(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2018 123 772 A1** 2019.05.02

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 123 772.3**
(22) Anmeldetag: **26.09.2018**
(43) Offenlegungstag: **02.05.2019**

(51) Int Cl.: ***G01B 7/004*** (2006.01)
G01D 5/16 (2006.01)
G01R 33/09 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2017-210918 31.10.2017 JP

(71) Anmelder:
TDK CORPORATION, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80639 München, DE

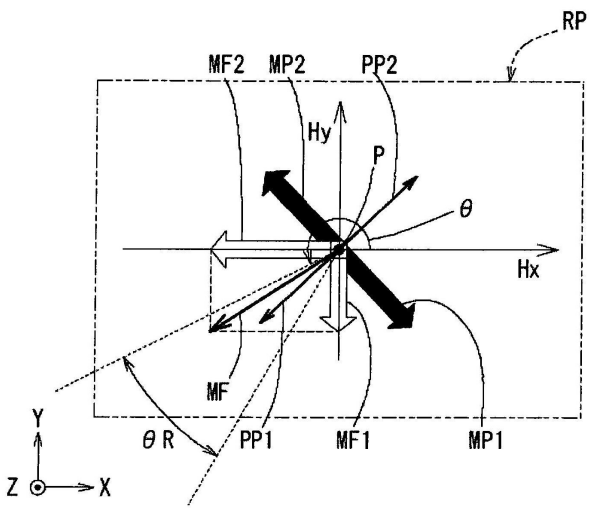
(72) Erfinder:
Uchida, Keisuke, Tokyo, JP; Umehara, Tsuyoshi, Tokyo, JP; Suto, Toshihide, Tokyo, JP; Hirabayashi, Hiraku, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Magnetsensor und Positionsdetektionsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Positionsdetektionsvorrichtung umfasst eine erste Magnetfelderzeugungseinheit zur Erzeugung eines ersten Magnetfelds, eine zweite Magnetfelderzeugungseinheit zur Erzeugung eines zweiten Magnetfelds, und einen Magnetsensor. Die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit ist variabel. Der Magnetsensor detektiert die Richtung eines Zielmagnetfelds an einer Detektionsposition in einer Referenzebene. Das Zielmagnetfeld ist ein zusammengesetztes Magnetfeld aus ersten und zweiten Magnetfeldkomponenten, die entsprechende Komponenten von ersten und zweiten Magnetfeldern parallel zu der Referenzebene sind. Der Magnetsensor umfasst ein magnetoresistives Element mit einer freien Schicht und einer Schicht mit festgelegter Magnetisierung. In der Referenzebene unterscheiden sich zwei Richtungen orthogonal zu der Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung jeweils von sowohl der Richtung der ersten als auch der zweiten Magnetfeldkomponente.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Magnetsensor und eine den Magnetsensor verwendende Positionsdetektionsvorrichtung.

Beschreibung der verwandten Technik

[0002] Positionsdetektionsvorrichtungen, die Magnetsensoren verwenden, wurden für verschiedene Anwendungen eingesetzt. Die Positionsdetektionsvorrichtungen, bei denen Magnetsensoren zum Einsatz kommen, werden nachfolgend als Magnet-Positionsdetektionsvorrichtungen bezeichnet. Beispielsweise werden die Magnet-Positionsdetektionsvorrichtungen zur Detektion einer Linsenposition in einem Kameramodul mit einem in einem Smartphone integriertem Autofokusmechanismus verwendet.

[0003] US 2016/0231528 A1 offenbart eine Technik zum Detektieren eines zusammengesetzten Vektors mit einem Positionssensor in einem Autofokusmechanismus, bei dem eine Linse bewegbar an ein Substrat gekoppelt ist. Der zusammengesetzte Vektor wird durch Interaktion zwischen einem ersten Magnetfeld, das in einer ersten Richtung eine konstante Stärke hat, und einem zweiten Magnetfeld in einer zweiten Richtung erzeugt, das durch einen sich mit der Linse bewegenden Magnet entsteht. Die zweite Richtung ist orthogonal zur ersten Richtung. Gemäß dieser Technik variiert die Stärke des zweiten Magnetfelds abhängig von der Linsenposition, und im Ergebnis variiert ebenfalls der Winkel, den der zusammengesetzte Vektor mit der zweiten Richtung bildet und der nachfolgend als zusammengesetzter Vektorwinkel bezeichnet wird.

[0004] DE 102006035661 A1 offenbart eine Magnetfelddetektionsvorrichtung, bei der ein magnetoresistives Element mit einer Spin-Valve-Struktur zum Einsatz kommt. Diese Vorrichtung weist eine Vorspann-Einheit zum Anlegen eines Vormagnetisierungsfelds an das magnetoresistive Element auf, um die Charakteristik eines Widerstandswerts des magnetoresistiven Elements gegenüber einem externen Magnetfeld zu ändern.

[0005] JP 2016-223894A offenbart einen Magnetsensor, der ein rechteckiges Substrat umfasst, und ein erstes und ein zweites magnetoresistives Element, die auf dem Substrat gebildet und miteinander verbunden sind. Ein Strompfad des ersten magnetoresistiven Elements ist in einer ersten Richtung gebildet, die mit einer Seite des Substrats einen vorgegebenen Winkel bildet. Ein Strompfad des zweiten magnetoresistiven Elements ist in einer zweiten Richtung orthogonal zur ersten Richtung gebildet.

[0006] Gemäß der in US 2016/0231528 A1 offenbarten Technik ist es möglich, die Linsenposition durch Detektieren des zusammengesetzten Vektorwinkels zu detektieren.

[0007] Wie in DE102006035661 A1 beschrieben, ist das magnetoresistive Element mit der Spin-Valve-Struktur nicht in der Lage, ein Magnetfeld korrekt ohne Zuhilfenahme eines linearen Kennlinienbereichs des magnetoresistiven Elements zu detektieren. In einem Funktionsdiagram, das die Beziehung zwischen einem an das magnetoresistive Element angelegten Magnetfeld und einem Widerstandswert des magnetoresistiven Elements darstellt, bezeichnet der lineare Kennlinienbereich eines magnetoresistiven Elements einen Bereich, in dem der Widerstandswert des magnetoresistiven Elements linear oder im Wesentlichen linear gegenüber Änderungen in dem angelegten Magnetfeld variiert. DE 102006035661 A1 beschreibt eine Technologie zum Variieren der Charakteristik des Widerstandswerts des magnetoresistiven Elements gegenüber einem externen Magnetfeld durch Anlegen eines Vormagnetisierungsfelds an das magnetoresistive Element.

[0008] Nun soll von einer Positionsdetektionsvorrichtung zum Detektieren der Position eines Zielobjekts, wie etwa einer Linse, durch Detektieren des zusammengesetzten Vektorwinkels ausgegangen werden, wie beispielsweise in US 2016/0231528 A1 beschrieben, bei der ein Magnetsensor mit einem magnetoresistiven Element zum Einsatz kommt. Für eine derartige Positionsdetektionsvorrichtung wird der variable Bereich des zusammengesetzten Vektorwinkels gemäß dem bewegbaren Bereich des Zielobjekts bestimmt. Herkömmlich wurde der Verbesserung der Detektionsgenauigkeit des Magnetsensors mit einem magnetoresistiven Element in dem variablen Bereich des zusammengesetzten Vektorwinkels keine Aufmerksamkeit beigemessen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Positionsdetektionsvorrichtung anzugeben, die einen Magnetsensor verwendet und in der Lage ist, eine Positionsdetektion mit hoher Genauigkeit durchzuführen, und einen Magnetsensor anzugeben, der zur Verwendung in der Positionsdetektionsvorrichtung geeignet ist.

[0010] Eine Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung weist eine erste Magnetfelderzeugungseinheit zur Erzeugung eines ersten Magnetfelds, eine zweite Magnetfelderzeugungseinheit zur Erzeugung eines zweiten Magnetfelds, und einen Magnetsensor auf. Die zweite Magnetfelderzeu-

gungseinheit ist derart vorgesehen, dass ihre Position relativ zur ersten Magnetfelderzeugungseinheit variabel ist. Der Magnetsensor erzeugt ein Detektionssignal, das der Richtung eines Detektionsziel-Magnetfelds an einer Detektionsposition in einer Referenzebene entspricht.

[0011] Der Magnetsensor weist zumindest ein magnetoresistives Element auf. Das zumindest eine magnetoresistive Element weist eine Schicht mit festgelegter Magnetisierung mit einer Magnetisierung, deren Richtung festgelegt ist, und eine freie Schicht mit einer Magnetisierung, deren Richtung gemäß der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds variabel ist, auf. Die Referenzebene ist eine Ebene, die die Richtung der Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung und die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthält.

[0012] Wenn die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit relativ zur ersten Magnetfelderzeugungseinheit variiert, variiert die Stärke einer zweiten Magnetfeldkomponente, wohingegen weder die Stärke noch die Richtung einer ersten Magnetfeldkomponente noch die Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente variieren, wobei die erste Magnetfeldkomponente eine Komponente des ersten Magnetfelds an der Detektionsposition ist, wobei die Komponente des ersten Magnetfelds parallel zur Referenzebene ist, und die zweite Magnetfeldkomponente eine Komponente des zweiten Magnetfelds an der Detektionsposition ist, wobei die Komponente des zweiten Magnetfelds parallel zur Referenzebene ist. Das Detektionsziel-Magnetfeld ist ein zusammengesetztes Magnetfeld aus der ersten Magnetfeldkomponente und der zweiten Magnetfeldkomponente. In der Referenzebene unterscheidet sich jede der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente.

[0013] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann die Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente orthogonal zur Richtung der ersten Magnetfeldkomponente sein.

[0014] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann eine Variation in der Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit relativ zur ersten Magnetfelderzeugungseinheit den Abstand zwischen der Detektionsposition und der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit variieren.

[0015] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann eine der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, in einem variablen Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthalten sein, wobei der variable Bereich einem bewegbaren Bereich der Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit entspricht. In diesem Fall kann die eine der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, die gleiche sein wie eine Richtung in der Mitte des variablen Bereichs der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds. Wenn die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit in der Mitte des bewegbaren Bereichs der Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit relative zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit ist, kann die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds die gleiche sein wie die eine der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind.

[0016] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann die erste Magnetfelderzeugungseinheit zwei Magnete aufweisen, die an unterschiedlichen Positionen angeordnet sind. In diesem Fall kann das erste Magnetfeld ein Verbund aus zwei Magnetfeldern sein, die jeweils durch die beiden Magnete erzeugt werden.

[0017] Die Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann ferner ein erstes Halteelement zum Halten der ersten Magnetfelderzeugungseinheit und ein zweites Halteelement zum Halten der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit aufweisen, wobei das zweite Halteelement derart vorgesehen ist, dass seine Position in einer Richtung relativ zu dem ersten Halteelement variabel ist. In diesem Fall kann das zweite Halteelement zum Halten einer Linse eingerichtet sein und kann derart vorgesehen sein, dass seine Position in Richtung einer optischen Achse der Linse relativ zu dem ersten Halteelement variabel ist.

[0018] Ein Magnetsensor der vorliegenden Erfindung ist eingerichtet, an einer Detektionsposition in einer Referenzebene ein Detektionssignal zu erzeugen, das der Richtung eines Detektionsziel-Magnetfelds entspricht, das innerhalb eines variablen Bereichs von unter 180° in der Referenzebene variiert. Der Magnetsensor der vorliegenden Erfindung weist mindestens ein magnetoresistives Element auf. Das zumindest eine magnetoresistive Element weist eine Schicht mit festgelegter Magnetisierung mit einer Magnetisierung, deren Richtung festgelegt ist, und eine freie Schicht mit einer Magnetisierung, deren Richtung gemäß der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds variabel ist, auf. Die Referenzebene ist eine Ebene, die die Richtung der Magnetisierung der Schicht festgelegter Magnetisierung und die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthält. Eine von zwei Richtungen, die orthogonal zur Richtung der Magnetisierung der Schicht sind, mit festgelegter

Magnetisierung ist in dem variablen Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthalten.

[0019] Bei dem Magnetsensor der vorliegenden Erfindung kann die eine der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, die gleiche sein wie eine Richtung in der Mitte des variablen Bereichs der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds. Der variable Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds kann unter 90° liegen.

[0020] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung und dem Magnetsensor der vorliegenden Erfindung kann das zumindest eine magnetoresistive Element zumindest ein erstes magnetoresistives Element und zumindest ein zweites magnetoresistives Element sein. Der Magnetsensor kann ferner einen Versorgungsanschluss, der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit einer Masse verbundenen Massenanschluss, und einen Ausgangsanschluss aufweisen. In diesem Fall ist das zumindest eine erste magnetoresistive Element zwischen dem Stromversorgungsanschluss und dem Ausgangsanschluss vorgesehen. Das zumindest eine zweite magnetoresistive Element ist zwischen dem Ausgangsanschluss und dem Masseanschluss vorgesehen. Die Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen ersten magnetoresistivem Elements liegt in einer ersten Richtung. Die Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen zweiten magnetoresistiven Elements liegt in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung. Das Detektionssignal ist abhängig von einem elektrischen Potential an dem Ausgangsanschluss.

[0021] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung und dem Magnetsensor der vorliegenden Erfindung kann das zumindest eine magnetoresistive Element zumindest ein erstes magnetoresistives Element, zumindest ein zweites magnetoresistives Element, zumindest ein drittes magnetoresistives Element und zumindest ein viertes magnetoresistives Element sein. Der Magnetsensor kann ferner einen Versorgungsanschluss, der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit einer Masse verbundenen Masseanschluss, einen ersten Ausgangsanschluss, und einen zweiten Ausgangsanschluss aufweisen. In diesem Fall ist das zumindest eine erste magnetoresistive Element zwischen dem Stromversorgungsanschluss und dem ersten Ausgangsanschluss vorgesehen. Das zumindest eine zweite magnetoresistive Element ist zwischen dem ersten Ausgangsanschluss und dem Masseanschluss vorgesehen. Das zumindest eine dritte magnetoresistive Element ist zwischen dem Stromversorgungsanschluss und dem zweiten Ausgangsanschluss vorgesehen. Das zumindest eine vierte magnetoresistive Element ist zwischen dem zweiten Ausgangsanschluss und dem Masseanschluss vorgesehen.

[0022] Die Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen ersten magnetoresistiven Elements und die Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen vierten magnetoresistiven Elements liegen in einer ersten Richtung. Die Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen zweiten magnetoresistiven Elements und die Magnetisierung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen dritten magnetoresistiven Elements liegen in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung. Das Detektionssignal ist abhängig von einer Potentialdifferenz zwischen dem ersten Ausgangsanschlusses und dem zweiten Ausgangsanschluss.

[0023] Gemäß der Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente als auch der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente und liegt zwischen diesen Richtungen. Gemäß der Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich in der Referenzebene jede der zwei Richtungen, die orthogonal zu der Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente als auch der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente. Es ist somit für die Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung möglich, eine der beiden Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, nahe an den oder innerhalb des variablen Bereichs der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds zu bringen. Dies ermöglicht eine Verbesserung der Detektionsgenauigkeit von zumindest einem magnetoresistivem Element in dem variablen Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds. Die Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung ist somit in der Lage, eine Positionsdetektion mit hoher Genauigkeit durchzuführen.

[0024] Gemäß dem Magnetsensor der vorliegenden Erfindung ist eine der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung sind, in dem variablen Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthalten, der unter 180° liegt. Dies ermöglicht es dem Magnetsensor der vorliegenden Erfindung, die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds mit hoher Genauigkeit zu detektieren.

[0025] Andere und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung besser ersichtlich.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Kameramoduls mit einer Positionsdetektionsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2 veranschaulicht eine schematische Innenansicht des Kameramoduls aus **Fig. 1**.

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht der Positionsdetektionsvorrichtung und einer Antriebsvorrichtung gemäß der Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer Vielzahl von Spulen der Antriebsvorrichtung aus **Fig. 1**.

