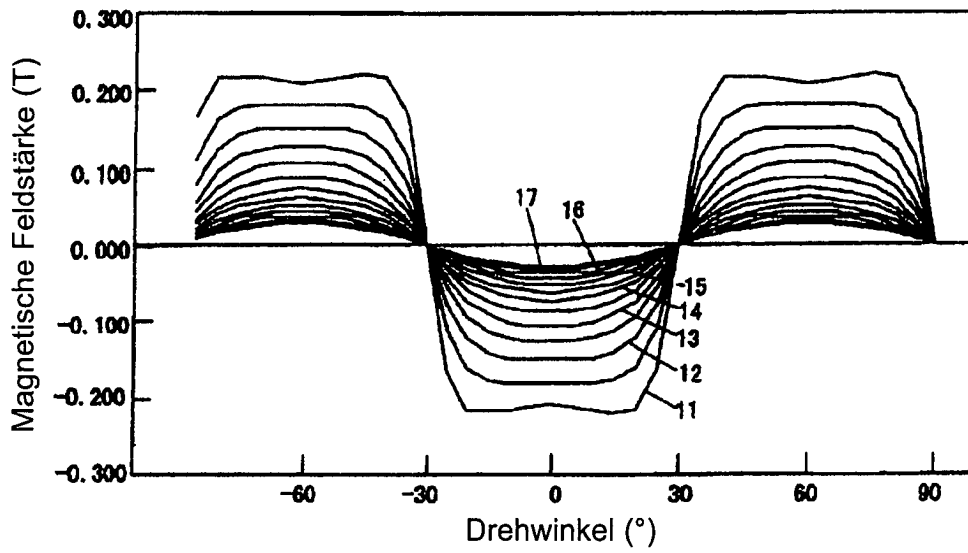


FIG. 9 B

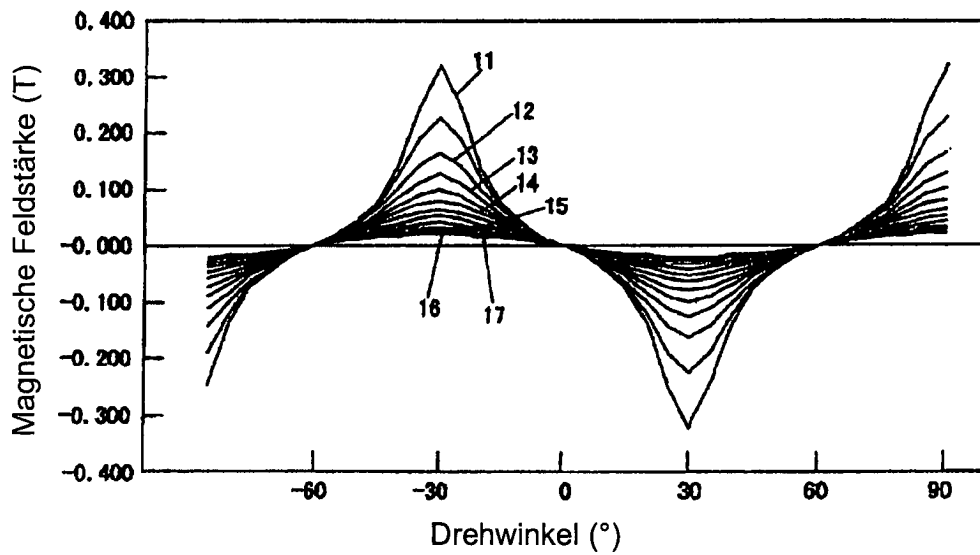


FIG. 10 A

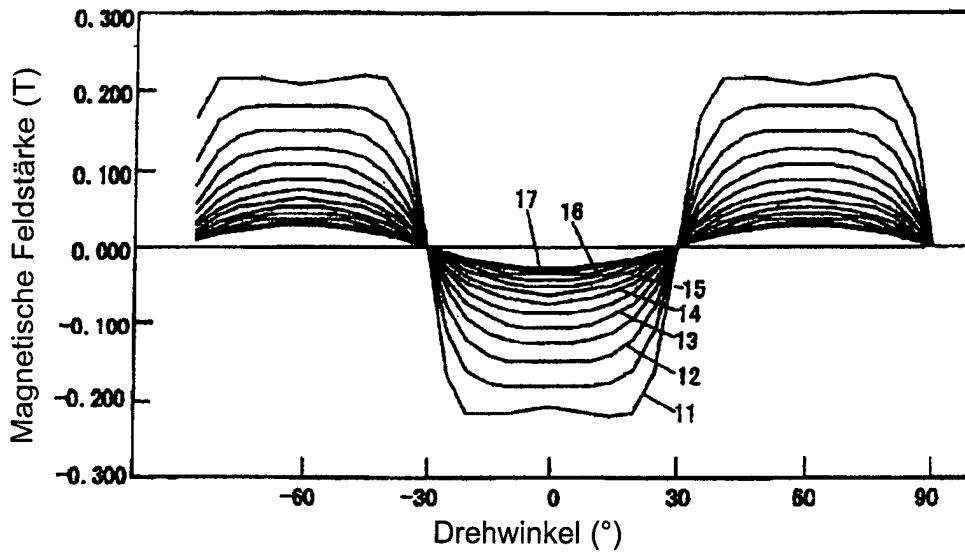


