(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 52 148 B4** 2006.05.18

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **100 52 148.7**
(22) Anmeldetag: **20.10.2000**
(43) Offenlegungstag: **26.04.2001**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **18.05.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01C 15/00*** (2006.01)
***G01C 1/02*** (2006.01)
***G01D 5/249*** (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
**11-301117 22.10.1999 JP**

(73) Patentinhaber:
**Pentax Corp., Tokio/Tokyo, JP**

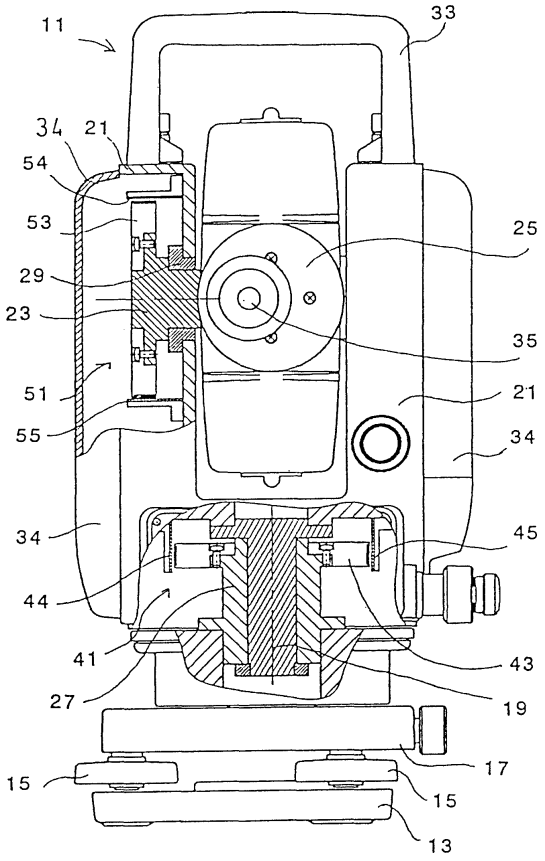
(74) Vertreter:
**Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679 München**

(72) Erfinder:
**Shirai, Masami, Tokio/Tokyo, JP; Kenjo, Katsuhiko, Tokio/Tokyo, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
**DE 197 22 016 A1**
**DE 43 16 221 A1**
**DE 42 03 073 A1**
**US 63 04 079 B1**

(54) Bezeichnung: **Vermessungsinstrument mit einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer**

(57) Hauptanspruch: Vermessungsinstrument (11) mit einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer (51), mit
einer magnetischen Trommel (53), die an ihrer Außenfläche eine magnetisierte Multipolschicht (53a) mit mehreren unter einem Teilungswinkel λ gleichmäßig unterteilten, magnetisierten Teilbereichen hat, und
mindestens zwei magnetischen Sensoren (54, 55), die jeweils ein von der magnetisierten Multipolschicht (53a) erzeugtes Magnetfeld erfassen, wobei die magnetischen Sensoren (54, 55) jeweils eine durch eine Relativdrehung zwischen ihnen und der Trommel (53) verursachte Änderung des Magnetfeldes erfassen, um den Winkel dieser Relativdrehung zu erfassen, und
die magnetischen Sensoren (54, 55) so angeordnet sind, daß zwei von ihnen so zueinander versetzt sind, daß zwischen diesen Sensoren ein Phasenwinkel vorhanden ist, der gleich dem Teilungswinkel λ oder gleich einem ungeradezahlig Vielfachen des Teilungswinkels λ ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Vermessungsinstrument mit einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer, der für Vermessungsinstrumente wie Gesamtstationen, Theodolite u.dgl. geeignet ist.

Stand der Technik

**[0002]** Einige herkömmliche Vermessungsinstrumente wie Gesamtstationen, Theodolite u.dgl. haben einen Inkremental-Drehcodierer als Winkelmeßvorrichtung. Es wird häufig ein optischer Inkremental-Drehcodierer eingesetzt, da dieser ein hohes Maß an Stabilität und Genauigkeit hat.

**[0003]** Neben einem optischen Inkremental-Drehcodierer ist auch ein magnetischer Inkremental-Drehcodierer als Winkelmeßvorrichtung bekannt. Ein magnetischer Inkremental-Drehcodierer hat im allgemeinen eine magnetische Trommel (Scheibe mit Gradeinteilung) und einen magnetischen Sensor. Der magnetische Inkremental-Drehcodierer hat an der Außenumfangsfläche seiner magnetischen Trommel eine magnetisierte Multipolschicht mit mehreren magnetisierten Teilbereichen, die durch eine Anzahl p von Unterteilungen gleichmäßig unterteilt sind, wobei p eine positive ganze Zahl angibt. Der magnetische Sensor ist so angeordnet, daß er der magnetisierten Multipolschicht gegenüberliegt. An dem magnetischen Sensor sind z.B. vier magnetfeldabhängige Widerstandselemente vorgesehen, die beispielsweise in zwei Gruppen unterteilt sind: Nämlich eine A-Phase und eine B-Phase, die so angeordnet sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von 1/4 oder 3/8 des Teilungswinkels vorhanden ist. Die magnetfeldabhängigen Widerstandselemente sind in vorbestimmten Abständen voneinander angeordnet, deren Teilung kleiner ist als die der magnetisierten Teilbereiche der Multipolschicht, um so eine Änderung der Widerstandswerte der vier magnetfeldabhängigen Widerstandselemente zu erfassen. Die Widerstandswerte variieren dabei entsprechend der Drehung der magnetischen Trommel. Es werden so die Null-Kreuzungspunkte der Ausgangssignale der A-Phase und der B-Phase und der Drehwinkel der magnetischen Trommel gemäß einer Interpolationsberechnung „$\tan^{-1}$(Aout/Bout)" bestimmt, wobei Aout das Ausgangssignal der A-Phase und Bout das Ausgangssignal der B-Phase angibt.

**[0004]** Bei diesem Typ von magnetfeldabhängige Widerstandselemente einsetzendem magnetischen Inkremental-Drehcodierer ist die Kurve, welche die Änderung der magnetischen Reluktanz der magnetfeldabhängigen Widerstandselemente angibt, idealerweise etwa symmetrisch um den Nullpunkt des Magnetfeldes. In Realität ist jedoch die Variationskurve wegen der in der Nähe des Nullpunktes des Magnetfeldes auftretenden Hysterese asymmetrisch um den Nullpunkt des Magnetfeldes. Dies liegt daran, daß die Position, an der eine magnetische Domäne von der magnetisierten Multipolschicht der magnetischen Trommel erzeugt wird, entsprechend der Richtung des Magnetfeldes variiert, das die Multipolschicht der magnetischen Trommel erzeugt. Ist die Variationskurve in dieser Weise asymmetrisch um den Nullpunkt des Magnetfeldes, so tritt ein großer Fehler auf, wenn die magnetische Trommel nur geringfügig um einen kleinen Drehwinkel gedreht wird.