Fig. 5 ist eine Seitenansicht, die die wesentlichen Teile der Antriebsvorrichtung aus **Fig. 1** veranschaulicht.

Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht, die die wesentlichen Teile der Positionsdetektionsvorrichtung gemäß der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 7 ist ein Schaltbild, das die Konfiguration eines Magnetsensors der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht eines Teils eines Widerstandsabschnitts aus **Fig. 7**.

Fig. 9 ist ein Erläuterungsschaubild, das die Magnetisierungsrichtung einer Schicht mit festgelegter Magnetisierung und die Richtungen von ersten und zweiten Magnetfeldkomponenten in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 10 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen einer Relativposition **P12** und einem Zielwinkel in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 11 ist ein Erläuterungsschaubild, das die Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung und die Richtungen der ersten und zweiten Magnetfeldkomponenten in einem Vergleichsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 12 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen einem Winkel eines angelegten Magnetfelds und einem normalisierten Detektionssignal in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 13 ist ein Funktionsdiagramm, das Variationen in dem normalisierten Detektionssignal mit variierender Temperatur in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 14 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 15 ist ein Funktionsdiagramm, das Variationen in dem normalisierten Detektionssignal mit variierender Temperatur in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 16 ist ein Erläuterungsschaubild, das einen Linearitätsparameter in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 17 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel mit dem normalisierten Detektionssignal in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 18 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel mit dem Linearitätsparameter in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 19 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel mit dem normalisierten Detektionssignal in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 20 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel mit dem Linearitätsparameters in der Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0026] Es wird nun eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Zunächst erfolgt eine Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 2**, um die Ausgestaltung eines Kameramoduls mit einer Positionsdetektionsvorrichtung gemäß der Ausführungsform der Erfindung zu beschreiben. **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht des Kameramoduls **100**. **Fig. 2** ist eine schematische Innenansicht des Kameramoduls **100**. Zum besseren Verständnis sind in **Fig. 2** die Teile des Kameramoduls **100** in einem anderen Maßstab und mit einem anderen Layout dargestellt als jene in **Fig. 1**. Das Kameramodul **100** stellt beispielsweise einen Teil einer Kamera für ein Smartphone mit einem optischen Bildstabilisierungsmechanismus und einem Autofokusmechanismus dar, und wird in Kombination mit einem Bildsensor **200** genutzt, bei dem CMOS oder andere ähnliche Techniken zum Einsatz kommen.

[0027] Das Kameramodul **100** weist eine Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform, und eine Antriebsvorrichtung **3**, eine Linse **5**, ein Gehäuse **6** und ein Substrat **7** auf. Die Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungs-

form ist eine Magnetpositionsdetektionsvorrichtung, und wird verwendet, um die Position der Linse **5** während der automatischen Fokussierung zu detektieren. Die Antriebsvorrichtung **3** dient zum Bewegen der Linse **5**. Das Gehäuse **6** dient dem Schutz der Detektionsvorrichtung **1** und der Antriebsvorrichtung **3**. Das Substrat **7** hat eine Oberseite **7a**. In **Fig. 1** entfällt die Darstellung des Substrats **7**, und in **Fig. 2** entfällt die Darstellung des Gehäuses **6**.

[0028] Wir definieren nun die U-,V-, und Z-Richtungen wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt. Die U-, V-, und Z-Richtungen sind zueinander orthogonal. Bei der Ausführungsform ist die Z-Richtung eine zur Oberseite **7a** des Substrats **7** senkrechte Richtung. In **Fig. 2** ist die Z-Richtung die Richtung nach oben. Die U- und V-Richtungen sind beide parallel zur Oberseite **7a** des Substrats **7**. Die zu den U-, V-, und Z-Richtungen entgegengesetzten Richtungen werden jeweils als die -U-, -V-, und -Z-Richtung bezeichnet. Wenn vorliegend verwendet, bezieht sich der Begriff „über" bzw. „oberhalb" auf Positionen, die sich in Z-Richtung vor einer Referenzposition befinden, und „unter" bzw. „unterhalb" bezieht sich auf Positionen, die auf einer Seite der Referenzposition gegenüberliegend von „über" bzw. „oberhalb" liegen.

[0029] Die Linse **5** ist oberhalb der Oberseite **7a** des Substrats **7** in einer Ausrichtung derart angeordnet, dass die Richtung ihrer optischen Achse parallel zur Z-Richtung ist. Das Substrat **7** hat eine Öffnung (nicht dargestellt) für den Durchtritt von Licht, das durch die Linse **5** gelangt ist. Wie in **Fig. 2** gezeigt ist das Kameramodul **100** mit dem Bildsensor **200** ausgerichtet, so dass Licht, das durch die Linse **5** und die nicht dargestellte Öffnung gelangt ist, in den Bildsensor **200** gelangen wird.

[0030] Die Positionsdetektionsvorrichtung **1** und die Antriebsvorrichtung **3** gemäß der Ausführungsform werden nun ausführlich unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis **Fig. 5** beschrieben. **Fig. 3** ist eine perspektivische Ansicht der Positionsdetektionsvorrichtung **1** und der Antriebsvorrichtung **3**. **Fig. 4** ist eine perspektivische Ansicht einer Vielzahl von Spulen der Antriebsvorrichtung **3**. **Fig. 5** ist eine Seitenansicht, die die wesentlichen Teile der Antriebsvorrichtung **3** veranschaulicht.

[0031] Die Positionsdetektionsvorrichtung **1** weist ein erstes Halteelement **14**, ein zweites Halteelement **15**, eine Vielzahl erster Drähte **16** und eine Vielzahl zweiter Drähte **17** auf. Das zweite Halteelement **15** dient zum Halten der Linse **5**. Obgleich nicht dargestellt, hat das zweite Halteelement **15** die Form eines Hohlzylinders, so dass die Linse **5** in den Hohlraum eingesetzt werden kann.

[0032] Das zweite Halteelement **15** ist derart vorgesehen, dass seine Position in einer Richtung, konkret in der Richtung der optischen Achse der Linse **5**, d.h. in einer Richtung parallel zur Z-Achsenrichtung, relativ zu dem ersten Halteelement **14** variabel ist. In der Ausführungsform ist das erste Halteelement **14** wie ein Kasten geformt, so dass die Linse **5** und das zweite Halteelement **15** in diesem aufgenommen werden können. Die Vielzahl zweiter Drähte **17** verbinden das erste und das zweite Halteelement **14** und **15** und lagern das zweite Halteelement **15** derart, dass das zweite Halteelement **15** in einer Richtung parallel zur Z-Richtung relativ zu dem ersten Halteelement **14** bewegbar ist.

[0033] Das erste Halteelement **14** ist oberhalb der Oberseite **7a** des Substrats **7** derart vorgesehen, dass seine Position relativ zu dem Substrat **7** in einer Richtung parallel zur U-Richtung und in einer Richtung parallel zur V-Richtung variabel ist. Die Vielzahl erster Drähte **16** verbindet das Substrat **7** und das erste Halteelement **14** und lagert das erste Halteelement **14** derart, dass das erste Halteelement **14** relativ zu dem Substrat **7** in einer Richtung parallel zur U-Richtung und in einer Richtung parallel zur V-Richtung bewegbar ist.

[0034] Variiert die Position des ersten Halteelements **14** relativ zu dem Substrat **7**, so variiert die Position des zweiten Haltelements **15** relativ zu dem Substrat **7** ebenfalls.

[0035] Die Antriebsvorrichtung **3** weist Magnete **31A**, **31B**, **32A**, **32B**, **33A**, **33B**, **34A** und **34B** sowie Spulen **41**, **42**, **43**, **44**, **45** und **46** auf. Der Magnet **31A** befindet sich vor der Linse **5** in der -V-Richtung. Der Magnet **32A** befindet sich vor der Linse **5** in der V-Richtung. Der Magnet **33A** befindet sich vor der Linse **5** in der -U-Richtung. Der Magnet **34A** befindet sich vor der Linse **5** in der U-Richtung. Die Magnete **31B**, **32B**, **33B** und **34B** befinden sich oberhalb der Magnete **31A**, **32A**, **33A** bzw. **34A**. Die Magnete **31A**, **31B**, **32A**, **32B**, **33A**, **33B**, **34A** und **34B** sind an dem ersten Halteelement **14** befestigt.

[0036] Wie in **Fig. 3** gezeigt haben die Magnete **31A**, **31B**, **32A** und **32B** jeweils die Form eines rechtwinkligen Festkörpers, der in der U-Richtung lang ist. Die Magnete **33A**, **33B**, **34A** und **34B** haben jeweils die Form eines rechtwinkligen Festkörpers, der in der V-Richtung lang ist. Die Magnete **31A** und **32B** sind in der V-Richtung magnetisiert. Die Magnete **31B** und **32A** sind in der -V-Richtung magnetisiert. Die Magnete **33A** und **34B** sind in der U-Richtung magnetisiert. Die Magnete **33B** und **34A** sind in der -U-Richtung magnetisiert. In **Fig. 5** geben die Pfeile, die innerhalb der Magnete **31A** und **31B** eingezeichnet sind, die Magnetisierungsrichtungen der Magnete **31A** und **31B** an.

[0037] Die Spule **41** befindet sich zwischen dem Magnet **31A** und dem Substrat **7**. Die Spule **42** befindet

sich zwischen dem Magnet **32A** und dem Substrat **7**. Die Spule **43** befindet sich zwischen Magnet **33A** und dem Substrat **7**. Die Spule **44** befindet sich zwischen dem Magnet **34A** und dem Substrat **7**. Die Spule **45** befindet sich zwischen der Line **5** und den Magneten **31A** und **31B**. Die Spule **46** befindet sich zwischen der Linse **5** und den Magneten **32A** und **32B**. Die Spulen **41**, **42**, **43** und **44** sind an dem Substrat **7** befestigt. Die Spulen **45** und **46** sind an dem zweiten Halteelement **15** befestigt.

[0038] Die Spule **41** ist hauptsächlich einem von dem Magnet **31A** erzeugten Magnetfeld ausgesetzt. Die Spule **42** ist hauptsächlich einem von dem Magnet **32A** erzeugten Magnetfeld ausgesetzt. Die Spule **43** ist hauptsächlich einem von dem Magnet **33A** erzeugten Magnetfeld ausgesetzt. Die Spule **44** ist hauptsächlich einem von dem Magnet **34A** erzeugten Magnetfeld ausgesetzt.

[0039] Wie in den **Fig. 2**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt, umfasst die Spule **45** einen ersten Leiterabschnitt **45A**, der sich entlang des Magnets **31A** in der U-Richtung erstreckt, einen zweiten Leiterabschnitt **45B**, der sich entlang des Magnets **31B** in der U-Richtung erstreckt, und zwei dritte Leiterabschnitte, die den ersten und den zweiten Leiterabschnitt **45A** und **45B** verbinden. Wie in den **Fig. 2** und **Fig. 4** gezeigt, umfasst die Spule **46** einen ersten Leiterabschnitt **46A**, der sich entlang des Magnets **32A** in der U-Richtung erstreckt, einen zweiten Leiterabschnitt **46B**, der sich entlang des Magnets **32B** in der U-Richtung erstreckt, und zwei dritte Leiterabschnitte, die den ersten und den zweiten Leiterabschnitt **46A** und **46** B verbinden.

[0040] Der erste Leiterabschnitt **45A** der Spule **45** ist hauptsächlich einer Komponente in V-Richtung des von dem Magnet **31A** erzeugten Magnetfelds ausgesetzt. Der zweite Leiterabschnitt **45B** der Spule **45** ist hauptsächlich einer Komponente in -V-Richtung des von dem Magnet **31B** erzeugten Magnetfelds ausgesetzt. Der erste Leiterabschnitt **46A** der Spule **46** ist hauptsächlich einer Komponente in der -V-Richtung des von dem Magnet **32A** erzeugten Magnetfelds ausgesetzt. Der zweite Leiterabschnitt **46B** der Spule **46** ist hauptsächlich einer Komponente in der V-Richtung des von dem Magnet **32B** erzeugten Magnetfelds ausgesetzt.

[0041] Die Positionsdetektionsvorrichtung **1** weist ferner eine erste Magnetfelderzeugungseinheit **11** zum Erzeugen eines ersten Magnetfelds, eine zweite Magnetfelderzeugungseinheit **12** zum Erzeugen eines zweiten Magnetfelds, und einen Magnetsensor **20** auf. In der Ausführungsform hat die erste Magnetfelderzeugungseinheit **11** zwei Magnete, die an unterschiedlichen Positionen angeordnet sind. Konkret hat in der Ausführungsform die erste Magnetfelderzeugungseinheit **11** die Magnete **31A** und **34A** als die zwei vorgenannten Magnete. Das erste Magnetfeld ist ein Verbund aus den von den Magneten **31A** und **34A** erzeugten Magnetfeldern. Wie oben erwähnt sind die Magnete **31A** und **34A** an dem ersten Halteelement **14** befestigt. Die erste Magnetfelderzeugungseinheit **11** wird somit von dem ersten Halteelement **14** gehalten.

[0042] Wie in **Fig. 3** gezeigt, hat der Magnet **31A** eine Endfläche 31A1, die sich am Ende des Magnets **31A** in U-Richtung befindet. Der Magnet **34A** hat eine Endfläche 34A1, die sich an dem Ende des Magnets **34A** in der -V-Richtung befindet.

[0043] Die zweite Magnetfelderzeugungseinheit **12** ist derart vorgesehen, dass ihre Position relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11** variabel ist. In der Ausführungsform weist die zweite Magnetfelderzeugungseinheit **12** einen Magnet **13** auf. Das zweite Magnetfeld ist ein Magnetfeld, das von dem Magnet **13** erzeugt wird. Der Magnet **13** hat die Form eines rechtwinkligen Festkörpers. Der Magnet **13** ist an dem zweiten Halteelement **15** in einem Raum nahe der Endfläche 31A1 des Magnets **31A** und der Endfläche 34A1 des Magnets **34A** befestigt. Somit wird die zweite Magnetfelderzeugungseinheit **12** von dem zweiten Halteelement **15** gehalten. Wenn die Position des zweiten Halteelements **15** relativ zu dem ersten Halteelement **14** in einer Richtung parallel zur Z-Richtung variiert, variiert auch die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11** in der Richtung parallel zur Z-Richtung.

[0044] Der Magnetsensor **20** umfasst zumindest ein magnetoresistives (MR) Element. Der Magnetsensor **20** detektiert ein Detektionsziel-Magnetfeld an einer Detektionsposition in einer Referenzebene und erzeugt ein Detektionssignal, das der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds entspricht. Das Detektionsziel-Magnetfeld wird nachfolgend als Zielmagnetfeld **MF** bezeichnet. Der Magnetsensor **20** ist an dem Substrat **7** in der Umgebung der Endfläche 31A1 des Magnets **31A** und der Endfläche 34A1 des Magnets **34A** befestigt. Der Abstand zwischen dem Magnet **31A** und dem Magnetsensor **20** ist gleich dem Abstand zwischen dem Magnet **34A** und dem Magnetsensor **20**. Der Magnet **13** befindet sich oberhalb des Magnetsensors **20**.

[0045] Die Detektionsposition ist eine Position, an der der Magnetsensor **20** das erste Magnetfeld und das zweite Magnetfeld detektiert. In der Ausführungsform ist die Referenzebene eine Ebene, die die Detektionsposition enthält und senkrecht zur Z-Achsen-Richtung ist. Wenn die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11** variiert, variiert der Abstand zwischen der Detektionsposition und der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12**.

[0046] Eine Komponente des ersten Magnetfelds an der Detektionsposition, wobei die Komponente parallel zur Referenzebene ist, wird als erste Magnetfeldkomponente **MF1** bezeichnet. Eine Komponente des zweiten Magnetfelds an der Detektionsposition, wobei die Komponente parallel zur Referenzebene ist, wird als zweite Magnetfeldkomponente **MF2** bezeichnet. Das Zielmagnetfeld **MF** ist ein Verbund aus der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** und der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**. Die erste und die zweite Magnetfeldkomponente **MF1** und **MF2** und das Zielmagnetfeld **MF** sind in den später zu beschreibenden **Fig. 6** und **Fig. 9** gezeigt.