FIG. 10 B

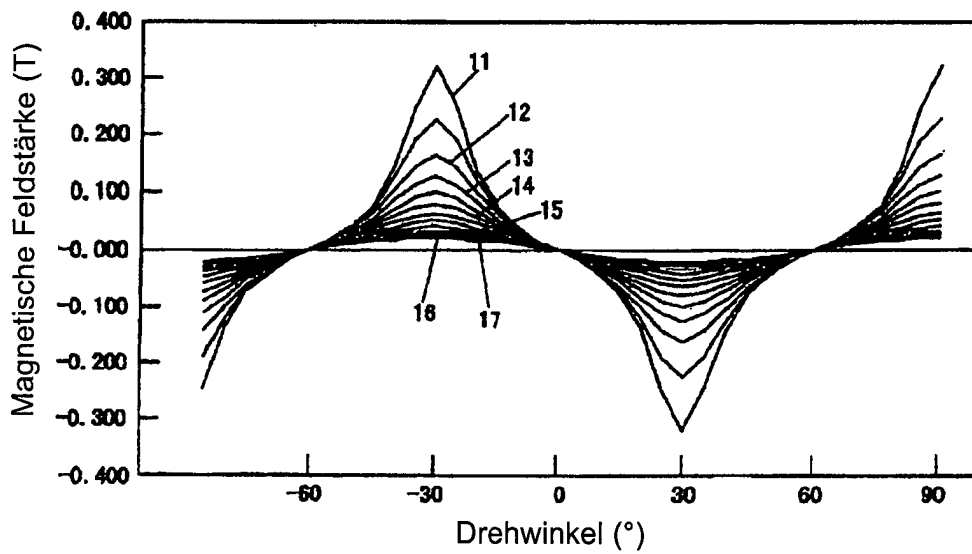


FIG. 11 A

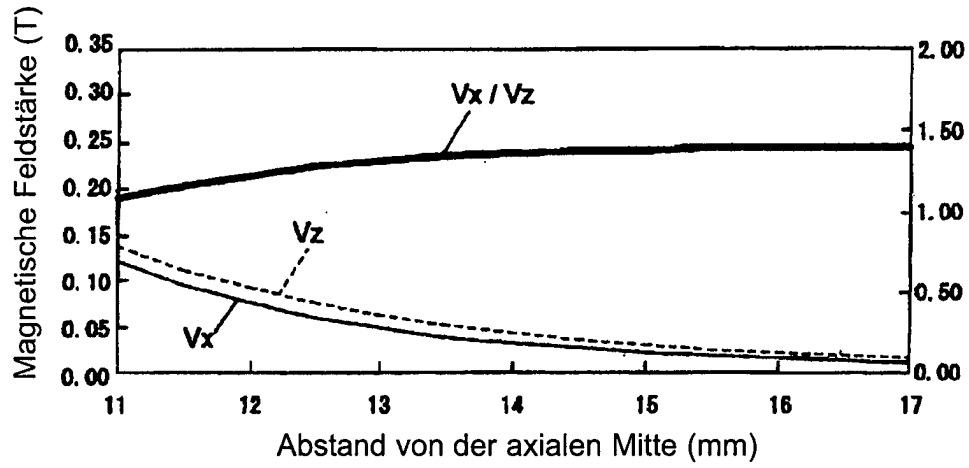