**[0005]** Darüber hinaus variiert in einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer der Widerstand des jeweiligen magnetfeldabhängigen Widerstandselementes, wenn der Codierer einem externen Magnetfeld ausgesetzt ist. Dies verursacht einen Meßwertfehler. Ein Vermessungsinstrument, das einen magnetischen Inkremental-Drehcodierer mit magnetfeldabhängigen Widerstandselementen enthält, muß deshalb so ausgebildet sein, daß es von externen Magnetfeldern unbeeinflußt ist.

**[0006]** In der nachveröffentlichten Anmeldung DE 100 20 979 A1 ist ein Inkremental-Drehcodierer beschrieben, der in einem Vermessungsinstrument eingesetzt wird. Dieser Inkremental-Drehcodierer umfasst eine magnetische Trommel, die an ihrer Aussenfläche eine magnetisierte Multipolschicht mit mehreren unter einem Teilungswinkel gleichmäßig unterteilten magnetisierten Teilbereichen hat, sowie mindestens zwei magnetische Sensoren, die eine Änderung des Magnetfeldes erfassen, wenn eine Relativdrehung zwischen den Sensoren und der Trommel auftritt. Die Sensoren enthalten jeweils eine erste Gruppe von magnetfeldabhängigen Widerstandselementen, die in einer ersten Schaltung miteinander verbunden sind, sowie eine zweite Gruppe von magnetfeldabhängigen Widerstandselementen, die in einer zweiten Schaltung miteinander verbunden sind. Zwischen jeweils zwei einander benachbarten Widerstandselementen einer Gruppe ist ein Phasenwinkel vorhanden, der gleich dem halben Teilungswinkel ist.

**[0007]** In der Druckschrift DE 43 16 221 A1 ist eine Positionsmeßeinrichtung beschrieben, die insbesondere in einer Bearbeitungsmaschine zur Messung der Relativlage eines Werkzeuges bezüglich eines zu bearbeitenden Werkstückes eingesetzt wird. Diese Positionsmesseinrichtung enthält zwei Gruppen aus je vier magnetfeldabhängigen Widerstandselementen. Zur Vermeidung von Überkreuzungen der Verbindungsleiterbahnen der Widerstandselemente und von kurzwelligen Störeinflüssen auf die Messgenauigkeit erstrecken sich die Widerstandselemente der einen Gruppe über eine Teilungsperiode der Messteilung mit einem jeweiligen gegenseitigen Abstand, der einem Viertel der Teilungsperiode entspricht, während die Widerstandselemente der anderen Gruppe in den benachbarten Teilungsperioden der Messteilung mit einem jeweiligen gegenseitigen Abstand von

3/4 der Teilungsperiode angeordnet sind. Eine ähnliche Positionsmesseinrichtung ist auch in der Druckschrift DE 42 03 073 A1 offenbart.

**[0008]** Schließlich wird auf die Druckschrift DE 197 22 016 A1 verwiesen, die eine Anordnung zur berührungslosen Drehwinkelerfassung eines drehbaren Elementes beschreibt. Diese Anordnung umfasst einen Sensor, der zwei getrennte Sensorelemente aufweist, von denen eines nach dem magnetoresistiven Prinzip und das andere nach dem Hallprinzip arbeitet. Die beiden Sensorelemente sind gegeneinander um einen Winkel von 90° verdreht. Sie werden einem Magnetfeld ausgesetzt, das mit Hilfe von Magneten erzeugt wird, die sich beispielsweise mit einer Nockenwelle eines Motors drehen.

## Aufgabenstellung

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Vermessungsinstrument mit einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer anzugeben, das von Hysterese und externen Magnetfeldern unbeeinflußt ist.

**[0010]** Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

## Ausführungsbeispiel

**[0011]** Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

**[0012]** Fig. 1 die Rückansicht einer Gesamtstation mit zwei erfindungsgemäßen magnetischen Inkremental-Drehcodierern, wobei die Grundelemente jedes Inkremental-Drehcodierers im Querschnitt dargestellt sind,

**[0013]** Fig. 2 die Seitenansicht der Gesamtstation nach Fig. 1 mit den im Querschnitt dargestellten Grundelementen jedes Inkremental-Drehcodierers,

**[0014]** Fig. 3 die Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel des in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten magnetischen Inkremental-Drehcodierers,

**[0015]** Fig. 4 die Darstellung eines Teils einer magnetischen Trommel und eines entsprechenden magnetischen Sensors des Inkremental-Drehcodierers nach Fig. 3 mit der gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel vorgesehenen Anordnung von magnetfeldabhängigen Widerstandselementen des magnetischen Sensors,

**[0016]** Fig. 5 das Schaltbild der elektrischen Verbindung einer elektrischen Schaltung mit den magnetfeldabhängigen Widerstandselementen nach Fig. 4,

**[0017]** Fig. 6 die Darstellung eines Teils einer magnetischen Trommel und eines entsprechenden magnetischen Sensors des Inkremental-Drehcodierers nach Fig. 3 mit der gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel vorgesehenen Anordnung von magnetfeldabhängigen Widerstandselementen des magnetischen Sensors, und

**[0018]** Fig. 7 die Draufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel des in den Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Inkremental-Drehcodierers.

**[0019]** Die Fig. 1 und Fig. 2 zeigen ein Ausführungsbeispiel einer Gesamtstation, die zwei magnetische Inkremental-Drehcodierer nach der Erfindung enthält.

**[0020]** Eine Gesamtstation **11** hat eine Grundplatte **13**, ein Nivelliereelement **17** (Nivellierplatte), einen Sockel (Körper/stationäres Element) **21** und ein Kollimationsfernrohr **25**. Die Grundplatte **13** ist mit einem nicht dargestellten Dreibein verbunden, wenn die Gesamtstation **11** darauf montiert ist. An der Grundplatte **13** sind drei Nivellierschrauben **15** vorgesehen, auf die die Nivellierplatte **17** montiert ist. Der Sockel **21** ist so über eine vertikale Welle **19** auf der Nivellierplatte **17** montiert, daß er um die vertikale Welle **19** drehbar ist. Der Sockel **21** hat im wesentlichen U-förmigen Querschnitt. Er hat ein Paar Halterungen **21a**, von denen eine in Fig. 1 links und die andere rechts angeordnet ist. Das Kollimationsfernrohr **25** ist zwischen den beiden Halterungen **21a** so gehalten, daß es um die Achse zweier koaxialer, horizontaler Wellen drehbar ist, die in Fig. 1 an der rechten bzw. der linken Seite des Kollimationsfernrohrs **25** befestigt sind. Die beiden koaxialen, horizontalen Wellen **23** sind durch die beiden Halterungen **21a** jeweils so gehalten, daß sie um ihre Achse drehbar sind. In Fig. 1 ist nur eine der beiden koaxialen, horizontalen Wellen im Querschnitt gezeigt, nämlich die linke Welle **23**.