[0047] Die Positionsbeziehungen zwischen der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11**, der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** und dem Magnetsensor **20** und die Ausgestaltung des Magnetsensors **20** werden später ausführlicher beschrieben.

[0048] Die Antriebsvorrichtung **3** weist ferner einen Magnetsensor **30**, der an der Innenseite von einer der Spulen **41** und **42** angeordnet ist und an dem Substrat **7** befestigt ist, und einen Magnetsensor **30** auf, der an der Innenseite von einer der Spulen **43** und **44** angeordnet und an dem Substrat **7** befestigt ist. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass die zwei Magnetsensoren **30** an den Innenseiten der Spule **41** bzw. **44** angeordnet sind. Wie später beschrieben wird, werden die zwei Magnetsensoren **30** verwendet, um die Positionen der Linse **5** zu verstellen, um den Effekt eines durch eine Hand herbeigeführten Kameraruckelns zu verringern.

[0049] Der an der Innenseite der Spule **41** angeordnete Magnetsensor **30** detektiert das von dem Magnet **31A** erzeugte Magnetfeld und erzeugt ein Signal entsprechend der Position des Magnets **31A**. Der an der Innenseite der Spule **44** angeordnete Magnetsensor **30** detektiert das durch den Magnet **34A** erzeugte Magnetfeld und erzeugt ein Signal entsprechend der Position des Magnets **34A**. Beispielsweise sind die Magnetsensoren **30** aus Elementen zum Detektieren magnetischer Felder, wie etwa Hall-Elementen, aufgebaut.

[0050] Die Positionsbeziehungen zwischen der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11**, der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** und dem Magnetsensor **20** werden nun ausführlich unter Bezugnahme auf die **Fig. 3** und **Fig. 6** beschrieben. **Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht, die die wesentlichen Teile der Positionsdetektionsvorrichtung **1** veranschaulicht. Hierbei sind die X- und Y-Richtungen wie in **Fig. 6** gezeigt definiert. Sowohl die X- als auch die Y-Richtung sind parallel zur Oberseite **7a** (vgl. **Fig. 2**) des Substrats **7**. Die X-Richtung ist die Richtung, die von der U-Richtung um 45° hin zur V-Richtung gedreht ist. Die Y-Richtung ist die Richtung, die von der V-Richtung um 45° hin zur -U-Richtung gedreht ist. Die zur X- und Y-Richtung entgegengesetzten Richtungen werden als -X-Richtung bzw. -Y-Richtung bezeichnet.

[0051] In **Fig. 6** stellt der mit **MF1** bezeichnete Pfeil die erste Magnetfeldkomponente **MF1** dar. In der Ausführungsform sind die erste Magnetfelderzeugungseinheit **11** und der Magnetsensor **20** vorgesehen, um die erste Magnetfeldkomponenten **MF1** in der -Y-Richtung auszurichten. Die Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** ist einstellbar, beispielsweise durch Einstellen der Positionsbeziehungen der Magnete **31A** und **34A** relativ zu dem Magnetsensor **20**, und der Ausrichtungen der Magnete **31A** und **34A**. Die Magnete **31A** und **34A** sind bevorzugt derart platziert, dass sie symmetrisch zu einer YZ-Ebene sind, die die Detektionsposition enthält.

[0052] In **Fig. 6** stellt der mit **MF2** bezeichnete Pfeil die zweite Magnetfeldkomponente **MF2** dar, und der innerhalb des Magnets **13** eingezeichnete Pfeil gibt die Magnetisierungsrichtung des Magnets **13** an. Die Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2** unterscheidet sich von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1**. Die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** unterscheidet sich von beiden Richtungen der ersten und zweiten Magnetfeldkomponente **MF1** und **MF2**, und liegt zwischen diesen Richtungen. Der variable Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds **MF** liegt unter 180°. In der Ausführungsform ist konkret die zweite Magnetfeldkomponente **MF2** in der -X-Richtung orthogonal zur Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1**. In diesem Fall liegt der variable Bereich der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** unter 90°.

[0053] Es wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 7** ein Ausgestaltungsbeispiel des Magnetsensors **20** beschrieben. **Fig. 7** ist ein Schaltbild, das die Ausgestaltung des Magnetsensors **20** veranschaulicht. In der Ausführungsform ist der Magnetsensor **20** eingerichtet, als ein Detektionssignal, das der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** entspricht, ein Detektionssignal entsprechend einem Winkel zu erzeugen, den die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** mit einer Referenzrichtung bildet. In der Ausführungsform ist die Referenzrichtung die X-Richtung.

[0054] Wie in **Fig. 7** dargestellt weist der Magnetsensor **20** eine Wheatstone'sche Brückenschaltung **21** und einen Differenzdetektor **22** auf. Die Wheatstone'sche Brückenschaltung **21** weist einen Versorgungsanschluss V, der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit der Masse verbundenen Masseanschluss G, einen ersten Ausgangsanschluss **E1** und einen zweiten Ausgangsanschluss **E2** auf.

[0055] Die Wheatstone'sche Brückenschaltung **21** weist ferner einen ersten Widerstandsabschnitt **R1**,

einen zweiten Widerstandsabschnitt **R2**, einen dritten Widerstandsabschnitt **R3** und einen vierten Widerstandsabschnitt **R4** auf. Der erste Widerstandsabschnitt **R1** ist zwischen dem Versorgungsanschluss V und dem ersten Ausgangsanschluss **E1** vorgesehen. Der zweite Widerstandsabschnitt **R2** ist zwischen dem ersten Ausgangsanschluss **E1** und dem Masseanschluss G vorgesehen. Der dritte Widerstandsabschnitt **R3** ist zwischen dem Versorgungsanschluss V und dem zweiten Ausgangsanschluss **E2** vorgesehen. Der vierte Widerstandsabschnitt **R4** ist zwischen dem zweiten Ausgangsanschluss **E2** und dem Masseanschluss G vorgesehen.

[0056] Der erste Widerstandsabschnitt **R1** umfasst zumindest ein erstes MR-Element. Der zweite Widerstandsabschnitt **R2** umfasst zumindest ein zweites MR-Element. Der dritte Widerstandsabschnitt **R3** umfasst zumindest ein drittes MR-Element. Der vierte Widerstandsabschnitt **R4** umfasst zumindest ein viertes MR-Element.

[0057] Konkret umfasst in der Ausführungsform der erste Widerstandsabschnitt **R1** eine Vielzahl erster, in Reihe geschalteter MR-Elemente, der zweite Widerstandsabschnitt **R2** umfasst eine Vielzahl zweiter, in Reihe geschalteter MR-Elemente, der dritte Widerstandsabschnitt **R3** umfasst eine Vielzahl dritter, in Reihe geschalteter MR-Elemente, und der vierte Widerstandsabschnitt **R4** umfasst eine Vielzahl vierter, in Reihe geschalteter MR-Elemente.

[0058] Jedes der Vielzahl von in der Wheatstone'schen Brückenschaltung **21** enthaltenen MR-Elemente ist ein Spin-Valve-MR-Element. Das Spin-Valve-MR-Element weist eine Schicht mit festgelegter Magnetisierung, deren Richtung feststehend ist, eine freie Schicht mit einer Magnetisierung, deren Richtung gemäß der Richtung des Zielmagnetfelds variabel ist, und eine Abstandsschicht, die zwischen der Schicht mit festgelegter Magnetisierung und der freien Schicht angeordnet ist, auf. Das Spin-Valve-MR-Element kann magnetisches Tunnelwiderstandselement (TMR) oder ein Riesenmagnetowiderstandselement (GMR) sein. Bei dem TMR-Element ist die Abstandsschicht eine Tunnelbarriereschicht. Bei dem GMR-Element ist die Abstandsschicht eine nichtmagnetische, leitfähige Schicht. Das Spin-Valve-MR-Element hat einen gemäß dem Winkel, den die Magnetisierungsrichtung der freien Schicht mit der Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung bildet, variierenden Widerstand, und hat einen minimalen Widerstand, wenn der vorgenannte Winkel 0° beträgt, und hat einen maximalen Widerstand, wenn der vorgenannte Winkel 180° beträgt. In **Fig. 7** deuten die gefüllten Pfeile die Magnetisierungsrichtungen der Schichten mit festgelegter Magnetisierung der MR-Elemente an, und die hohlen Pfeile deuten die Magnetisierungsrichtung der freien Schichten der MR-Elemente an.

[0059] Die Schichten mit festgelegter Magnetisierung der MR-Elemente in den Widerstandsabschnitten **R1** und **R4** haben Magnetisierungen in einer ersten Richtung. Die Schichten mit festgelegter Magnetisierung der MR-Elemente in den Widerstandsabschnitten **R2** und **R3** haben Magnetisierungen in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zu ersten Richtung. Die erste Richtung wird durch das Bezugszeichen **MP1** bezeichnet, und die zweite Richtung wird durch das Bezugszeichen **MP2** bezeichnet. **Fig. 6** zeigt die erste Richtung **MP1** und die zweite Richtung **MP2**. Wie später detailliert beschrieben werden wird, unterscheidet sich in der Ausführungsform jede der zwei Richtungen orthogonal zur ersten Richtung **MP1** in der Referenzebene von sowohl der Richtung des ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**. In der Referenzebene sind die zwei Richtungen, die orthogonal zur zweiten Richtung **MP2** sind, die gleichen wie die zwei Richtungen, die orthogonal zur ersten Richtung **MP1** sind. Daher ist in der Referenzebene ebenfalls jede der beiden Richtungen, die orthogonal zur zweiten Richtung **MP2** sind, auch unterschiedlich von sowohl der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**.

[0060] Das elektrische Potential an dem Ausgangsanschluss **E1**, das elektrische Potential an dem Ausgangsanschluss **E2** und die Potentialdifferenz zwischen den Ausgangsanschlüssen **E1** und **E2** variieren gemäß dem Kosinus des Winkels, den die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** mit der ersten Richtung **MP1** bildet. Der Differenzdetektor **22** gibt ein Signal entsprechend der Potentialdifferenz zwischen den Ausgangsanschlüssen **E1** und **E2** als Detektionssignal aus. Das Detektionssignal ist abhängig von dem elektrischen Potential an dem Ausgangsanschluss **E1**, dem elektrischen Potential an dem Ausgangsanschluss **E2** und der Potentialdifferenz zwischen den Ausgangsanschlüssen **E1** und **E2**. Das Detektionssignal variiert gemäß der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** und entspricht daher der Richtung des Zielmagnetfelds **MF**.

[0061] Ein Beispiel der Ausgestaltung der Widerstandsabschnitte **R1**, **R2**, **R3** und **R4** wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben. **Fig. 8** ist eine perspektivische Ansicht, die einen Teil von einem der Widerstandsabschnitte **R1**, **R2**, **R3** und **R4** darstellt. In diesem Beispiel umfasst der Widerstandsabschnitt eine Vielzahl unterer Elektroden **162**, eine Vielzahl von MR-Elementen **150** und eine Vielzahl oberer Elektroden **163**. Die Vielzahl unterer Elektroden **162** ist auf einem (nicht dargestellten) Substrat angeordnet. Jede der unteren Elektroden **162** hat eine lange, schlanke Form. Jeweils zwei untere Elektroden **162**, die zueinander in der Längsrichtung der unteren Elektroden **162** benachbart sind, haben ei-

nen Abstand zwischen sich. Wie in **Fig. 8** gezeigt, sind MR-Elemente **150** auf den Oberseiten der unteren Elektroden **162** vorgesehen, nahe gegenüberliegenden Enden in der Längsrichtung. Jedes der MR-Elemente **150** weist eine freie Schicht **151**, eine Abstandsschicht **152**, eine Schicht **153** mit festgelegter Magnetisierung und eine antiferromagnetische Schicht **154** auf, die in dieser Reihenfolge gestapelt sind, wobei die freie Schicht **151** der unteren Elektrode **162** am nächsten liegt. Die freie Schicht **151** ist elektrisch mit der unteren Elektrode **162** verbunden. Die antiferromagnetische Schicht **154** ist aus einem antiferromagnetischen Material gebildet. Die antiferromagnetische Schicht **154** ist in Austauschkopplung mit der Schicht **153** mit festgelegter Magnetisierung, um die Magnetisierungsrichtung der Schicht **153** mit festgelegter Magnetisierung zu fixieren. Die Vielzahl oberer Elektroden **163** sind über der Vielzahl von MR-Elementen **150** angeordnet. Jede der oberen Elektroden **163** hat eine lange, schlanke Form und stellt eine elektrische Verbindung zwischen den jeweiligen antiferromagnetische Schichten **154** zweier benachbarter MR-Elemente **150** her, die auf zwei unteren Elektroden **162** angeordnet sind, die in der Längsrichtung der unteren Elektroden **162** benachbart sind. Mit einer solchen Ausgestaltung sind in dem in **Fig. 8** gezeigten Widerstandsabschnitt die Vielzahl von MR-Elementen **150** durch die Vielzahl der unteren Elektroden **162** und die Vielzahl oberer Elektroden **163** in Reihe geschaltet.

[0062] Es sei angemerkt, dass die Schichten **151** bis **154** von jedem MR-Element **150** in einer zu der in **Fig. 8** gezeigten, umgekehrten Reihenfolge gestapelt sein können. Jedes MR-Element **150** kann auch ohne die antiferromagnetischen Schicht **154** ausgestaltet sein. Bei einer solchen Ausgestaltung kann beispielsweise eine Schicht mit festgelegter Magnetisierung einer künstlichen antiferromagnetischen Struktur, die zwei ferromagnetische Schichten und eine zwischen den zwei ferromagnetischen Schichten eingebrachte, nichtmagnetische Metallschicht umfasst, anstelle der antiferromagnetischen Schicht **154** und der Schicht **153** mit festgelegter Magnetisierung vorgesehen sein.

[0063] Es erfolgt nun eine Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis **Fig. 5**, um den Betrieb der Antriebsvorrichtung **3** zu beschreiben. Die Antriebsvorrichtung **3** stellt einen Teil eines Mechanismus zur optischen Bildstabilisierung und Autofokussierung dar. Solche Mechanismen werden zuerst kurz beschrieben. Eine Steuerungseinheit (nicht dargestellt) außerhalb des Kameramoduls **100** steuert die Antriebsvorrichtung **3**, den Mechanismus zur optischen Bildstabilisierung und den Autofokusmechanismus.

[0064] Der optische Bildstabilisierungsmechanismus ist eingerichtet, um Hand-verursachtes Kameraruckeln zu detektieren, beispielsweise mithilfe eines Gyrosensors außerhalb des Kameramoduls **100**. Bei Detektion eines Hand-verursachten Kamerawackelns durch den optischen Bildstabilisierungsmechanismus steuert die Steuerungseinheit die Antriebsvorrichtung **3** dahingehend, die Position der Linse **5** gegenüber dem Substrat **7** abhängig von der Art des Kameraruckelns zu variieren. Dies stabilisiert die absolute Position der Linse **5**, um die Wirkung des Kamerawackelns zu reduzieren. Die Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** variiert in einer Richtung parallel zu der U-Richtung oder parallel zu der V-Richtung, abhängig von der Art des Kamerawackelns.

[0065] Der Autofokusmechanismus ist eingerichtet, einen Zustand zu detektieren, bei dem ein Fokus auf das Objekt erzielt wird, beispielsweise mithilfe eines Bildsensors **200** oder eines Autofokussensors. Mithilfe der Antriebsvorrichtung **3** variiert die (nicht dargestellte) Steuerungseinheit die Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** in einer zur Z-Richtung parallelen Richtung, um einen Fokus auf das Objekt zu erzielen. Dies erlaubt eine automatische Fokussierung auf das Objekt.