FIG. 11 B

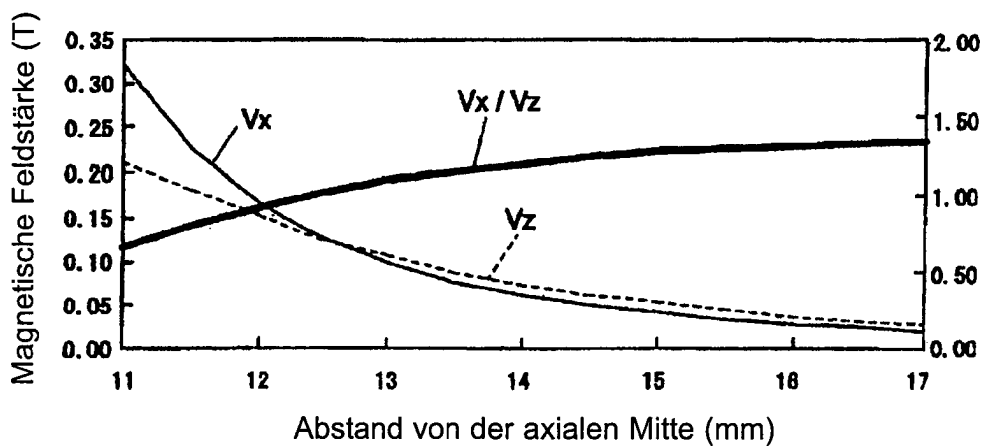


FIG. 12 A

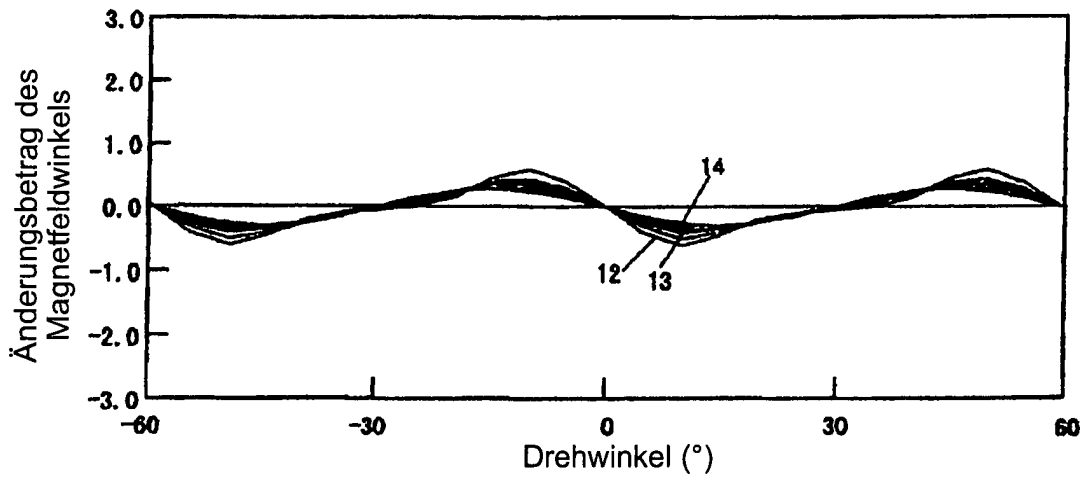


FIG. 12 B