**[0021]** Die vertikale Welle **19** ist drehbar in ein vertikales Lager **27** eingepaßt und dort gehalten. Das Lager **27** ist an der Nivellierplatte **17** befestigt. Die Basis des Sockels **21**, welche die beiden Halterungen **21a** miteinander verbindet, ist an dem oberen Ende der vertikalen Welle **19** befestigt. Jede horizontale Welle **23** ist an einem entsprechenden horizontalen Lager **29** drehbar gehalten, das an der entsprechenden Halterung **21a** befestigt ist. Das Kollimationsfernrohr **25** ist so über die beiden horizontalen Wellen **23** und die beiden horizontalen Lager **29** an dem Sockel **21** gehalten und um die vertikale Welle **19** und die beiden horizontalen Wellen **23** drehbar, wobei die vertikale Welle **19** und die beiden horizontalen Wellen **23** senkrecht zueinander verlaufen.

**[0022]** Die Gesamtstation **11** hat an ihrer vertikalen Welle **19** einen ersten magnetischen Inkremental-Drehcodierer (erster Drehcodierer/Horizontalwin-

kel-Meßvorrichtung) **41**, der zum Messen des Drehwinkels (Horizontalwinkel) der vertikalen Welle **19** (Sockel **21** und Kollimationsfernrohr **25**) bezüglich der Nivellierplatte **17** bestimmt ist. Die Gesamtstation **11** hat weiterhin an ihrer horizontalen Welle **23** einen zweiten magnetischen Inkremental-Drehcodierer (zweiter Drehcodierer/Vertikalwinkel-Meßvorrichtung) **51**, der zum Messen des Drehwinkels (Vertikalwinkel) der horizontalen Welle **23** (Kollimationsfernrohr **25**) bezüglich des Sockels **21** bestimmt ist. Der erste Drehcodierer **41** hat eine an der vertikalen Welle **19** befestigte magnetische Trommel **43** (Scheibe mit Gradeinteilung). Die magnetische Trommel **43** hat an ihrer Außenumfangsfläche eine nicht gezeigte magnetisierte Multipolschicht. Der erste Drehcodierer **41** ist mit zwei magnetischen Sensoren **44** und **45** versehen, die so angeordnet sind, daß sie der magnetisierten Multipolschicht zugewandt sind, wobei zwischen jedem magnetischen Sensor und der Multipolschicht bezüglich der vertikale Welle **19** auf entgegengesetzten Seiten der magnetischen Trommel (in Fig. 1 rechts und links der magnetischen Trommel **43**) eine kleine Lücke ausgebildet ist. Die beiden magnetischen Sensoren **44** und **45** sind um die vertikale Welle **19** um etwa 180° zueinander versetzt. Entsprechend ist der zweite Drehcodierer **51** mit einer magnetischen Trommel (Scheibe mit Gradeinteilung/magnetische Drehtrommel) **53** versehen, die an der horizontalen Welle **23** befestigt ist. Die magnetische Trommel **53** hat an ihrer Außenumfangsfläche eine magnetisierte Multipolschicht **53a** (vgl. Fig. 3), die mit der Multipolschicht der magnetischen Trommel **43** identisch ist. Der zweite Drehcodierer **51** ist weiterhin mit zwei magnetischen Sensoren **54** und **55** versehen, die so angeordnet sind, daß sie der Multipolschicht **53a** zugewandt sind, wobei zwischen jedem magnetischen Sensor und der Multipolschicht **53a** bezüglich der horizontalen Welle **23** auf entgegengesetzten Seiten der magnetischen Trommel **53** (in Fig. 1 ober- und unterhalb der magnetischen Trommel **53**) eine kleine Lücke ausgebildet ist. Die beiden magnetischen Sensoren **54** und **55** sind um die horizontale Welle **23** um etwa 180° zueinander versetzt.

**[0023]** Die Gesamtstation **11** hat in der Basis des Sockels **21** eine elektronische Schaltung **61** (vgl. Fig. 5), die eine Funktionsvorrichtung enthält, mit der der Drehwinkel des ersten und des zweiten Drehcodierers **41** und **51**, d.h. der Horizontal- und der Vertikalwinkel, bestimmt werden können, indem die Ausgangsspannung jedes der magnetischen Sensoren **44**, **45**, **54** und **55** erfaßt wird. Die Gesamtstation **11** hat an der Vorder- bzw. Rückfläche des Sockels **21** ein Bedienfeld **31** bzw. **32** (vgl. Fig. 2). An jedem Bedienfeld **31** und **32** ist eine Tastatur ausgebildet, die ein Benutzer von Hand betätigen kann, um die Gesamtstation **11** zu bedienen und zu steuern. Weiterhin sind an den Bedienfeldern **31** und **32** jeweils eine Anzeige, z.B. ein LCD-Feld vorgesehen, um die mit der Tastatur eingegebenen Daten, die gemessenen Winkel etc. anzuzeigen.

**[0024]** Wie in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt, hat die Gesamtstation **11** weiterhin einen Griff **33** zum Tragen der Gesamtstation **11** und eine Schutzabdeckung **34**, die an dem Sockel **21** angebracht wird, um diesen abzudecken und damit den ersten Drehcodierer **41** und eine nicht gezeigte Batterie vor Staub zu schützen. Das Kollimationsfernrohr **25** hat eine Objektivlinse **36** (vgl. Fig. 2) und ein Okular **35**.