[0066] Als nächstes erfolgt eine Beschreibung des Betriebs der Antriebsvorrichtung **3** hinsichtlich des optischen Bildstabilisierungsmechanismus. Wenn durch die nicht-dargestellte Steuerungseinheit Ströme durch die Spulen **41** und **42** geleitet werden, bewegt sich das erste Halteelement **14** mit den daran befestigten Magneten **31A** und **32A** in einer Richtung parallel zur V-Richtung aufgrund von Wechselwirkung zwischen den von den Magneten **31A** und **32A** erzeugten Magnetfeldern und den von den Spulen **41** und **42** erzeugten Magnetfeldern. Im Ergebnis bewegt sich die Linse **5** ebenfalls in der zur V-Richtung parallelen Richtung. Werden hingegen Ströme mittels der nicht-dargestellten Steuerungseinheit durch die Spulen **43** und **44** geleitet, bewegt sich das erste Halteelement **14** mit den daran befestigten Magneten **33A** und **34A** in einer zur U-Richtung parallelen Richtung aufgrund der Wechselwirkung zwischen den von den Magneten **33A** und **34A** erzeugten Magnetfeldern und den von den Spulen **43** und **44** erzeugten Magnetfeldern. Im Ergebnis bewegt sich die Linse **5** auch in der zur U-Richtung parallelen Richtung. Die nicht dargestellte Steuerungseinheit detektiert die Position der Linse **5** durch Messsignale, die den Positionen der Magnete **31A** und **34A** entsprechen, die von den zwei Magnetsensoren **30** erzeugt werden.

[0067] Als nächstes wird der Betrieb der Antriebsvorrichtung **3** hinsichtlich des Autofokusmechanismus beschrieben. Um die Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** in der Z-Richtung zu bewegen, leitet die (nicht dargestellte) Steuerungseinheit einen Strom durch die Spule **45**, so dass der Strom den ersten Leiterabschnitt **45A** in der U-Richtung durch-

fließt und den zweiten Leiterabschnitt **45B** in der -U-Richtung durchfließt, und leitet einen Strom durch die Spule **46**, so dass der Strom den ersten Leiterabschnitt **46A** in der -U-Richtung durchfließt und den zweiten Leiterabschnitt **46B** in der U-Richtung durchfließt. Diese Ströme und die von den Magneten **31A**, **31B**, **32A** und **32B** erzeugten Magnetfelder bewirken, dass eine Lorentzkraft in der Z-Richtung auf den ersten und zweiten Leiterabschnitt **45A** und **45B** der Spule **45** und den ersten und zweiten Leiterabschnitt **46A** und **46B** der Spule **46** wirkt. Dies bewirkt, dass sich das erste Halteelement **15** mit den daran befestigten Spulen **45** und **46** in die Z-Richtung bewegt. Im Ergebnis bewegt sich die Linse **5** ebenfalls in die Z-Richtung.

[0068] Um die Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** in der -Z-Richtung zu bewegen, leitet die (nicht dargestellte) Steuerungseinheit Ströme durch die Spulen **45** und **46**, in Richtungen entgegengesetzt zu jenen im Falle der Bewegung der Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** in der Z-Richtung.

[0069] Es werden nun Funktion und Wirkungen der Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform beschrieben. Die Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform wird zum Detektieren der Position der Linse **5** verwendet. In der Ausführungsform variiert, wenn die Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** variiert, auch die Position des zweiten Halteelements **15** relativ zu dem Substrat **7** und dem ersten Halteelement **14**. Wie zuvor erwähnt hält das erste Halteelement **14** die erste Magnetfelderzeugungseinheit **11**, und das zweite Halteelement **15** hält die zweite Magnetfelderzeugungseinheit **12**. Dementsprechend, wenn die Position der Linse **5** relativ zu des Substrats **7** wie oben beschrieben variiert, variiert die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11**. Nachfolgend wird die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11** als die Relativposition **P12** bezeichnet. In der Ausführungsform ist die Relativposition **P12** in einer Richtung der optischen Achse der Linse **5** variabel, also in einer zur Z-Richtung parallelen Richtung.

[0070] Wenn die Relativposition **P12** variiert, variiert die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** relativ zu dem Substrat **7**, wohingegen die Position der ersten Magnetfelderzeugungseinheit **11** relativ zu dem Substrat **7** nicht variiert. Variiert dementsprechend die Relativposition **P12**, variiert die Stärke der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**, wohingegen weder die Stärke noch die Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** noch die Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2** variieren. Variiert die Stärke der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **MF2**, variieren die Richtung und Stärke des Zielmagnetfelds **MF**, und entsprechend variiert der Wert des von dem Magnetsensor **20** zu erzeugenden Detektionssignals. Der Wert des Detektionssignals variiert gemäß der Relativposition **P12**. Die nicht-dargestellte Steuerungseinheit detektiert die Relativposition **P12** durch Messen des Detektionssignals. Die Richtung und Stärke der Variation in der Position der Linse **5** relativ zu dem Substrat **7** sind die gleichen wie jene der Variation in der Relativposition **P12**. Die Relativposition **P12** kann daher die Position der Linse **5** gegenüber dem Substrat **7** angeben.

[0071] Es wird nun auf **Fig. 9** Bezug genommen, um die erste und zweite Richtung **MP1** und **MP2** und die erste und zweite Magnetfeldkomponente **MF1** und **MF2** zu beschreiben. In **Fig. 9** stellt das Bezugszeichen RP die Referenzebene dar, und das Bezugszeichen P stellt die Detektionsposition dar. In **Fig. 9** stellt der mit **MF1** bezeichnete Pfeil die erste Magnetfeldkomponente **MF1** dar, und der mit **MF2** bezeichnete Pfeil stellt die zweite Magnetfeldkomponente **MF2** dar, und der mit **MF** bezeichnete Pfeil stellt das Zielmagnetfeld dar. Ferner stellt in **Fig. 9** die Achse in X-Richtung die Stärke Hx eines Magnetfelds in der X-Richtung dar, und die Achse in der Y-Richtung stellt die Stärke Hy eines Magnetfelds in der Y-Richtung dar.

[0072] Da das Zielmagnetfeld **MF** ein zusammengesetztes Magnetfeld der ersten und zweiten Magnetfeldkomponenten **MF1** und **MF2** ist, unterscheidet sich die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**, und liegt zwischen diesen Richtungen.

[0073] In **Fig. 9** stellen die Bezugszeichen **PP1** und **PP2** zwei Richtungen orthogonal zur ersten Richtung **MP1** in der Referenzebene RP dar. Zwei Richtungen orthogonal zu der zweiten Richtung **MP2** in der Referenzebene RP sind auch die Richtungen **PP1** und **PP2**. Wie zuvor erwähnt, unterscheidet sich in der Ausführungsform jede der zwei Richtungen **PP1** und **PP2** sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**.

[0074] In **Fig. 9**, in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn aus der Referenzrichtung (der X-Richtung) gesehen, stellt das Bezugszeichen θ den Winkel dar, den die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** mit der Referenzrichtung (der X-Richtung) bildet. Der vorgenannte Winkel θ wird als Zielwinkel θ bezeichnet. Der Zielwinkel θ zeigt die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** an. In der Ausführungsform erzeugt der Magnetsensor **20** ein Detektionssignal entsprechend dem Zielwinkel θ.

[0075] Die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel θ in der Ausführungsform

wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben. **Fig. 10** ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel θ darstellt. In **Fig. 10** stellt die Horizontalachse die Relativposition **P12** dar, und die Vertikalachse stellt den Zielwinkel θ dar.

[0076] In der Ausführungsform wird der Abstand zwischen der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** und der Detektionsposition P, wenn sich die zweite Magnetfelderzeugungseinheit **12** am nächsten an der Detektionsposition P befindet, als Minimalabstand bezeichnet. Die Relativposition **P12** ist als ein Wert dargestellt, der durch Subtrahieren des Minimalabstands von dem Abstand zwischen der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit **12** an einer beliebigen Position und der Detektionsposition P erhalten wird. In der Ausführungsform ist der bewegbare Bereich der Relativposition **P12** in einem Bereich von 0 bis 0, 3 mm festgelegt.

[0077] In der Ausführungsform, wie in **Fig. 10** gezeigt, variiert der Zielwinkel θ über einen variablen Bereich von 207° bis 240°, wenn die Relativposition **P12** über den bewegbaren Bereich von 0 bis 0,3 mm variiert. Der Zielwinkel θ variiert auf lineare Weise relativ zu den Variationen in der Relativposition **P12**. Der Zielwinkel θ gibt die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** an. Daher entspricht der variable Bereich des Zielwinkels θ dem variablen Bereich der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** entsprechend dem bewegbaren Bereich der Relativposition **P12**. In **Fig. 9** ist der durch das Bezugszeichen θR angegebene Bereich der variable Bereich des Zielwinkels θ.

[0078] Wie in **Fig. 9** gezeigt, unterscheiden sich in der Ausführungsform jede der beiden Richtungen **PP1** und **PP2**, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht mit festgelegter Magnetisierung in der Referenzebene RP sind, von sowohl der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**. Dieses Merkmal erlaubt es der Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform, eine Positionsdetektion mit hoher Genauigkeit durchzuführen. Dies wird untenstehend mit einem Vergleich zu einer Positionsdetektionsvorrichtung eines Vergleichsbeispiels erörtert.

[0079] Zunächst wird unter Bezugnahme auf **Fig. 11** die Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels beschrieben. Bei der Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels unterscheiden sich die Magnetisierungsrichtungen der Schichten mit festgelegter Magnetisierung von jenen in der Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform. In dem Vergleichsbeispiel ist die erste Richtung **MP1**, d.h. die Magnetisierungsrichtung der Schichten mit festgelegter Magnetisierung der MR-Elemente in den Widerstandsabschnitten **R1** und **R4** die -Y-Richtung. Die zweite Richtung **MP2**, d.h. die Magnetisierungsrichtung der Schichten mit festgelegter Magnetisierung der MR-Elemente in den Widerstandsabschnitten **R2** und **R3** ist die Y-Richtung. Die übrige Ausgestaltung der Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels ist die gleiche wie jene der Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform.

[0080] **Fig. 11** ist ein Schaubild entsprechend **Fig. 9**, das die erste und zweite Richtung **MP1** und **MP2** und die erste und zweite Magnetfeldkomponente **MF1** und **MF2** des Vergleichsbeispiels zeigt. In dem Vergleichsbeispiel ist die Richtung **PP1**, welche eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2** ist, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schichten mit festgelegter Magnetisierung in der Referenzebene RP sind, die gleiche wie die Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**, wohingegen die andere Richtung **PP2** der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2** entgegengesetzt ist.

[0081] Die Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels hat einen wie unten beschriebenen Nachteil. Dabei wird für die Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform und die Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels ein Winkel, den ein beliebiges an die Detektionsposition P angelegtes Magnetfeld mit der Referenzrichtung in der Referenzebene PR bildet, als Winkel des angelegten Magnetfelds bezeichnet. **Fig. 12** ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und einem normalisierten Detektionssignal in dem Vergleichsbeispiel zeigt. Das normalisierte Detektionssignal ist ein Detektionssignal, das normalisiert ist, so dass sein Maximalwert und Minimalwert, wenn der Winkel des angelegten Magnetfelds über einen Bereich von 0° bis 360° variiert wird, 1 bzw. -1 entspricht. Wenn die Potentialdifferenz zwischen dem ersten Ausgangsanschluss **E1** und dem zweiten Ausgangsanschluss **E2 0** ist, ist das normalisierte Detektionssignal **0**.

[0082] Bei dem Vergleichsbeispiel ist es so, dass wenn die Richtung des angelegten Magnetfels mit einer der beiden Richtungen **PP1** und **PP2** übereinstimmt, mit anderen Worten, wenn der Winkel des angelegten Magnetfelds 0° oder 180° beträgt, die Potentialdifferenz zwischen dem ersten Ausgangsanschluss **E1** und dem zweiten Ausgangsanschluss **E2 0** wird.

[0083] Dabei wird der Linearitätsgrad von Variationen in dem Detektionssignal relativ zu Variationen in dem Winkel des angelegten Magnetfelds in einem Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal angibt, wie **Fig. 12**, als Linearität des Detektionssignals bezeichnet.

[0084] Bei dem Vergleichsbeispiel ist, wie in **Fig. 12** gezeigt, die Linearität des Detektionssignals in einem Bereich des Winkels des angelegten Magnetfelds in der Nähe von 0° einschließlich 0° und in einem Bereich des Winkels des angelegten Magnetfelds in der Nähe von 180° einschließlich 180° hoch. Bei dem Vergleichsbeispiel verschlechtert sich die Linearität des Detektionssignals, wenn sich der Winkel des angelegten Magnetfelds 90° oder 270° annähert.

[0085] **Fig. 12** zeigt den variablen Bereich θR des Zielwinkels θ. In dem Vergleichsbeispiel schließt der variable Winkel θR nicht 0° oder 180° ein, sondern ist entfernt von 0° oder 180°. Somit ist die Linearität des Detektionssignals in dem variablen Bereich θR gering.

[0086] Bei dem Vergleichsbeispiel unterscheidet sich die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**, und liegt zwischen diesen Richtungen. Bei dem Vergleichsbeispiel stimmt die Richtung **PP1**, welche eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2** ist, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schichten mit festgelegter Magnetisierung in der Referenzebene PR sind, mit der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2** überein, und die andere Richtung **PP2** ist entgegengesetzt zur Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**. Dementsprechend kann in dem Vergleichsbeispiel die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** nicht mit einer der zwei Richtungen **PP1** und **PP2** übereinstimmen. Mit anderen Worten kann bei dem Vergleichsbeispiel der variable Bereich θR nicht 0° oder 180° einschließen. Somit kann in dem Vergleichsbeispiel der variable Bereich θR nicht in einem Bereich eingestellt werden, in dem eine hohe Linearität des Detektionssignals erzielt wird. Das Vergleichsbeispiel hat daher den Nachteil dahingehend, dass es nicht in der Lage ist, eine Positionsdetektion mit hoher Genauigkeit durchzuführen.

[0087] Die Relativposition **P12**, die aus dem Detektionssignal erhalten wird, wird als Positionsdetektionswert bezeichnet. Das Vergleichsbeispiel hat einen anderen Nachteil dahingehend, dass es einen großen Fehler in dem Positionsdetektionswert hat, der mit Temperaturschwankungen in Zusammenhang steht. Dies wird nachfolgend unter Bezugnahme auf **Fig. 3** erläutert. **Fig. 13** ist ein Funktionsdiagramm ähnlich **Fig. 12**. In **Fig. 13** stellt jede der Kurven **111** und **112** die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal für die Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels dar. Die Kurve **111** stellt die vorgenannte Beziehung bei einer ersten Temperatur dar, beispielsweise Raumtemperatur. Die Kurve **112** stellt die vorgenannte Beziehung bei einer zweiten Temperatur dar, die höher ist als die erste Temperatur. Das normalisierte Detektionssignal der Kurve **112** wurde erhalten durch Multiplizieren des Detektionssignals bei der zweiten Temperatur mit dem Verhältnis des normalisierten Detektionssignals bei der ersten Temperatur zu dem Detektionssignal bei der ersten Temperatur.

[0088] Wie in **Fig. 13** gezeigt, variiert die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal mit variierender Temperatur. In dem Vergleichsbeispiel variiert die vorgenannte Beziehung stark mit Temperaturschwankungen. Das Vergleichsbeispiel hat daher den Nachteil, dass eine Temperaturvariation zu einem großen Fehler in dem Positionsdetektionswert führt.

[0089] Die Nachteile des oben beschriebenen Vergleichsbeispiels gelten auch dann, wenn eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2** mit der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente übereinstimmt.

[0090] Bei der Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform unterscheidet sich die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2** und liegt zwischen diesen Richtungen. Ferner unterscheidet sich in der Ausführungsform jede der beiden Richtungen **PP1** und **PP2**, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schichten mit festgelegter Magnetisierung in der Referenzebene RP sind, von sowohl der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente **MF1** als auch von der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente **MF2**.