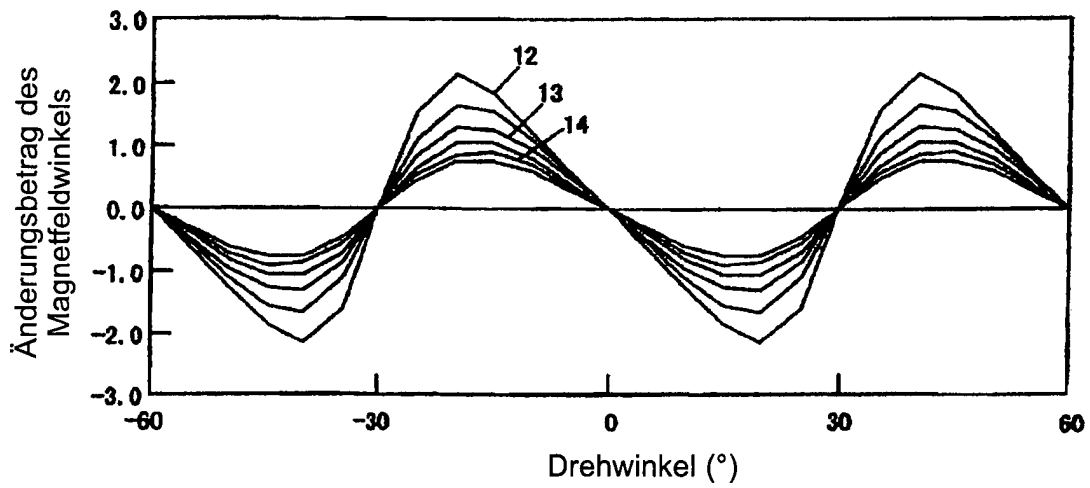


FIG. 13

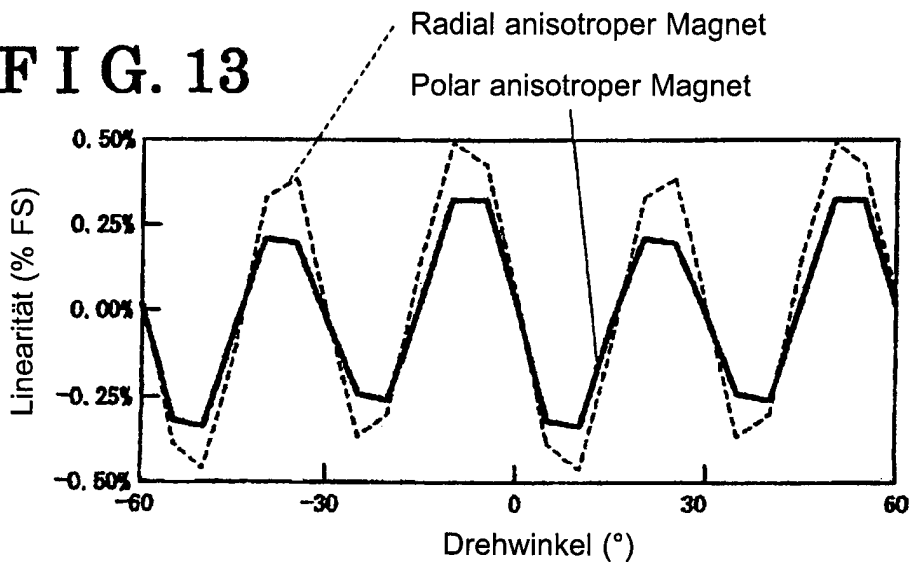


FIG. 14

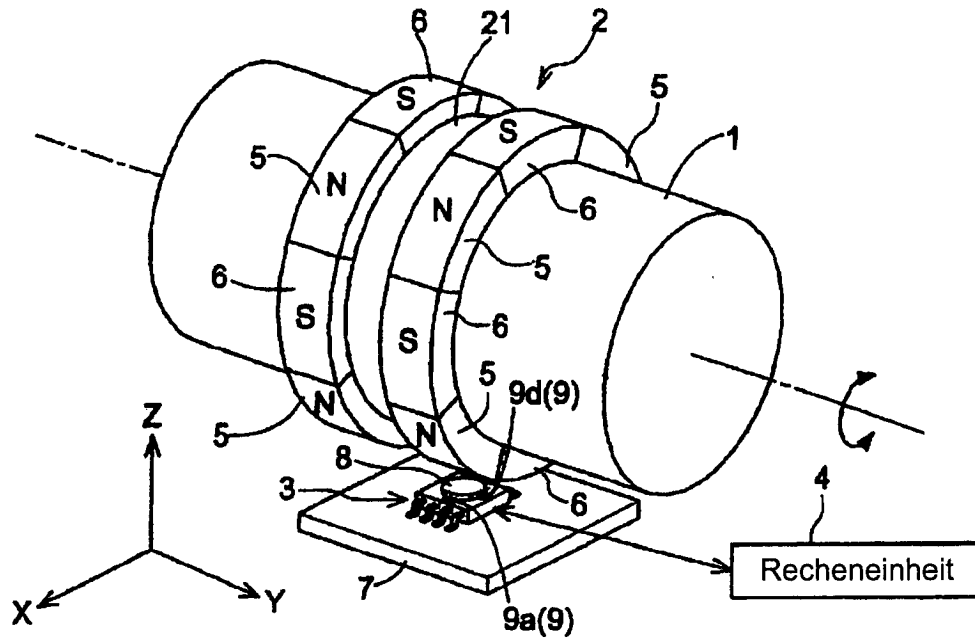