**[0025]** Der Aufbau des ersten Drehcodierers **41** und des zweiten Drehcodierers **51** wird im folgenden im Detail unter Bezugnahme auf die Fig. 3, Fig. 4 und Fig. 5 erläutert. Der Grundaufbau des ersten Drehcodierers **41** ist mit dem des zweiten Drehcodierers **51** identisch, so daß nur der Aufbau des zweiten Drehcodierers **51** im folgenden im Detail erläutert wird. Fig. 3 ist eine vergrößerte Draufsicht des in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten zweiten Drehcodierers **51**. Fig. 4 ist ein vergrößerter Querschnitt des zweiten Drehcodierers **51** und seiner in Fig. 1 gezeigten Peripheriekomponenten. Fig. 5 ist eine Darstellung des magnetischen Sensors **54** und seiner in Fig. 3 gezeigten Peripheriekomponenten zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen der magnetisierten Multipolschicht **53a** und dem magnetischen Sensor **54**. Der erste magnetische Sensor **54** ist an einem Winkelstück **56** und der zweite magnetische Sensor **55** an einem Winkelstück **57** befestigt. Der erste magnetische Sensor **54** ist über das Winkelstück **56** an dem Sockel **21** befestigt, während der zweite magnetische Sensor **55** über das Winkelstück **57** an der Grundplatte **58** befestigt ist. Der erste und der zweite magnetische Sensor **54**, **55** sind auf entgegengesetzten Seiten der magnetischen Trommel **53** so angeordnet, daß sie um etwa 180° um die Achse der magnetischen Trommel **53** zueinander versetzt sind. Da der Aufbau des zweiten magnetischen Sensors **55** identisch mit dem Aufbau des ersten magnetischen Sensors **54** ist, wird im folgenden nur der Aufbau des ersten magnetischen Sensors **54** im Detail erläutert.

**[0026]** Der zweite Drehcodierer **51** hat an der Außenumfangsfläche seiner magnetischen Trommel **53** die magnetisierte Multipolschicht **53a** mit mehreren magnetisierten Teilbereichen, die durch p Unterteilungen gleichmäßig unterteilt sind, wobei p eine positive ganze Zahl angibt. Die Teilung (Teilungswinkel) der magnetisierten Teilbereiche (d.h. der Abstand zweier benachbarter Grenzen der magnetischen Pole) der Multipolschicht **53a** soll im folgenden λ betragen. Der erste magnetische Sensor **54** ist so angeordnet, daß er der Multipolschicht **53a** zugewandt ist, wobei zwischen dem ersten magnetischen Sensor **54** und der Multipolschicht **53a** eine kleine Lücke vorhanden ist. Der erste magnetische Sensor **54** ist mit einem ebenen Element **54a** (Platte) und sechzehn

magnetfeldabhängigen Widerstandselementen **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$, **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$, **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$, **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$, **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$, **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$, **4b**$_{41}$ und **4b**$_{42}$ versehen. Insbesondere hat der erste magnetische Sensor **54** acht Paare magnetfeldabhängiger Widerstandselemente, die in zwei Gruppen unterteilt sind, nämlich in eine erste Gruppe und in eine zweite Gruppe. Die erste Gruppe enthält ein erstes Paar Widerstandselemente **4a**$_{11}$ und **4a**$_{12}$, ein zweites Paar Widerstandselemente **4a**$_{21}$ und **4a**$_{22}$, ein dritten Paar Widerstandselemente **4a**$_{31}$ und **4a**$_{32}$ sowie ein viertes Paar Widerstandselemente **4a**$_{41}$ und **4a**$_{42}$. Die zweite Gruppe enthält ein erstes Paar Widerstandselemente **4b**$_{11}$ und **4b**$_{12}$, ein zweites Paar Widerstandselemente **4b**$_{21}$ und **4b**$_{22}$, ein drittes Paar Widerstandselemente **4b**$_{31}$ und **4b**$_{32}$ sowie ein viertes Paar Widerstandselemente **4b**$_{41}$ und **4b**$_{42}$. Sowohl in der ersten als auch in der zweiten Gruppe sind die Widerstandselemente jeweils eines Paares so zueinander versetzt, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von 1λ vorhanden ist, während jeweils zwei benachbarte Paare so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von λ/2 vorhanden ist. Weiterhin sind die erste und die zweite Gruppe so angeordnet, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von 3λ/4 gegeben ist. Auf jedes Paar Widerstandselemente wirken verschiedene magnetische Pole der Multipolschicht **53a** ein, so daß die jeweiligen beiden Widerstandselemente infolge der Stärke der magnetischen Kraft der in der Multipolschicht **53a** vorhandenen verschiedenen magnetischen Pole wechselseitig die zwischen ihnen vorhandene Differenz in der Variation der Widerstandswerte kompensieren. Werden also die Widerstandswerte des jeweiligen Paars Widerstandselemente, welche die zwischen ihnen vorhandene Differenz in der Variation der Widerstandswerte kompensieren, erfaßt, so erhält man Widerstandswerte, die von Hysterese und/oder externen Magnetfeldern unbeeinflußt sind.

**[0027]** Sind in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die sechzehn magnetfeldabhängigen Widerstandselemente in zwei Gruppen unterteilt, nämlich in eine A-Phase (erste Gruppe), die aus den acht Widerstandselementen **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$, **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$, **4a**$_{41}$ und **4a**$_{42}$ besteht, und in eine B-Phase (zweite Gruppe), die aus den übrigen acht Widerstandselementen **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$, **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$, **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$, **4b**$_{41}$ und **4b**$_{42}$ besteht, so sind die acht Widerstandselemente der A-Phase in einer Brückenschaltung und auch die acht Widerstandselemente der B-Phase in einer Brückenschaltung miteinander verbunden, wie in Fig. 5 gezeigt ist.

**[0028]** Eine elektrische Schaltung **61** legt eine konstante Spannung +V zwischen den Anschlüssen der jeweiligen Brückenschaltung an. Die elektrische Schaltung **61** erfaßt eine Änderung des Magnetfeldes, d.h. eine Änderung des Drehwinkels der magnetischen Trommel **53** in Abhängigkeit der über den Anschlüssen e0 und e1 der A-Phase und der über den Anschlüssen e0' und e1' der B-Phase anliegenden Spannung. Dreht sich die magnetische Trommel **53**, so erfaßt der zweite Drehcodierer **51** Spannungen der Erfassungssignale, die über den Anschlüssen e0 und e1 und den Anschlüssen e0' und e1' vorhanden sind, über die elektrische Schaltung **61** infolge der Änderung der Widerstandswerte der acht Widerstandselemente **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$, **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$, **4a**$_{41}$ und **4a**$_{42}$ der A-Phase bzw. der acht Widerstandselemente Widerstandselementen **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$, **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$, **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$, **4b**$_{41}$ und **4b**$_{42}$ der B-Phase, die entsprechend der Änderung des von der magnetisierten Multipolschicht **53a** erzeugten Magnetfeldes **3** variieren, um so den Drehwinkel der magnetischen Trommel **53** in einem λ/4-Abstand, d.h. einer λ/4-Teilung zu ermitteln. Ein Winkel, der kleiner als die Teilung (λ/4) ist, wird in einer Interpolationsberechnung ermittelt.