[0091] Gemäß der Ausführungsform ist es somit möglich, eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2** näher an den variablen Bereich der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** zu bringen als bei dem Vergleichsbeispiel. Mit anderen Worten ist es gemäß der Ausführungsform möglich, dass ein Winkel eines angelegten Magnetfelds, bei dem das normalisierte Detektionssignal **0** ist, näher an den variablen Bereich θR gebracht werden kann als bei dem Vergleichsbeispiel. Dementsprechend erreicht die Ausführungsform verglichen mit dem Vergleichsbeispiel eine höhere Detektionsgenauigkeit der MR-Elemente, insbesondere eine höhere Linearität des Detektionssignals, in dem variablen Bereich der Richtung des Zielmagnetfelds **MF**, was eine Positionsdetektion mit höherer Genauigkeit ermöglicht.

[0092] Um eine weiter verbesserte Genauigkeit bei der Positionsdetektion der Ausführungsform zu erreichen, umfasst der variable Bereich der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** bevorzugt eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2**, anders gesagt umfasst der variable Bereich θR bevorzugt einen Winkel eines an-

gelegten Magnetfelds, bei dem das normalisierte Detektionssignal **0** ist.

[0093] Um eine noch weiter verbesserte Genauigkeit bei der der Positionsdetektion der Ausführungsform zu erreichen, ist es besonders bevorzugt, dass eine Richtung in der Mitte des variablen Bereichs der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** die gleiche ist wie eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2**. Vom selben Gesichtspunkt ist es besonders bevorzugt, dass wenn sich die Relativposition **P12** in der Mitte des bewegbaren Bereichs derselben befindet, die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** die gleiche ist wie eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2**.

[0094] Wenn der bewegbare Bereich der Relativposition **P12 0** bis **0**,3 mm beträgt und der variable Bereich θR des Zielwinkels θ 207° bis 240° beträgt, wie in **Fig. 10** gezeigt, liegt die Mitte des bewegbaren Bereichs der Relativposition **P12** bei 0,15 mm. Die Richtung des Zielmagnetfelds **MF**, wenn sich die Relativposition **P12** in der Mitte des bewegbaren Bereichs desselben befindet, und die Richtung in der Mitte des variablen Bereichs der Richtung des Zielmagnetfelds **MF** werden beide durch einen Zielwinkel θ von 223, 5° angegeben. In diesem Fall bildet eine der beiden Richtungen **PP1** und **PP2** bevorzugt einen Winkel innerhalb des Bereichs von 207° bis 240°, besonders bevorzugt einen Winkel von 223,5° mit der Referenzrichtung.

[0095] Fig. 14 ist ein Funktionsdiagramm, das ein Beispiel der Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal für die Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform zeigt. Bei diesem Beispiel bildet die Richtung **PP1** einen Winkel von 223, 5° mit der Referenzrichtung.

[0096] Wie aus **Fig. 14** hervorgeht kann gemäß der Ausführungsform der variable Bereich θR des Zielwinkels θ in einem Bereich festgelegt werden, in dem die Linearität des Detektionssignals hoch ist. Dies ermöglicht es dem Magnetsensor **20**, die Richtung des Zielmagnetfelds **MF** mit hoher Genauigkeit zu detektieren, was es der Positionsdetektionsvorrichtung **1** ermöglicht, Positionsdetektion mit hoher Genauigkeit durchzuführen.

[0097] Fig. 15 ist ein Funktionsdiagramm ähnlich der **Fig. 14**. In **Fig. 15** zeigt jede der Kurven **113** und **114** die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal für die Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform. Die Kurve **113** stellt die vorgenannte Beziehung bei einer ersten Temperatur, also Raumtemperatur, dar. Die Kurve **114** stellt die vorgenannte Beziehung bei einer zweiten Temperatur dar, die höher ist als die erste Temperatur. Das normalisierte Detektionssignal der Kurve **114** wird erhalten durch Multiplizieren des Detektionssignal bei einer zweiten Temperatur mit dem Verhältnis des normalisierten Detektionssignal zu dem Detektionssignal bei der ersten Temperatur.

[0098] Wie in **Fig. 15** gezeigt variiert in der Ausführungsform die Beziehung zwischen dem Winkel des angelegten Magnetfelds und dem normalisierten Detektionssignal mit Temperaturschwankungen in dem bewegbaren Bereich θR des Zielwinkels θ weniger verglichen mit den Eigenschaften des in **Fig. 13** gezeigten Vergleichsbeispiels. Die Ausführungsform ermöglicht somit die Verringerung des Fehlers in dem Positionsdetektionswert in Zusammenhang mit Temperaturschwankungen.

[0099] Als nächstes erfolgt eine Beschreibung eines Vergleichsergebnisses für die Genauigkeit der Positionsdetektion zwischen der Positionsdetektionsvorrichtung **1** gemäß der Ausführungsform und der Positionsdetektionsvorrichtung des Vergleichsbeispiels.

[0100] Zunächst erfolgt unter Bezugnahme auf **Fig. 16** eine Beschreibung eines Linearitätsparameters, also eines Parameters, der die Genauigkeit der Positionsdetektion darstellt. **Fig. 16** ist ein Funktionsdiagramm, das schematisch die Beziehung zwischen dem Detektionssignal und der Relativposition **P12** veranschaulicht. In **Fig. 16** stellt die horizontale Achse das Detektionssignal dar, und die vertikale Achse stellt die Relativposition **P12** dar.

[0101] In **Fig. 16** stellt die Kurve **121** ein Beispiel der Beziehung zwischen dem Detektionssignal und der Relativposition **P12** in dem bewegbaren Bereich der Relativposition **P12** dar. Die Gerade **122** ist eine Linie, die beide Enden der Kurve **121** verbindet. Dabei sei Zr eine Relativposition **P12** auf der Kurve **121**, die einem beliebigen Wert des Detektionssignals entspricht, und Zi sei eine Relativposition **P12** auf der Geraden **122**, die dem vorgegebenen Wert des Detektionssignals entspricht. Zr-Zi ist definiert als der Wert des Linearitätsparameters L, entsprechend Zi. Je kleiner der Betrag des Linearitätsparameters L in dem gesamten bewegbaren Bereich der Relativposition **P12** ist, desto höher ist die erreichte Genauigkeit der Positionsdetektion.

[0102] Fig. 17 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel θ mit dem normalisierten Detektionssignal in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht. In **Fig. 17** stellen die horizontalen Achsen die Relativposition **P12** und den Zielwinkel θ dar, und die vertikale Achse stellt das normalisierte Detektionssignal dar.

[0103] Fig. 18 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel θ mit dem Linearitätsparameter L in dem Vergleichsbeispiel veranschaulicht. In **Fig. 18**

stellt die horizontale Achse die Relativposition **P12** und den Zielwinkel θ dar, und die vertikale Achse stellt den Linearitätsparameter L dar.

[0104] Fig. 19 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel θ mit dem normalisierten Detektionssignal in der Ausführungsform veranschaulicht. In **Fig. 19** stellt die horizontale Achse die Relativposition **P12** und den Zielwinkel θ dar, und die vertikale Achse stellt das normalisierte Detektionssignal dar.

[0105] Fig. 20 ist ein Funktionsdiagramm, das die Beziehung zwischen der Relativposition **P12** und dem Zielwinkel θ mit dem Linearitätsparameter L in der Ausführungsform veranschaulicht. In **Fig. 20** stellt die horizontale Achse die Relativposition **P12** und den Zielwinkel θ dar, und die vertikale Achse stellt den Linearitätsparameter L dar.

[0106] Wie aus dem Vergleich zwischen den **Fig. 18** und **Fig. 20** hervorgeht, ist der Betrag des Linearitätsparameters L in dem gesamten bewegbaren Bereich der Relativposition **P12** in der Ausfiihrungsform kleiner als in dem Vergleichsbeispiel. Dies zeigt, dass die Ausführungsform in der Lage ist, eine Positionsdetektion mit hoher Genauigkeit durchzuführen.

[0107] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorgenannte Ausführungsform beschränkt, und es können verschiedene Modifikationen daran vorgenommen werden. Beispielsweise sind, insofern die Anforderungen der beigefügten Ansprüche erfüllt werden, die Formen und Orte der ersten und zweiten Magnetfelderzeugungseinheiten und der Ort des Magnetsensors **20** nicht auf die jeweiligen, in der vorgenannten Ausführungsform dargestellten Beispiele beschränkt, sondern können frei gewählt werden.

[0108] Ferner, insofern die Anforderungen der beigefügten Ansprüche erfüllt werden, können die Richtungen der ersten und zweiten Magnetfeldkomponente frei gewählt werden. Beispielsweise kann die erste Magnetfeldkomponente in der Y oder in der -Y-Richtung liegen, und die zweite Magnetfeldkomponente kann in der Z oder in der -Z-Richtung liegen. In einem derartigen Fall ist die Referenzebene eine Ebene senkrecht zur X-Richtung.

[0109] Ferner kann der Magnetsensor **20** ohne die Wheatstone'sche Brückenschaltung **21** und den Differenzdetektor **22** eingerichtet sein. Der Magnetsensor **20** kann beispielsweise eingerichtet sein, den Versorgungsanschluss V, den Masseanschluss G, den ersten Ausgangsanschluss **E1**, und den ersten und zweiten Widerstandsabschnitt **R1** und **R2** aufzuweisen, und weder den zweiten Ausgangsanschluss **E2**, den dritten und vierten Widerstandsabschnitt **R3** und **R4** noch den Differenzdetektor **22** aufzuweisen. In einem solchen Fall ist das Detektionssignal ein Signal, das von dem elektrischen Potenzial an dem ersten Ausgangsanschluss **E1** abhängig ist.

[0110] Die Positionsdetektionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann dazu verwendet werden, nicht nur eine Linsenposition, sondern auch die Position eines beliebigen, sich in eine vorgegebene Richtung bewegenden Objekts zu detektieren.

[0111] Es ist offensichtlich, dass in Anbetracht der obigen Lehren zahlreiche Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung möglich sind. Es versteht sich daher, dass innerhalb des Schutzumfangs der beigefügten Ansprüche und deren Entsprechungen die Erfindung in anderen Ausführungsformen als der vorgenannten, besonders bevorzugten Ausführungsform ausgeführt werden kann.

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

- US 2016/0231528 A1 [0003, 0006, 0008]
- DE 102006035661 A1 [0004, 0007]
- JP 2016223894 A [0005]

Patentansprüche

1. Positionsdetektionsvorrichtung (1), aufweisend:
eine erste Magnetfelderzeugungseinheit (11) zur Erzeugung eines ersten Magnetfelds;
eine zweite Magnetfelderzeugungseinheit (12) zur Erzeugung eines zweiten Magnetfelds, wobei die zweite Magnetfelderzeugungseinheit (12) derart vorgesehen ist, dass ihre Position relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11) variabel ist; und
einen Magnetsensor (20) zur Erzeugung eines Detektionssignals entsprechend einer Richtung eines Detektionsziel-Magnetfelds an einer Detektionsposition in einer Referenzebene, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
der Magnetsensor (20) zumindest ein magnetoresistives Element aufweist;
das zumindest eine magnetoresistive Element eine Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung mit einer Magnetisierung, deren Richtung festgelegt ist, und eine freie Schicht (151) mit einer Magnetisierung, deren Richtung gemäß der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds variabel ist, aufweist;
die Referenzebene eine Ebene ist, die die Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung und die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthält;
wenn die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12) relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11) variiert, eine Stärke einer zweiten Magnetfeldkomponente variiert, wohingegen weder eine Stärke noch eine Richtung einer ersten Magnetfeldkomponente noch eine Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente variieren, wobei die erste Magnetfeldkomponente eine Komponente des ersten Magnetfelds an der Detektionsposition ist, wobei die Komponente des ersten Magnetfelds parallel zur Referenzebene ist, und die zweite Magnetfeldkomponenten eine Komponente des zweiten Magnetfelds an der Detektionsposition ist, wobei die Komponente des zweiten Magnetfelds parallel zur Referenzebene ist;
das Detektionsziel-Magnetfeld ein zusammengesetztes Magnetfeld aus der ersten Magnetfeldkomponente und der zweiten Magnetfeldkomponente ist; und
in der Referenzebene jede der zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung sind, sich sowohl von der Richtung der ersten Magnetfeldkomponente als auch der Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente unterscheidet.

2. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Richtung der zweiten Magnetfeldkomponente orthogonal zur Richtung der ersten Magnetfeldkomponente ist.

3. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Variation in der Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12) relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11) einen Abstand zwischen der Detektionsposition und der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12) variiert.

4. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine der beiden Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung sind, in einem variablen Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthalten ist, wobei der variable Bereich einem bewegbaren Bereich der Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12) relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11) entspricht.

5. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach Anspruch 4, wobei die eine der beiden Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung sind, die gleiche ist wie eine Richtung in der Mitte des variablen Bereichs der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds.

6. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, wobei, wenn sich die Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12) relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11) in der Mitte des bewegbaren Bereichs der Position der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12) relativ zu der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11) befindet, die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds die gleiche ist wie die eine der beiden Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung sind.

7. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei
das zumindest eine magnetoresistive Element zumindest ein erstes magnetoresistives Element und zumindest ein zweites magnetoresistives Element ist,
der Magnetsensor (20) ferner einen Versorgungsanschluss (V), der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit einer Masse verbundenen Masseanschluss (G), und einen Ausgangsanschluss (E1) aufweist,
das zumindest eine erste magnetoresistive Element zwischen dem Versorgungsanschluss (V) und dem Ausgangsanschluss (E1) vorgesehen ist, das zumindest eine zweite magnetoresistive Element zwischen dem Ausgangsanschluss (E1) und dem Masseanschluss (G) vorgesehen ist,
die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen ersten magnetoresistiven Elements in einer ersten Richtung liegt,
die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen zweiten magnetoresistivem Elements in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung liegt, und

das Detektionssignal von einem elektrischen Potenzial an dem Ausgangsanschluss (E1) abhängig ist.

8. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei
das zumindest eine magnetoresistive Element ein erstes magnetoresistives Element, zumindest ein zweites magnetoresistives Element, zumindest ein drittes magnetoresistives Element, und zumindest ein viertes magnetoresistives Element ist, der Magnetsensor (20) ferner einen Versorgungsanschluss (V), der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit einer Masse verbundenen Masseanschluss (G), einen ersten Ausgangsanschluss (E1), und einen zweiten Ausgangsanschluss (E2) aufweist,
das zumindest eine erste magnetoresistive Element zwischen dem Versorgungsanschluss (V) und dem ersten Ausgangsanschluss (E1) vorgesehen ist, das zumindest eine zweite magnetoresistive Element zwischen dem ersten Ausgangsanschluss (E1) und dem Masseanschluss (G) vorgesehen ist,
das zumindest eine dritte magnetoresistive Element zwischen dem Vversorgungsanschluss (V) und dem zweiten Ausgangsanschluss (E2) vorgesehen ist, das zumindest eine vierte magnetoresistive Element zwischen dem zweiten Ausgangsanschluss (E2) und dem Masseanschluss (G) vorgesehen ist,
die Magnetisierung der Schicht mit (153) festgelegter Magnetisierung des zumindest einen ersten magnetoresistiven Elements und die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen vierten magnetoresistiven Elements in einer ersten Richtung liegen,
die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen zweiten magnetoresistiven Elements und die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen dritten magnetoresistiven Elements in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung liegen, und das Detektionssignal von einer Potentialdifferenz zwischen dem ersten Ausgangsanschluss (E1) und dem zweiten Ausgangsanschluss (E2) abhängig ist.

9. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei
die erste Magnetfelderzeugungseinheit (11) zwei Magnete (31A, 34A) aufweist, die an unterschiedlichen Positionen angeordnet sind, und
das erste Magnetfeld ein Verbund aus zwei Magnetfeldern ist, die jeweils von den beiden Magneten (31A, 34A) erzeugt werden.

10. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, ferner aufweisend ein erstes Halteelement (14) zum Halten der ersten Magnetfelderzeugungseinheit (11), und ein zweites Halteelement (15) zum Halten der zweiten Magnetfelderzeugungseinheit (12), wobei das zweite Halteelement (15) derart vorgesehen ist, dass seine Position in einer Richtung relativ zu des ersten Halteelementes (14) variabel ist.