FIG. 15 A

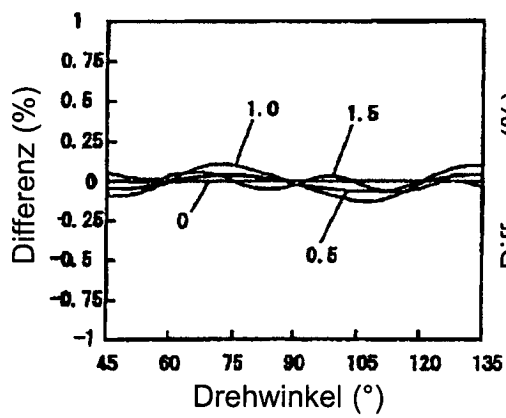


FIG. 15 B

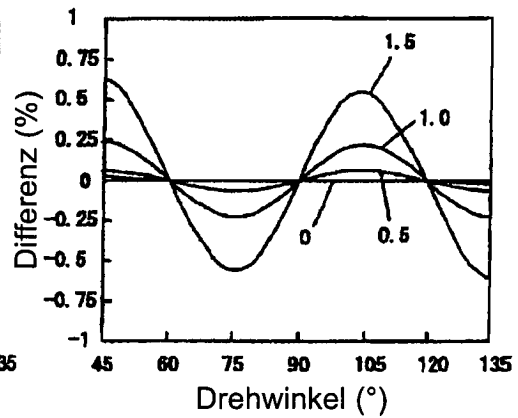


FIG. 16