**[0029]** In dem erläuterten Ausführungsbeispiel ändern sich die jeweiligen Widerstandswerte a11, a12, a21, a22, a31, a32, a41 und a42 der magnetfeldabhängigen Widerstandselemente **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$, **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$, **4a**$_{41}$ und **4a**$_{42}$ der A-Phase in Abhängigkeit der Variation des durch die Drehung der magnetischen Trommel **53** erzeugten Magnetfeldes **3** gemäß den folgenden Gleichungen:

$$a11 = R0 + R\sin(p\omega)$$

$$a12 = R0 + R\sin(p\omega + 2\pi) = R0 + R\sin(p\omega)$$

$$a21 = R0 + R\sin(p\omega + 3\pi) = R0 - R\sin(p\omega)$$

$$a22 = R0 + R\sin(p\omega + 5\pi) = R0 - R\sin(p\omega)$$

$$a31 = R0 + R\sin(p\omega + 6\pi) = R0 + R\sin(p\omega)$$

$$a32 = R0 + R\sin(p\omega + 8\pi) = R0 + R\sin(p\omega)$$

$$a41 = R0 + R\sin(p\omega + 9\pi) = R0 - R\sin(p\omega)$$

$$a42 = R0 + R\sin(p\omega + 11\pi) = R0 - R\sin(p\omega)$$

worin ω den Drehwinkel der magnetischen Trommel **53**, R0 den Widerstandswert ohne Magnetfeld, R das Widerstandsverhältnis (Koeffizient) und p die Anzahl der magnetisierten Teilbereiche der magnetisierten Multipolschicht **53a** angibt.

**[0030]** Wird die Differenz im Ausgangssignal zwischen den Anschlüssen e0 und e1 verstärkt, so kann das Ausgangssignal der A-Phase durch folgende Gleichung dargestellt werden:

$$Aout = \alpha \times 4 \times R \times V/R0 \times \sin(p\omega)$$

worin Aout das Ausgangssignal der A-Phase und α den Verstärkungsfaktor angibt.

**[0031]** Die magnetfeldabhängigen Widerstandsele-

mente **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$, **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$, **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$, **4b**$_{41}$ und **4b**$_{42}$ der B-Phase sind gegenüber den magnetfeldabhängigen Widerstandselementen **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$, **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$, **4a**$_{41}$ und **4a**$_{42}$ der A-Phase um 3π/4 versetzt, so daß das Ausgangssignal der B-Phase durch folgende Gleichung angegeben werden kann:

$$Bout = \alpha \times 4 \times R \times V/R0 \times \cos(p\omega)$$

worin Bout das Ausgangssignal der B-Phase angibt.

**[0032]** Der Drehwinkel der magnetischen Trommel **53** kann in einem regelmäßigen Abstand, d.h. einer Teilung von p/4 erfaßt werden, indem die Null-Kreuzungspunkte der Ausgangssignale der A-Phase und der B-Phase erfaßt werden. Der Erfassungsabstand ist also viermal kleiner als die Anzahl p der Unterteilungen, d.h. ein Viertel dieser Anzahl, um so eine hohe Auflösung zu realisieren und damit die Erfassungsgenauigkeit auf einen hohen Wert zu bringen. In Vermessungsinstrumenten wird manchmal ein Erfassungsabstand benötigt, der kleiner als ein Viertel der Anzahl p der Unterteilungen ist. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Anzahl der Unterteilungen (Erfassungsabstand) erhöht, und zwar unter Verwendung der folgenden, auf der A-Phase und der B-Phase basierenden Berechnung.

$$\tan^{-1}(Aout/Bout)$$

**[0033]** Bei dem erläuterten Ausführungsbeispiel des in einem Vermessungsinstrument enthaltenen, magnetfeldabhängige Widerstandselemente verwendenden magnetischen Inkremental-Drehcodierers sind die magnetfeldabhängigen Widerstandselemente so angeordnet, daß Hysterese und/oder externe Magnetfelder kompensiert sind. Der Fehler, der durch die Hysterese verursacht wird, wird dadurch beseitigt, während der Horizontal- oder der Vertikalwinkel selbst an Orten gemessen werden kann, an denen der Codierer von externen Magnetfeldern nicht abgeschirmt werden kann.

**[0034]** In dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei Paare benachbarter, in Reihe verbundener Widerstandselemente (z.B. die beiden Paare mit den Widerstandselementen **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$) so angeordnet, daß sie Phasenwinkel λ, λ/2 und λ haben, und zwar in dieser Reihenfolge. Die magnetfeldabhängigen Widerstandselemente können jedoch auch in gleichen Abständen λ/2 voneinander angeordnet werden, wobei die Reihenfolge der Widerstandselemente durch **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$, **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$ gegeben ist, wie in Fig. 6 gezeigt ist, während sowohl die A-Phase als auch die B-Phase in Form einer Brückenschaltung nach Fig. 5 zusammengeschaltet sein können. Obgleich in diesem Fall die Widerstandselemente eines jeden Paars so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von λ/2 vorhanden ist, ist ein ähnlicher Effekt wie in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 zu erwarten, da zum ersten die beiden Widerstandselemente **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$ so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von λ vorhanden ist, zum zweiten die Widerstandselemente **4a**$_{21}$ und **4a**$_{22}$ so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von λ vorhanden ist, und zum dritten das Paar Widerstandselemente **4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$ gegenüber dem Paar Widerstandselemente **4a**$_{21}$ und **4a**$_{22}$ so versetzt ist, daß zwischen diesen beiden Paaren ein Phasenwinkel von λ/2 vorhanden ist.

**[0035]** In dem erläuterten Ausführungsbeispiel sind die magnetischen Sensoren **54** und **55** jeweils als Kombination mehrerer Paare magnetfeldabhängiger Widerstandselemente ausgebildet, wobei die Widerstandselemente eines Paars jeweils so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel von 1λ vorhanden ist. Die Erfindung ist jedoch auf dieses Ausführungsbeispiel nicht beschränkt. Für den Fall, daß zwei magnetische Sensoren verwendet werden, die jeweils nicht als eine solche Kombination von mehreren Paaren magnetfeldabhängiger Widerstandselemente ausgebildet sind, können die beiden magnetischen Sensoren auf entgegengesetzten Seiten der magnetischen Trommel **53** so angeordnet sein, daß sie um etwa 180° um die Achse der Trommel zueinander versetzt sind, wobei die beiden Sensoren so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein ungeradzahliger Phasenwinkel λ, z.B. 1λ, 3λ oder 5λ, vorhanden ist, während die Ausgangsspannung des einen Sensors in Phase mit der des anderen Sensors ist.