11. Positionsdetektionsvorrichtung (1) nach Anspruch 10, wobei das zweite Halteelement (15) zum Halten einer Linse (5) eingerichtet ist und derart vorgesehen ist, dass seine Position in einer Richtung einer optischen Achse der Linse (5) relativ zu dem ersten Halteelement (14) variabel ist.

12. Magnetsensor (20) zur Erzeugung, an einer Detektionsposition in einer Referenzebene, eines Detektionssignals entsprechend einer Richtung eines Detektionsziel-Magnetfelds, das innerhalb eines variablen Bereichs von unter 180° in der Referenzebene variiert, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
der Magnetsensor (20) zumindest ein magnetoresistives Element aufweist;
das zumindest eine magnetoresistive Element eine Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung mit einer Magnetisierung, deren Richtung festgelegt ist, und eine freie Schicht (151) mit einer Magnetisierung, deren Richtung gemäß der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds variabel ist, aufweist;
die Referenzebene eine Ebene ist, die die Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung und die Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthält; und
eine von zwei Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung sind, in dem variablen Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds enthalten ist.

13. Magnetsensor (20) nach Anspruch 12, wobei die eine der beiden Richtungen, die orthogonal zur Magnetisierungsrichtung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung sind, die gleiche ist wie eine Richtung in der Mitte des variablen Bereichs der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds.

14. Magnetsensor (20) nach Anspruch 12 oder 13, wobei der variable Bereich der Richtung des Detektionsziel-Magnetfelds unter 90° liegt.

15. Magnetsensor (20) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei
das zumindest eine magnetoresistive Element zumindest ein erstes magnetoresistives Element und zumindest ein zweites magnetoresistives Element ist, der Magnetsensor (20) ferner einen Versorgungsanschluss (V), der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit einer Masse verbundenen Massenanschluss (G), und einen Ausgangsanschluss (E1) aufweist,
das zumindest eine erste magnetoresistive Element zwischen dem Versorgungsanschluss (V) und dem Ausgangsanschluss (E1) vorgesehen ist, das zumindest eine zweite magnetoresistive Element zwischen

dem Ausgangsanschluss (E1) und dem Masseanschluss (G) vorgesehen ist,
die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen ersten magnetoresistiven Elements in einer ersten Richtung liegt,
die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen zweiten magnetoresistiven Elements in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung liegt, und
das Detektionssignal von einem elektrischen Potential an dem Ausgangsanschluss (E1) abhängt.

16. Magnetsensor (20) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei
das zumindest eine magnetoresistive Element zumindest ein erstes magnetoresistives Element, zumindest ein zweites magnetoresistives Element, zumindest ein drittes magnetoresistives Element und zumindest ein viertes magnetoresistives Element ist,
der Magnetsensor (20) ferner einen Versorgungsanschluss (V), der eingerichtet ist, eine vorgegebene Spannung aufzunehmen, einen mit einer Masse verbundenen Masseanschluss (G), einen ersten Ausgangsanschluss (E1), und einen zweiten Ausgangsanschluss (E2) aufweist,
das zumindest eine erste magnetoresistive Element zwischen dem Versorgungsanschluss (V) und dem ersten Ausgangsanschluss (E1) vorgesehen ist, das zumindest eine zweite magnetoresistive Element zwischen dem ersten Ausgangsanschluss (E1) und dem Masseanschluss (G) vorgesehen ist,
das zumindest eine dritte magnetoresistive Element zwischen dem Versorgungsanschluss (V) und dem zweiten Ausgangsanschluss (E2) vorgesehen ist, das zumindest eine vierte magnetoresistive Element zwischen dem zweiten Ausgangsanschluss (E2) und dem Masseanschluss (G) vorgesehen ist,
die Magnetisierung der Schicht mit (153) festgelegter Magnetisierung des zumindest einen ersten magnetoresistiven Elements und die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen vierten magnetoresistiven Elements in einer ersten Richtung liegen,
die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen zweiten magnetoresistiven Elements und die Magnetisierung der Schicht (153) mit festgelegter Magnetisierung des zumindest einen dritten magnetoresistiven Elements in einer zweiten Richtung entgegengesetzt zur ersten Richtung liegen, und das Detektionssignal von einer Potentialdifferenz zwischen dem ersten Ausgangsanschluss (E1) und dem zweiten Ausgangsanschluss (E2) abhängig ist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