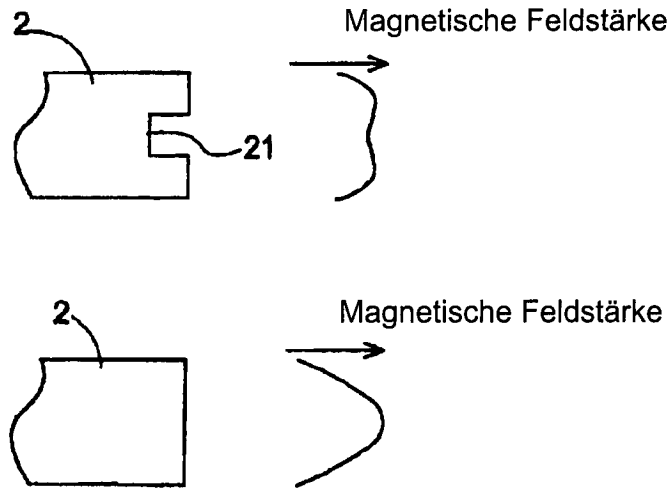


FIG. 17 A

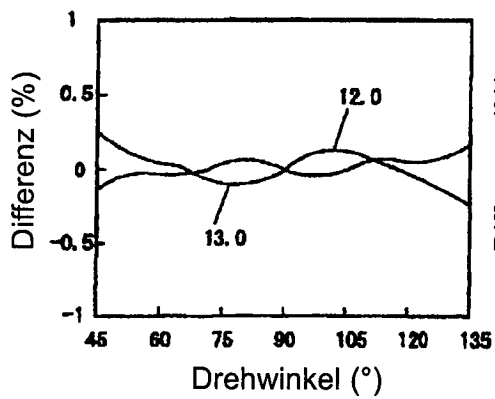


FIG. 17 B

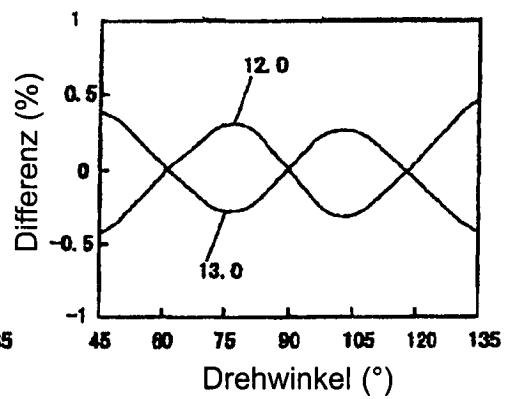