**[0036]** In diesem Fall kann ein ähnlicher Effekt wie in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 erwartet werden, indem ein Mittelwert der Erfassungssignale der beiden Sensoren oder der Drehwinkel der magnetischen Trommel genommen wird, wobei die eben genannten Größen über die beiden Sensoren in einer Interpolationsberechnung bestimmt werden.

**[0037]** Ein zusätzlicher magnetischer Sensor, der identisch mit jedem der Sensoren **54'** und **55'** ist, kann entweder nahe dem Sensor **54** oder dem Sensor **55** so angeordnet sein, daß zwischen den beiden entsprechenden Sensoren ein ungeradzahliger Phasenwinkel λ ((2n + 1)λ) vorhanden ist, wobei sich die Ausgangsspannung des zusätzlichen magnetischen Sensors in Phase mit dem des Sensors **54'** bzw. **55'** befindet (vgl. Fig. 7). In diesem Fall ist ein ähnlicher Effekt wie in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 zu erwarten, indem ein Mittelwert der Erfassungssignale der drei Sensoren oder der Drehwinkel der magnetischen Trommel genommen wird, wobei die eben genannten Größen über die drei Sensoren in einer Interpolationsberechnung bestimmt werden.

**[0038]** Die vorliegende Erfindung ist nicht nur auf

eine Gesamtstation anwendbar, wie dies für die oben erläuterten Ausführungsbeispiele dargestellt wurde. Sie ist auch auf andere Vermessungsinstrumente, z.B. Nivellierer, Theodolite, Theodolite mit durchschlagbarem Fernrohr, Tachymetertheodolite u.dgl. anwendbar.

**[0039]** Da bei dem erfindungsgemäßen Vermessungsinstrument die magnetfeldabhängigen Widerstandselemente des in dem Instrument enthaltenen magnetischen Inkremental-Drehcodierers so angeordnet sind, daß Hysterese und/oder externe Magnetfelder kompensiert sind, wird der durch die Hysterese verursachte Fehler beseitigt, so daß der Drehwinkel der magnetischen Trommel mit einem hohen Maß an Genauigkeit erfaßt werden kann. Dies gilt auch dann, wenn das Vermessungsinstrument an einem Ort eingesetzt wird, an dem ein externes Magnetfeld vorhanden ist, da die magnetischen Sensoren von externen Magnetfeldern unbeeinflußt bleiben.

## Patentansprüche

1. Vermessungsinstrument (**11**) mit einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer (**51**), mit
einer magnetischen Trommel (**53**), die an ihrer Außenfläche eine magnetisierte Multipolschicht (**53a**) mit mehreren unter einem Teilungswinkel λ gleichmäßig unterteilten, magnetisierten Teilbereichen hat, und
mindestens zwei magnetischen Sensoren (**54**, **55**), die jeweils ein von der magnetisierten Multipolschicht (**53a**) erzeugtes Magnetfeld erfassen, wobei die magnetischen Sensoren (**54**, **55**) jeweils eine durch eine Relativdrehung zwischen ihnen und der Trommel (**53**) verursachte Änderung des Magnetfeldes erfassen, um den Winkel dieser Relativdrehung zu erfassen, und
die magnetischen Sensoren (**54**, **55**) so angeordnet sind, daß zwei von ihnen so zueinander versetzt sind, daß zwischen diesen Sensoren ein Phasenwinkel vorhanden ist, der gleich dem Teilungswinkel λ oder gleich einem ungeradezahlig Vielfachen des Teilungswinkels λ ist.

2. Vermessungsinstrument (**11**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von den magnetischen Sensoren (**54**, **55**) zwei Sensoren in enger räumlicher Nähe zueinander angeordnet sind.

3. Vermessungsinstrument (**11**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von den magnetischen Sensoren (**54**, **55**) zwei Sensoren so auf entgegengesetzten Seiten der magnetischen Trommel (**53**) angeordnet sind, daß sie um etwa 180° um die Trommelachse versetzt zueinander angeordnet sind.

4. Vermessungsinstrument (**11**) mit einem magnetischen Inkremental-Drehcodierer (**51**), mit
einer magnetischen Trommel (**53**), die an ihrer Außenfläche eine magnetisierte Multipolschicht (**53a**) mit mehreren unter einem Teilungswinkel λ gleichmäßig unterteilten, magnetisierten Teilbereichen hat, und
einem magnetischen Sensor (**54**), der ein von der magnetisierten Multipolschicht (**53a**) erzeugtes Magnetfeld erfaßt und mehrere in einer Schaltung miteinander verbundene Paare einander benachbarter, magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$; **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$; **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$; **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$; **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$; **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$; **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$; **4b**$_{41}$, **4b**$_{42}$) enthält, wobei
der magnetische Sensor (**54**) eine durch eine Relativdrehung zwischen ihm und der Trommel (**53**) verursachte Änderung des Magnetfeldes erfaßt, um den Winkel dieser Relativdrehung zu messen, und
jedes Paar magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$; **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$; **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$; **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$; **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$; **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$; **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$; **4b**$_{41}$, **4b**$_{42}$) so angeordnet ist, daß die Widerstandselemente dieses Paars so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel vorhanden ist, der gleich einem dem Teilungswinkel λ oder gleich einem ungradzahlig Vielfachen des Teilungswinkels λ ist.

5. Vermessungsinstrument (**11**) nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch einen weiteren magnetischen Sensor (**55**), der so an der magnetischen Trommel (**53**) angeordnet ist, daß er gegenüber dem anderen magnetischen Sensor (**54**) um die Trommelachse versetzt ist.

6. Vermessungsinstrument (**11**) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetische Sensor (**54**) vier Paare magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$; **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$; **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$; **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$; **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$; **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$; **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$; **4b**$_{41}$, **4b**$_{42}$) enthält, die so angeordnet sind, daß jeweils zwei benachbarte Paare so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel vorhanden ist, der 1/2 des Teilungswinkels λ beträgt.

7. Vermessungsinstrument (**11**) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetische Sensor (**54**) versehen ist mit
einer ersten Gruppe von vier in einer Schaltung miteinander verbundenen Paaren einander benachbarter, magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$; **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$; **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$; **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$), die so angeordnet sind, daß jeweils zwei benachbarte Paare so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel vorhanden ist, der 1/2 des Teilungswinkels λ beträgt, und
einer zweiten Gruppe von vier in einer Schaltung miteinander verbundenen Paaren einander benachbarter magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$; **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$; **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$; **4b**$_{41}$, **4b**$_{42}$), die so angeordnet sind, daß jeweils zwei benachbarte Paare so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel vorhanden ist, der 1/2 des Teilungswinkels λ beträgt, wobei die erste und die zweite

Gruppe so angeordnet sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel vorhanden ist, der 3/4 des Teilungswinkels λ beträgt.