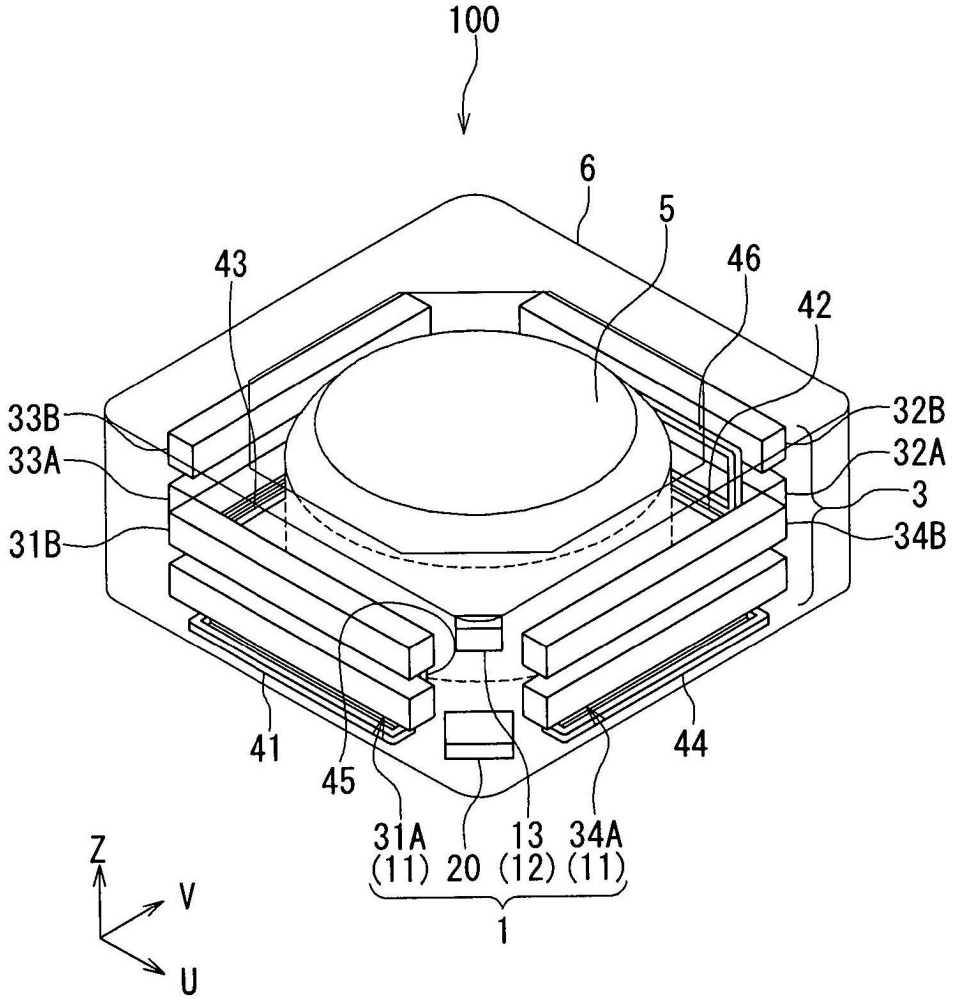


FIG. 1

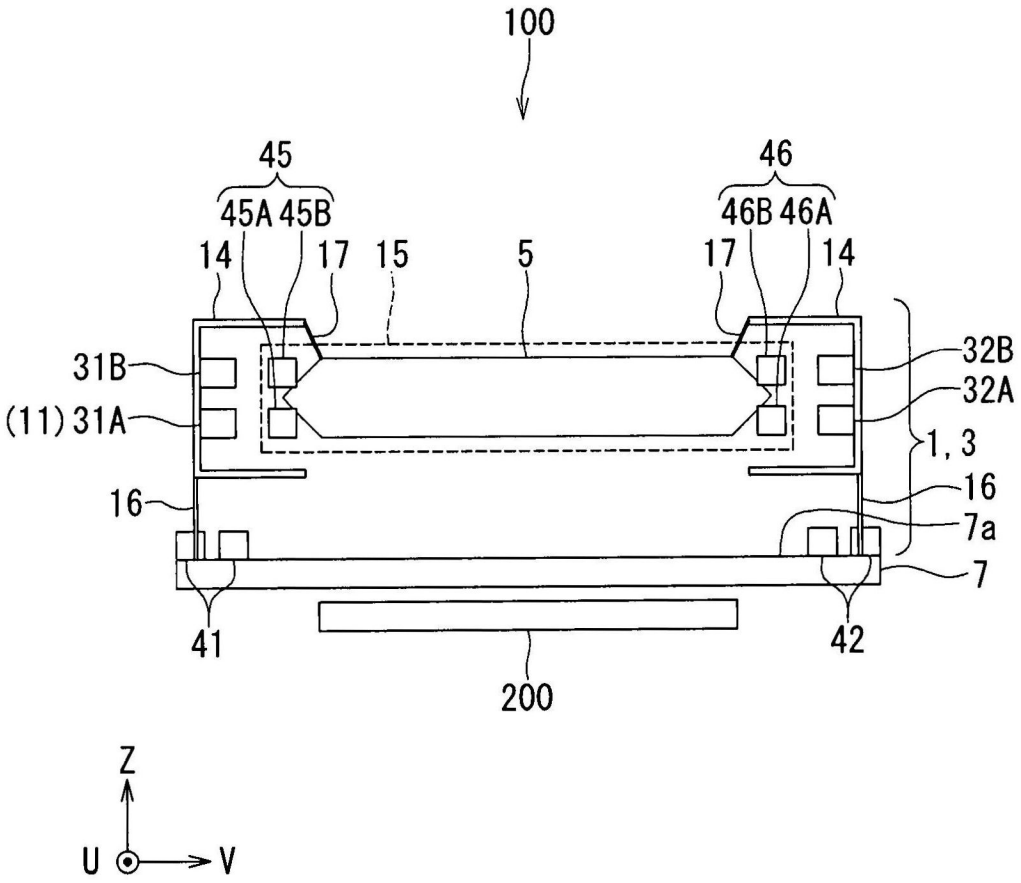

100
45
45A 45B
46
46B 46A
14
17
15
5
17
14
31B
(11) 31A
32B
32A
1, 3
16
16
7a
7
41
42
200
Z
U
V

FIG. 2

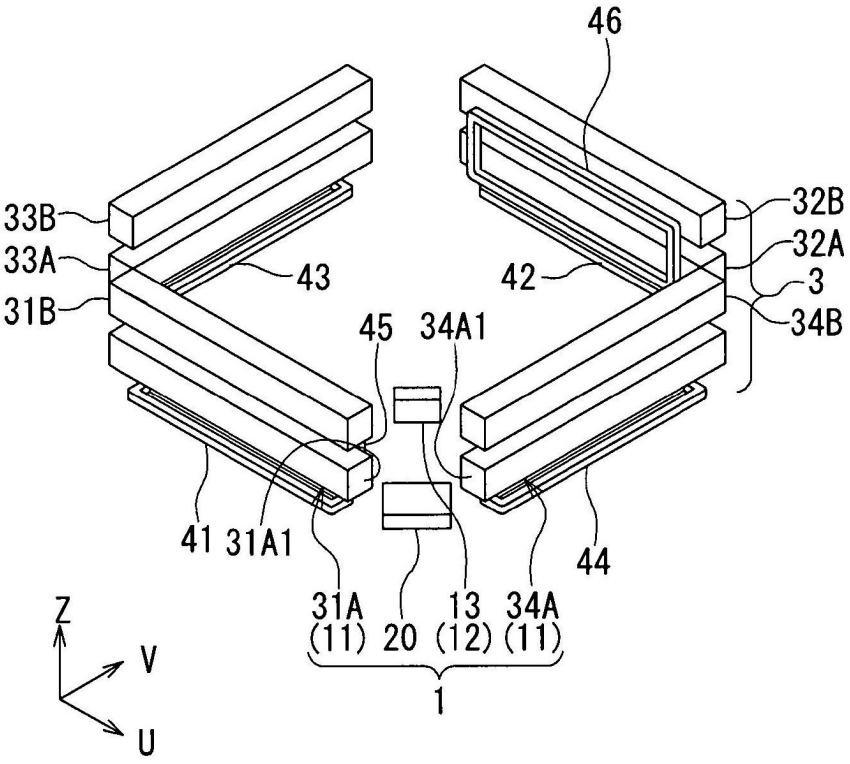

46
33B
33A
31B
43
42
32B
32A
3
34B
45
34A1
41
31A1
44
31A
(11)
20
13
(12)
34A
(11)
1
Z
V
U

FIG. 3

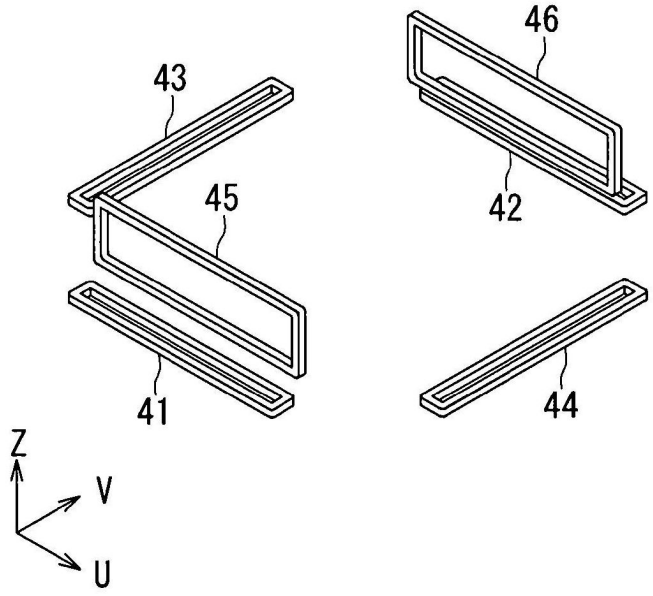

46
43
45
42
41
44
Z
V
U

FIG. 4

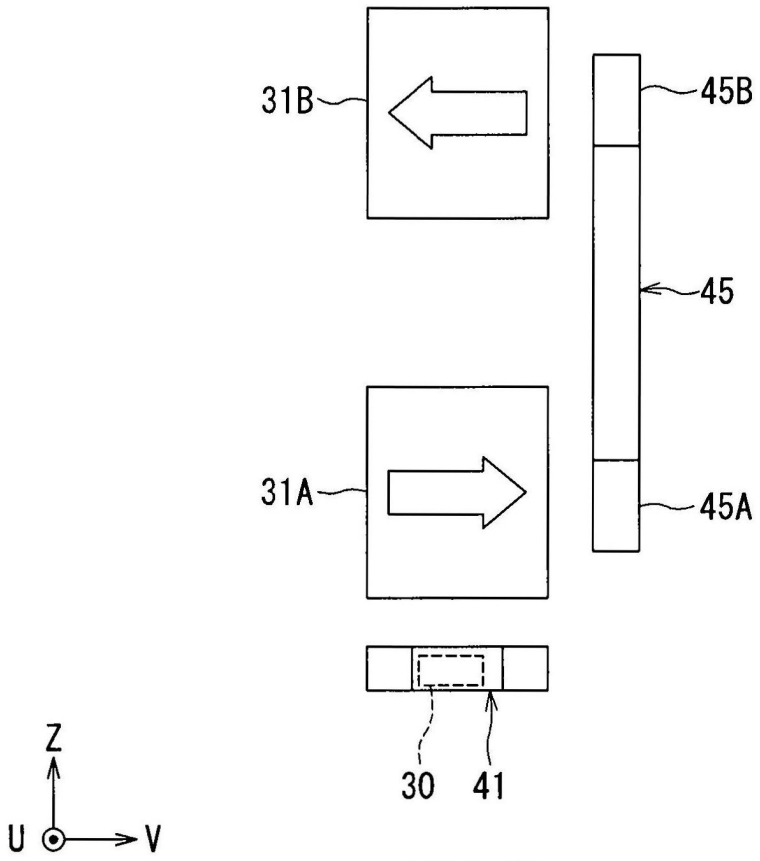


FIG. 5

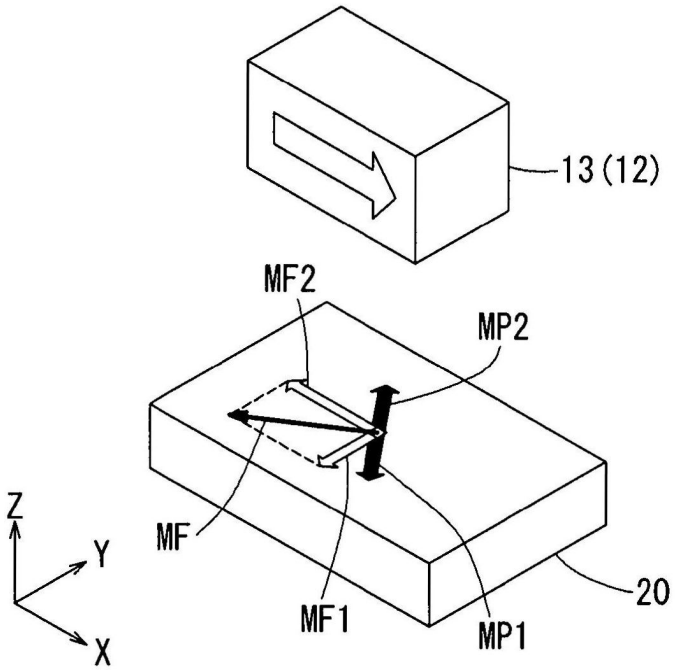


FIG. 6

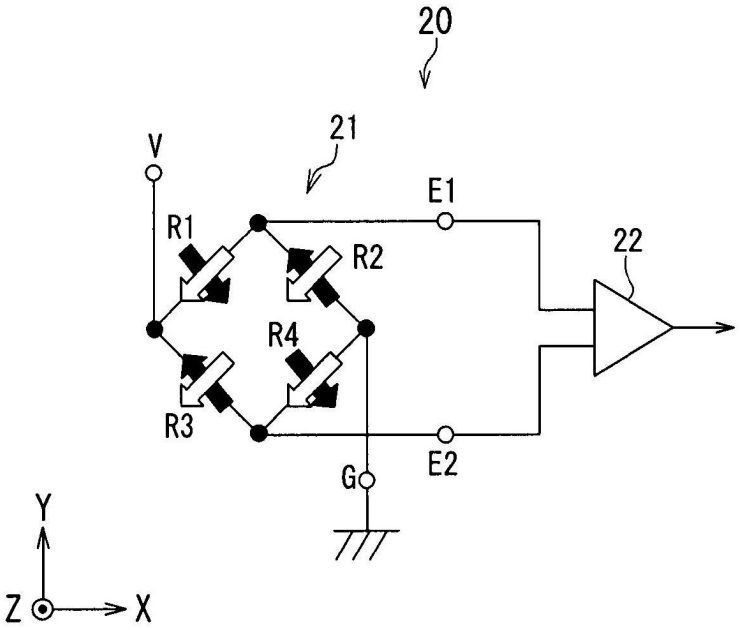

20
21
V
E1
R1
R2
22
R4
R3
E2
G
Y
Z
X

FIG. 7

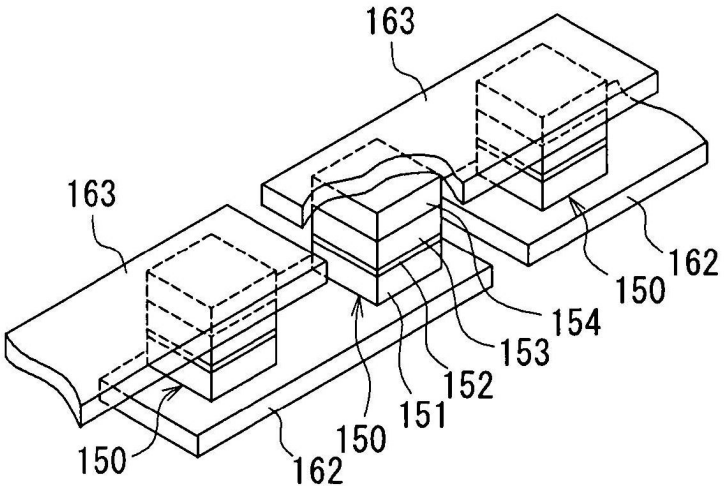

163
163
162
150
154
153
152
151
150
150
162

FIG. 8

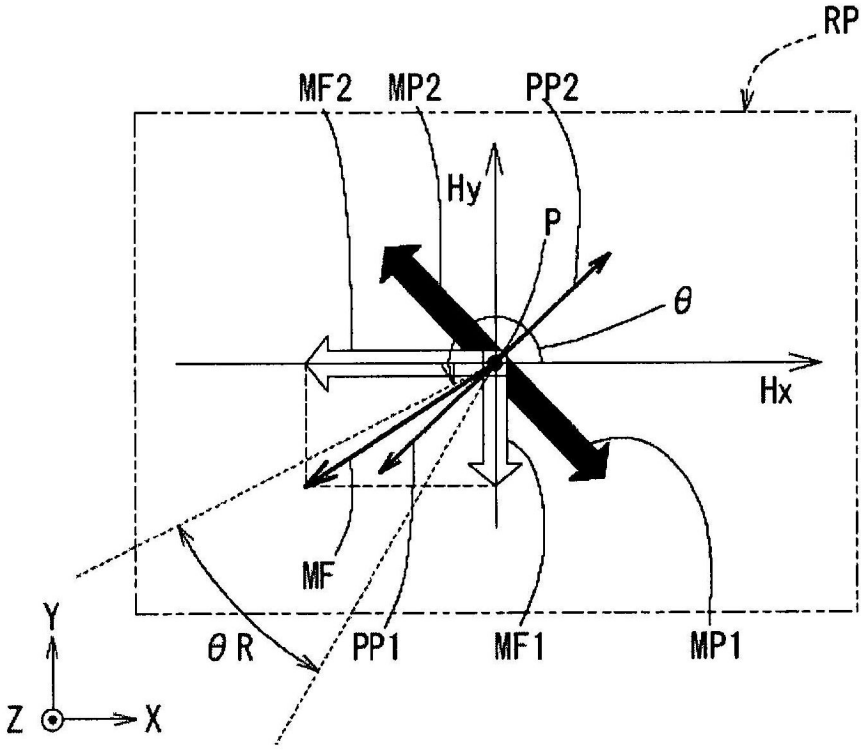

RP
MF2
MP2
PP2
Hy
P
θ
Hx
MF
θR
PP1
MF1
MP1
Y
Z
X

FIG. 9

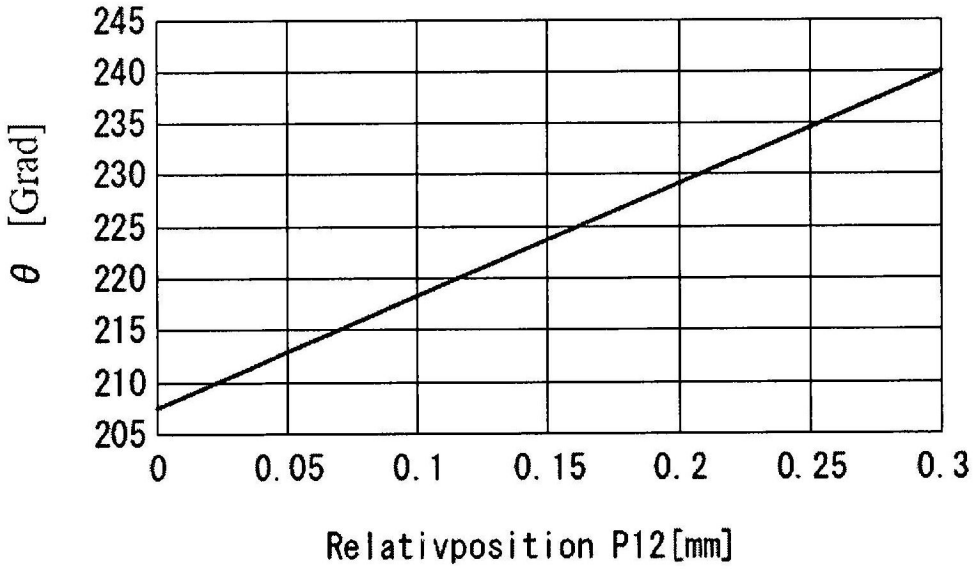

245
240
235
230
225
220
215
210
205
θ [Grad]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Relativposition P12[mm]

FIG. 10

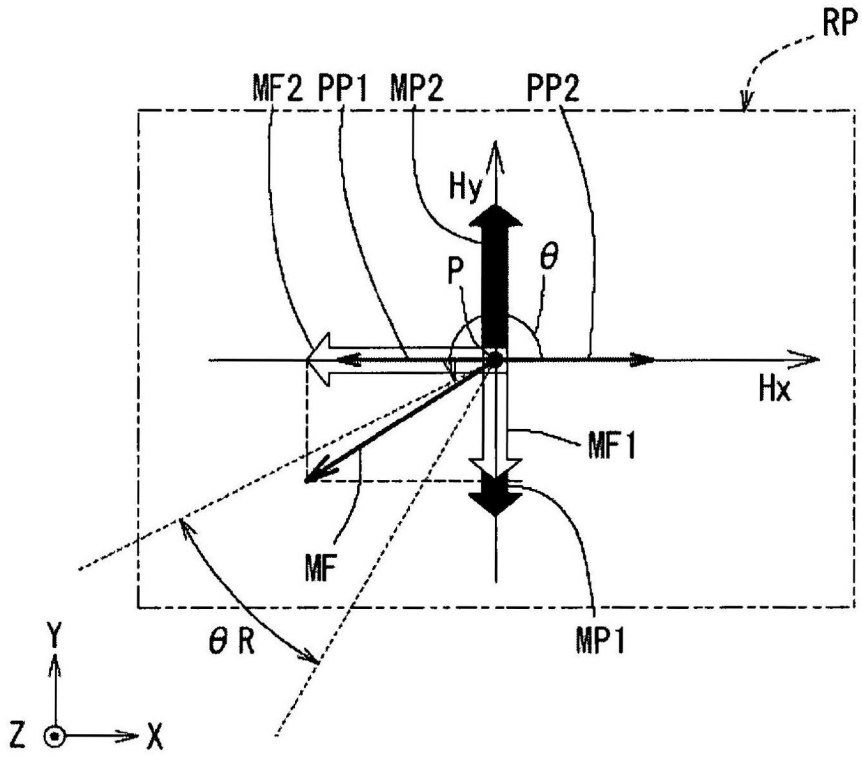

RP
MF2
PP1
MP2
PP2
Hy
P
θ
Hx
MF1
MF
θR
MP1
Y
Z
X

FIG. 11

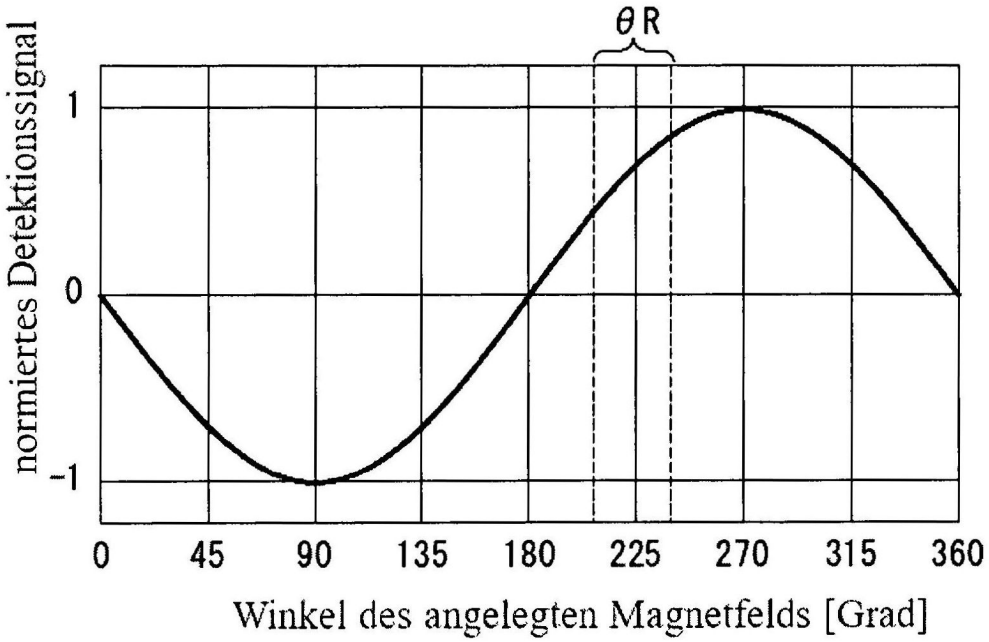

θR
normiertes Detektionssignal
1
0
-1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
Winkel des angelegten Magnetfelds [Grad]

FIG. 12

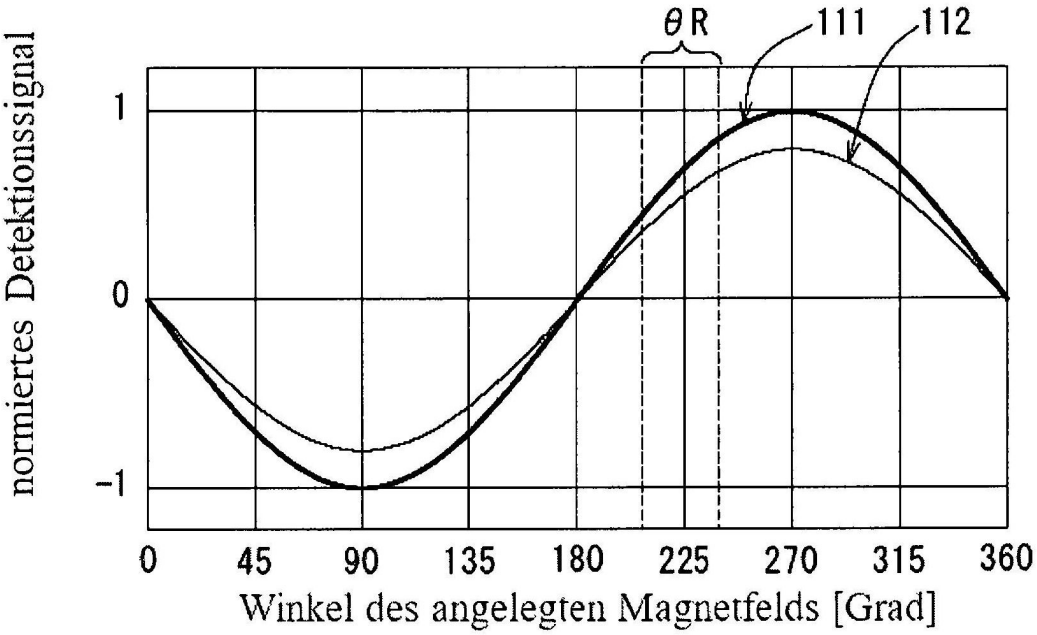

θR
111
112
normiertes Detektionssignal
1
0
-1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
Winkel des angelegten Magnetfelds [Grad]