FIG. 18 A

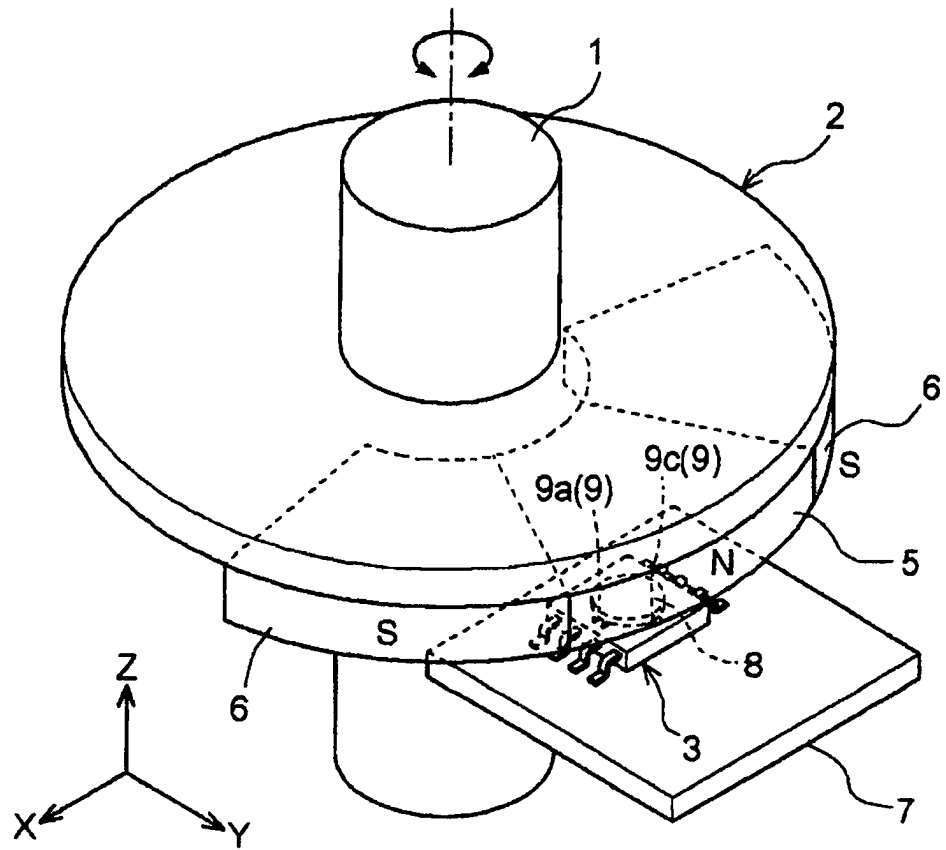


FIG. 18 B

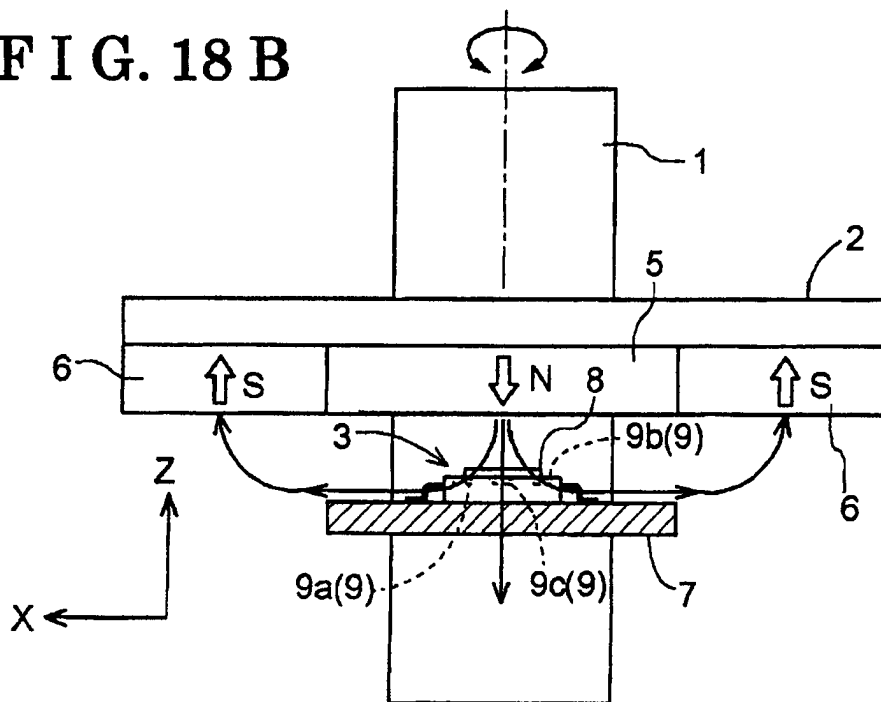


FIG. 19 A STAND DER TECHNIK