8. Vermessungsinstrument (**11**) mit
einer Nivellierplatte (**17**),
einem Sockel (**21** ), der so an die Nivellierplatte (**17**) gekoppelt ist, daß er relativ zu dieser um eine vertikale Achse drehbar ist,
einem Kollimationsfernrohr (**25**), das so an den Sockel (**21**) gekoppelt ist, daß es relativ zu diesem um eine horizontale Achse drehbar ist,
einer Horizontalwinkel-Meßvorrichtung zum Messen des Drehwinkels des Sockels (**21**) relativ zu der Nivellierplatte (**17**), und
einer Vertikalwinkel-Meßvorrichtung zum Messen des Drehwinkels des Kollimationsfernrohrs (**25**) relativ zu dem Sockel (**21**), wobei
von der Horizontalwinkel-Meßvorrichtung und der Vertikalwinkel-Meßvorrichtung mindestens eine Meßvorrichtung einen magnetischen Inkremental-Drehcodierer (**51**) enthält,
der magnetische Inkremental-Drehcodierer (**51**) versehen ist mit einer magnetischen Trommel (**53**), an deren Außenfläche eine magnetisierte Multipolschicht (**53a**) mit mehreren unter einem Teilungswinkel λ gleichmäßig unterteilten, magnetisierten Teilbereichen ausgebildet ist, einem ersten magnetischen Sensor (**54**) und einem zweiten magnetischen Sensor (**55**),
der erste und der zweite magnetische Sensor (**54**, **55**) jeweils mehrere in einer Schaltung miteinander verbundene Paare einander benachbarter magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$; **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$; **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$; **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$; **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$; **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$; **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$; **4b**$_{41}$, **4b**$_{42}$) enthalten und so auf entgegengesetzten Seiten der magnetischen Trommel (**53**) angeordnet sind, daß sie jeweils der magnetisierten Multipolschicht (**53a**) zugewandt sind,
der erste und der zweite magnetische Sensor (**54**, **55**) jeweils ein von der magnetisierten Multipolschicht (**53a**) erzeugtes Magnetfeld erfassen,
der erste und der zweite magnetische Sensor (**54**, **55**) jeweils eine durch eine Relativdrehung zwischen ihnen und der Trommel (**53**) verursachte Änderung des Magnetfeldes erfassen, um den Winkel dieser Relativdrehung zu messen, und
jedes Paar magnetfeldabhängiger Widerstandselemente (**4a**$_{11}$, **4a**$_{12}$; **4a**$_{21}$, **4a**$_{22}$; **4a**$_{31}$, **4a**$_{32}$; **4a**$_{41}$, **4a**$_{42}$; **4b**$_{11}$, **4b**$_{12}$; **4b**$_{21}$, **4b**$_{22}$; **4b**$_{31}$, **4b**$_{32}$; **4b**$_{41}$, **4b**$_{42}$) so angeordnet ist, daß die Widerstandselemente dieses Paars so zueinander versetzt sind, daß zwischen ihnen ein Phasenwinkel vorhanden ist, der gleich dem Teilungswinkel λ oder gleich einem ungradzahlig Vielfachen des Teilungswinkels λ ist.

9. Vermessungsinstrument (**11**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Gesamtstation ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