FIG. 13

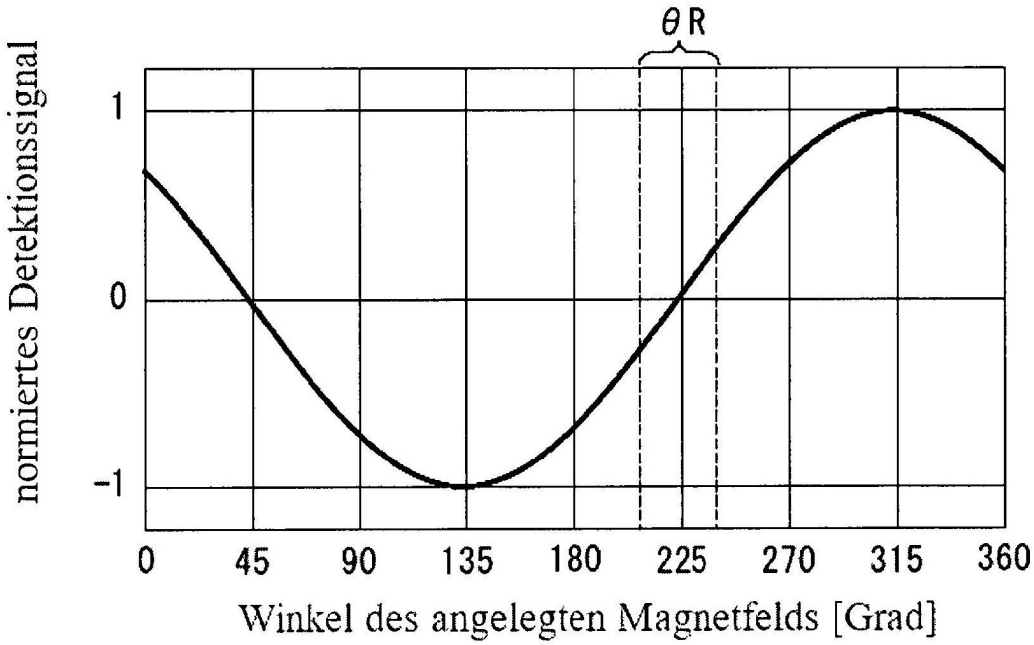

θR
normiertes Detektionssignal
1
0
-1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
Winkel des angelegten Magnetfelds [Grad]

FIG. 14

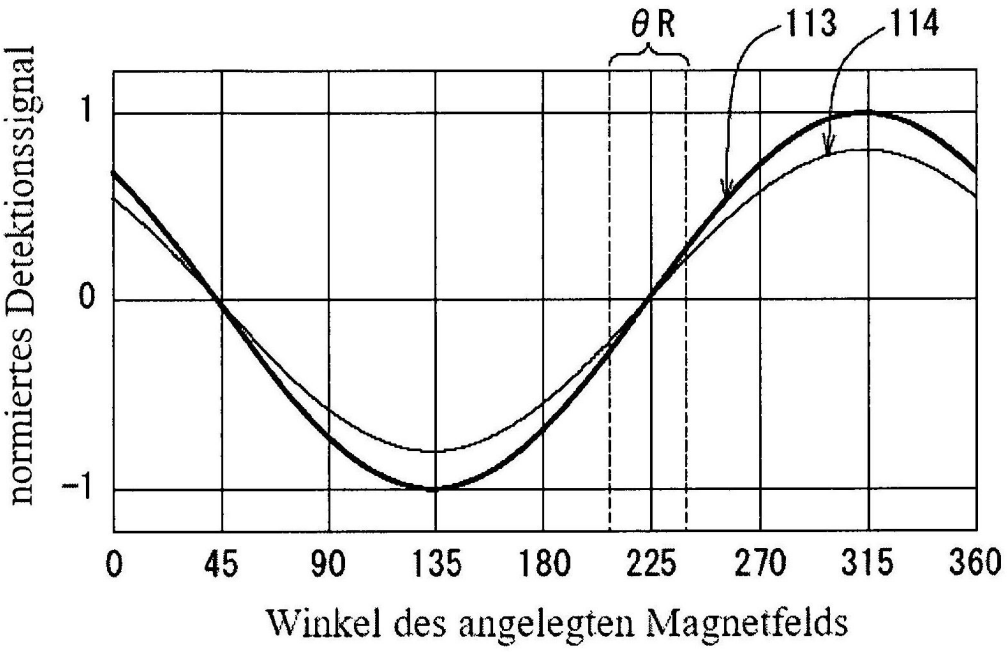

θR
113
114
normiertes Detektionssignal
1
0
-1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
Winkel des angelegten Magnetfelds

FIG. 15

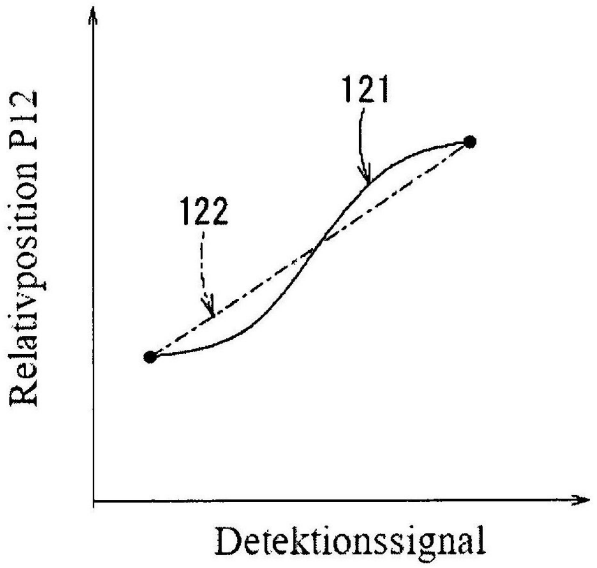

121
122
Relativposition P12
Detektionssignal

FIG. 16

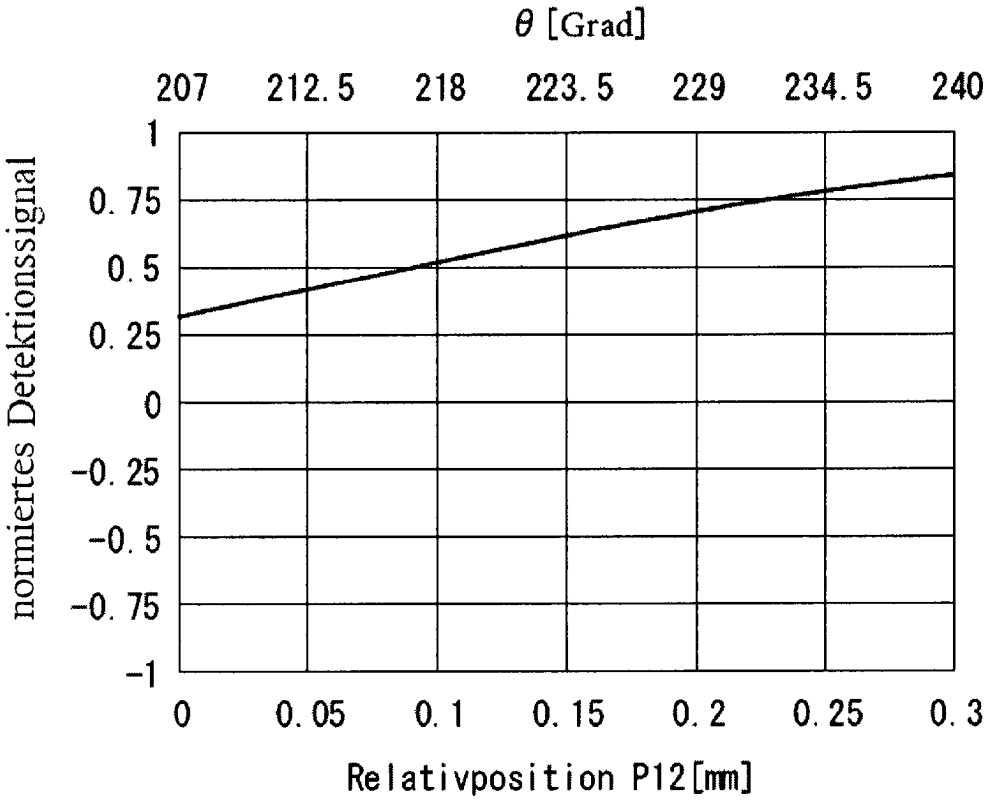

θ [Grad]
207
212.5
218
223.5
229
234.5
240
1
0.75
0.5
0.25
0
-0.25
-0.5
-0.75
-1
normiertes Detektionssignal
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Relativposition P12[mm]

FIG. 17

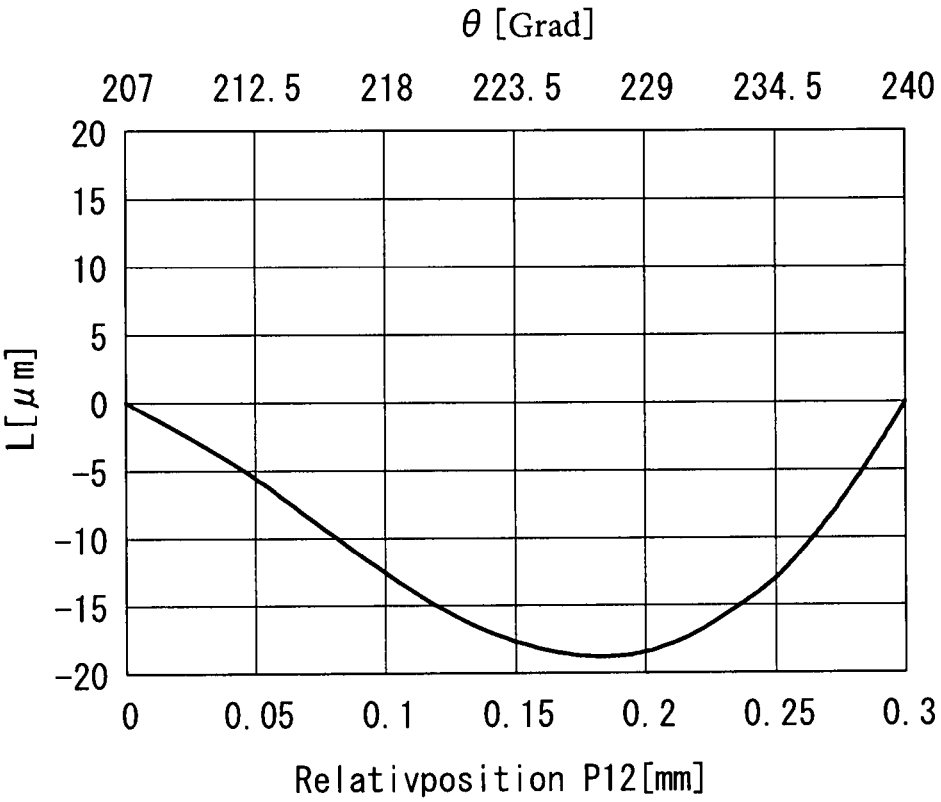

θ [Grad]
207
212.5
218
223.5
229
234.5
240
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
L[μm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Relativposition P12[mm]

FIG. 18

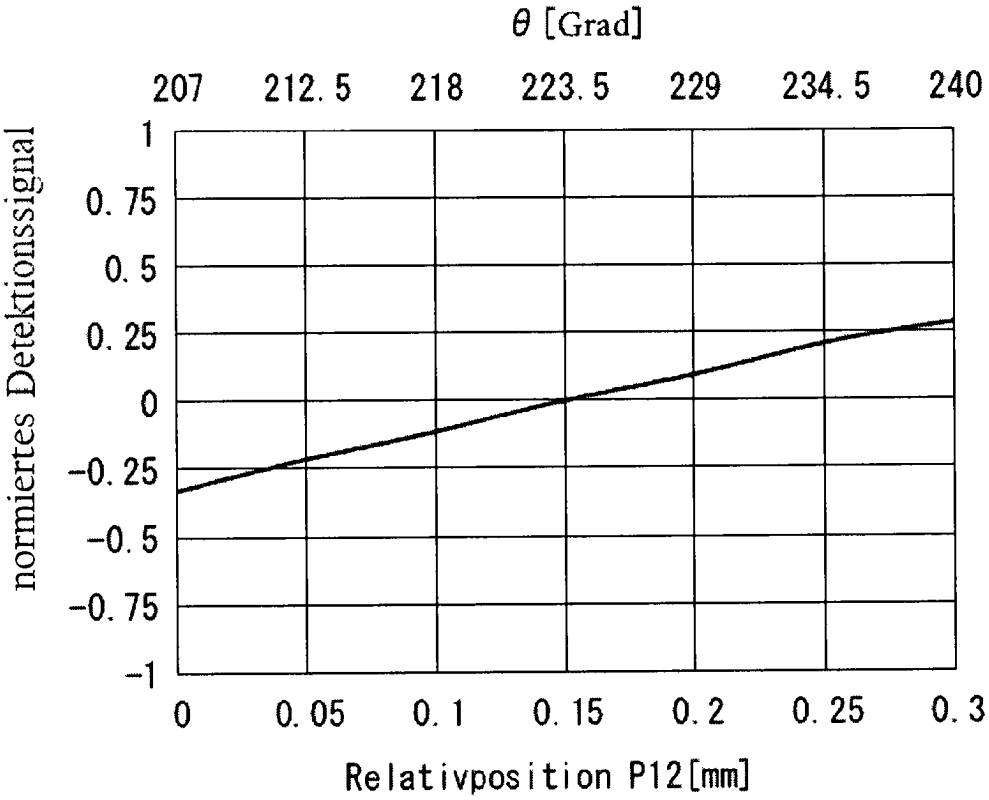

θ [Grad]
207
212.5
218
223.5
229
234.5
240
normiertes Detektionssignal
1
0.75
0.5
0.25
0
-0.25
-0.5
-0.75
-1
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Relativposition P12[mm]

FIG. 19

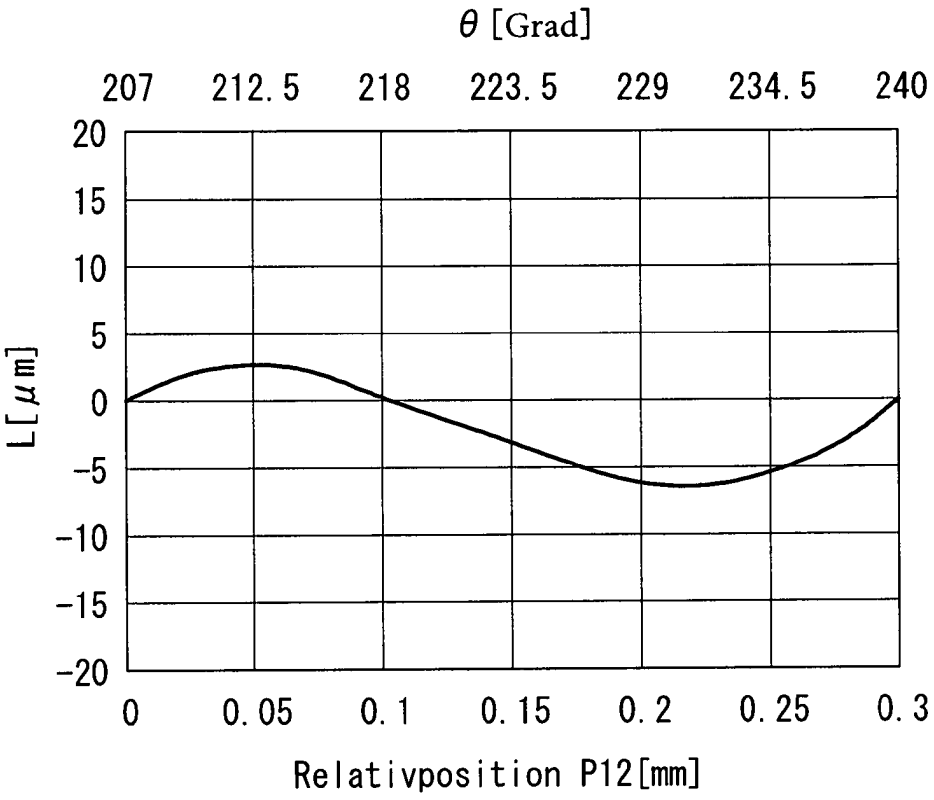

θ [Grad]
207
212.5
218
223.5
229
234.5
240
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
L[μm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Relativposition P12[mm]

FIG. 20