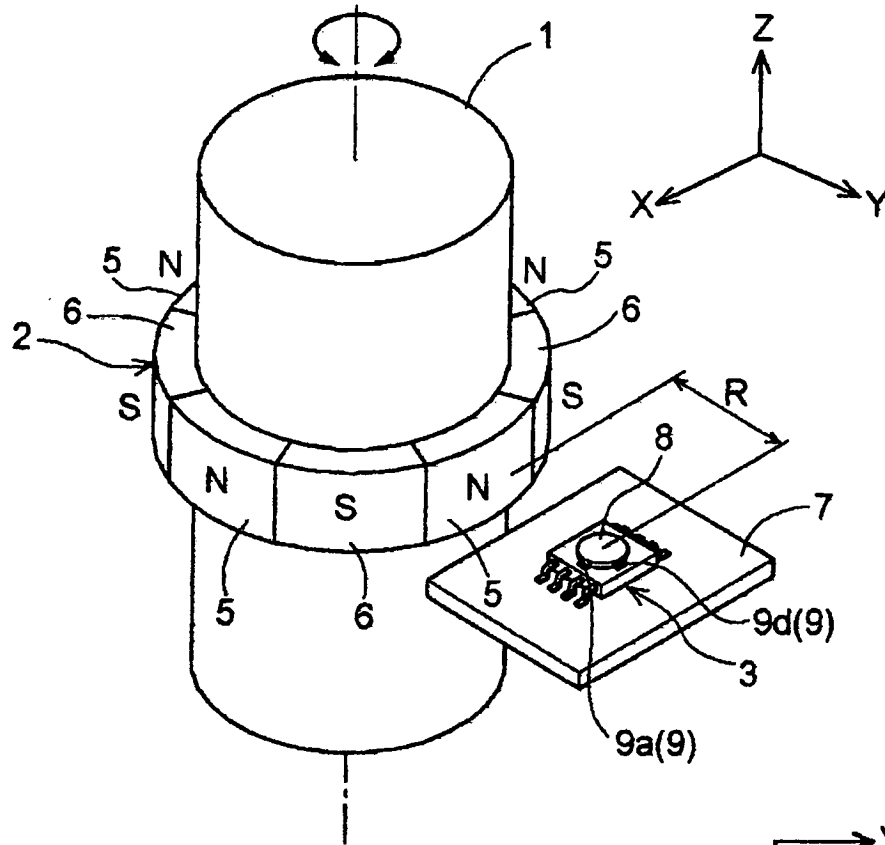


FIG. 19 B STAND DER TECHNIK

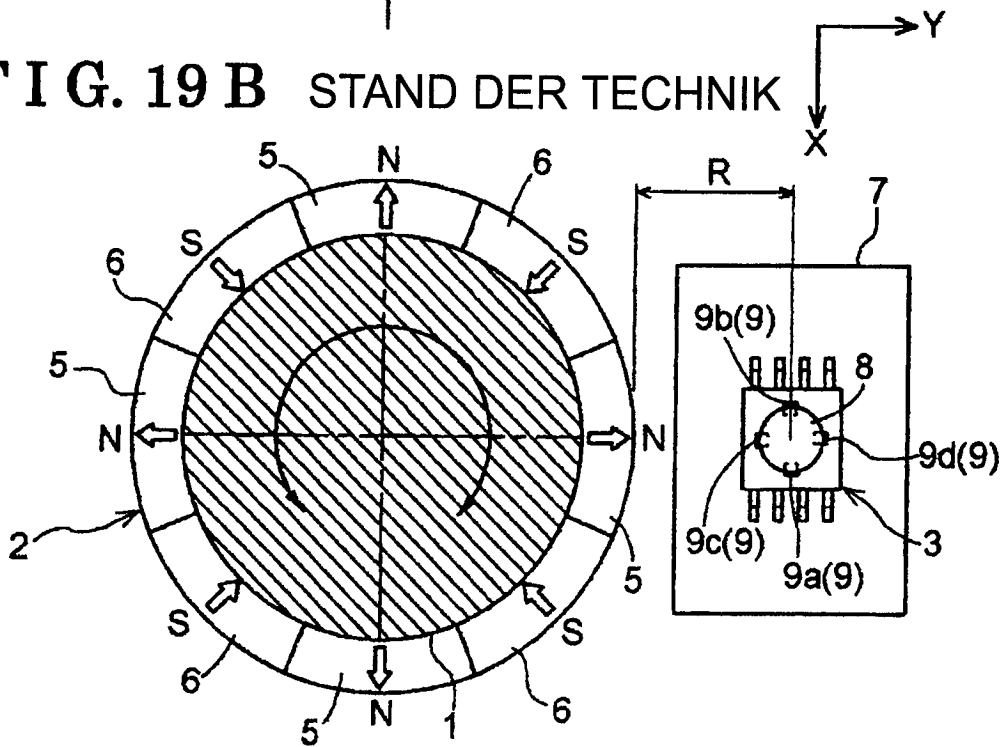


FIG. 20