Fig. 1

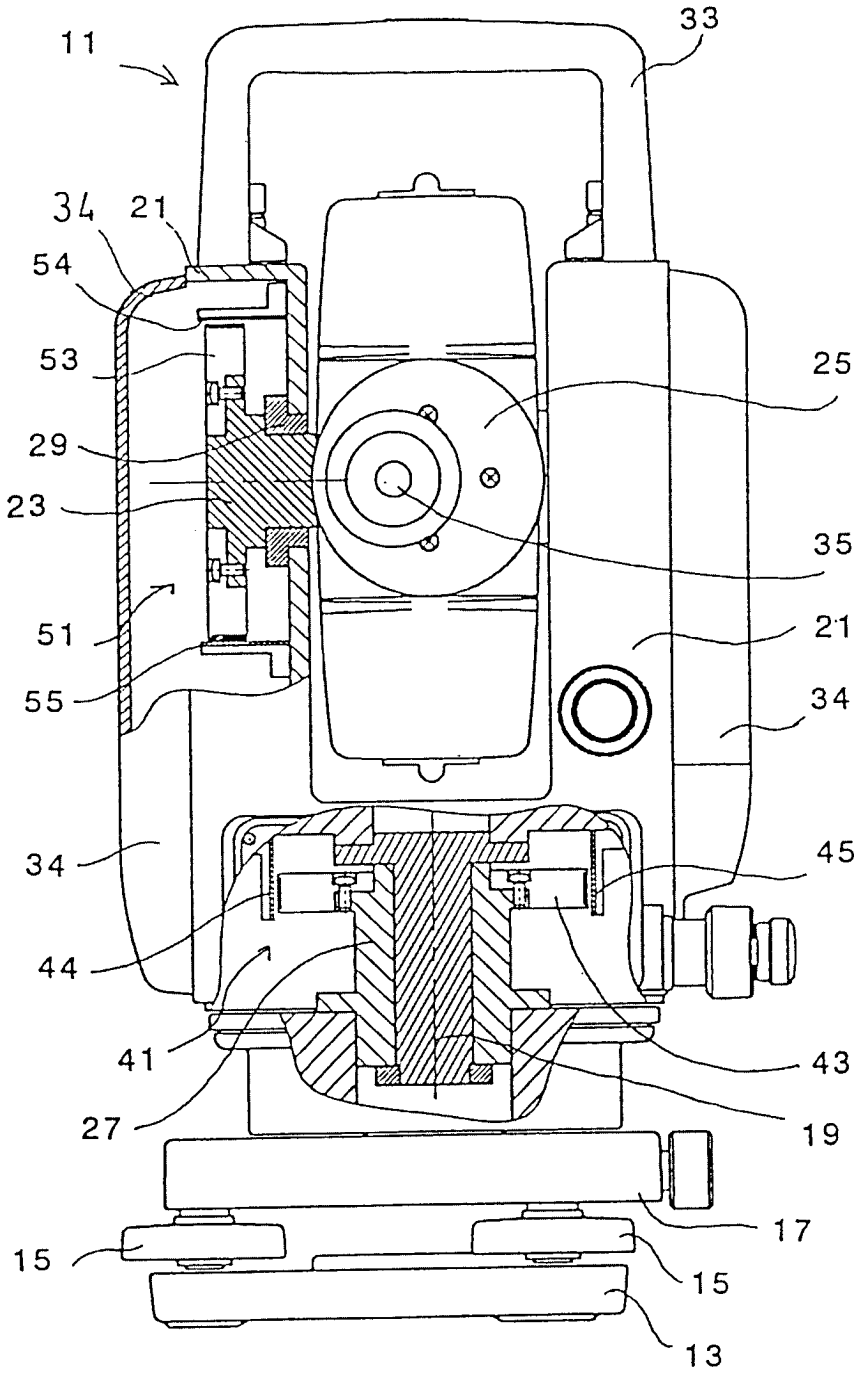


Fig. 2

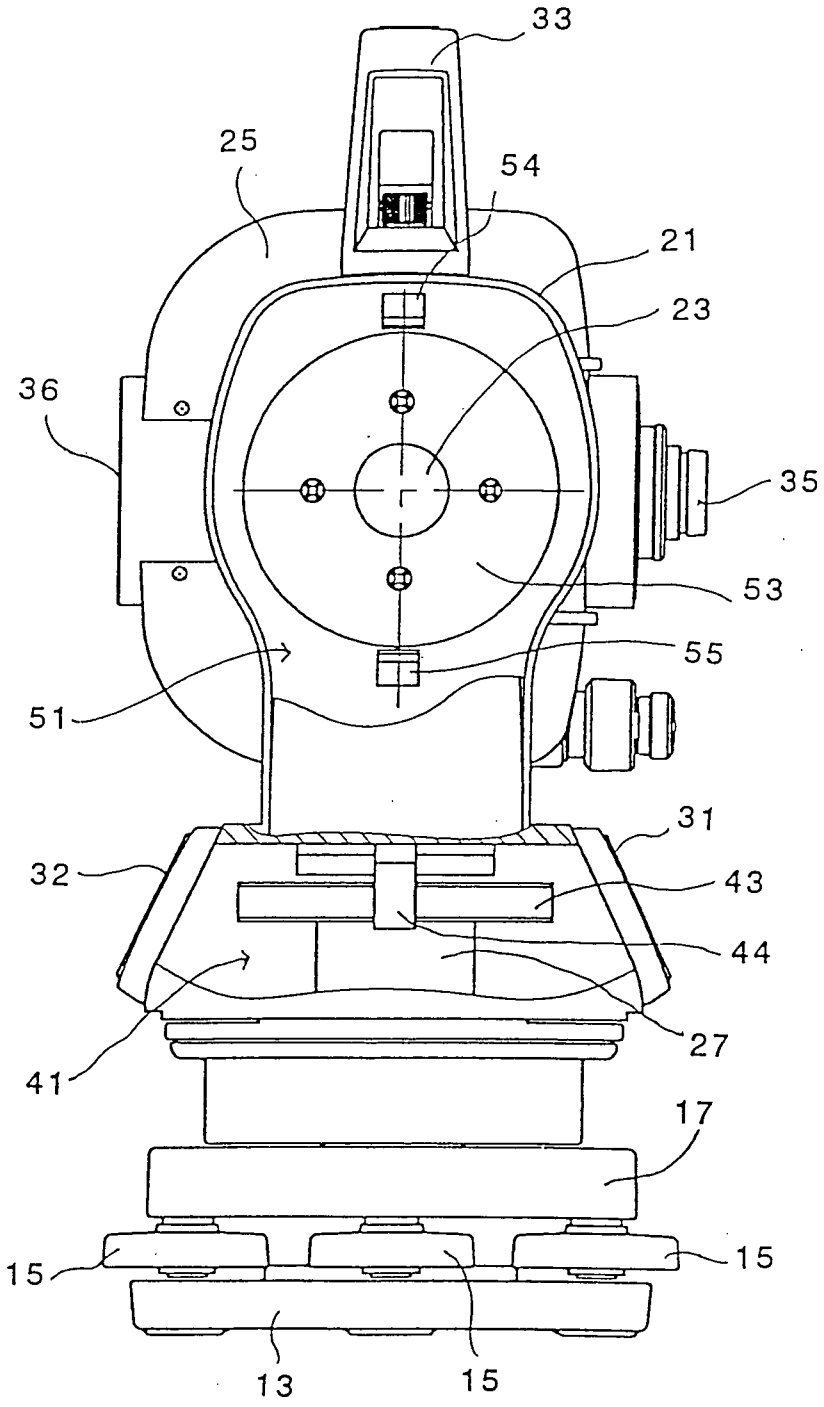


Fig. 3

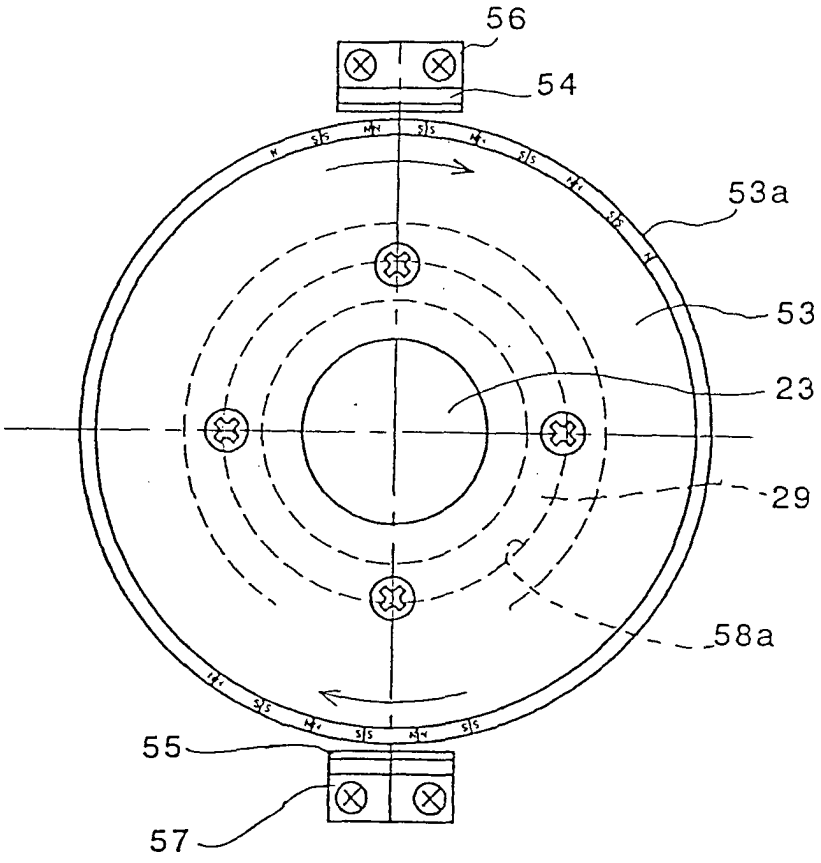


Fig. 4

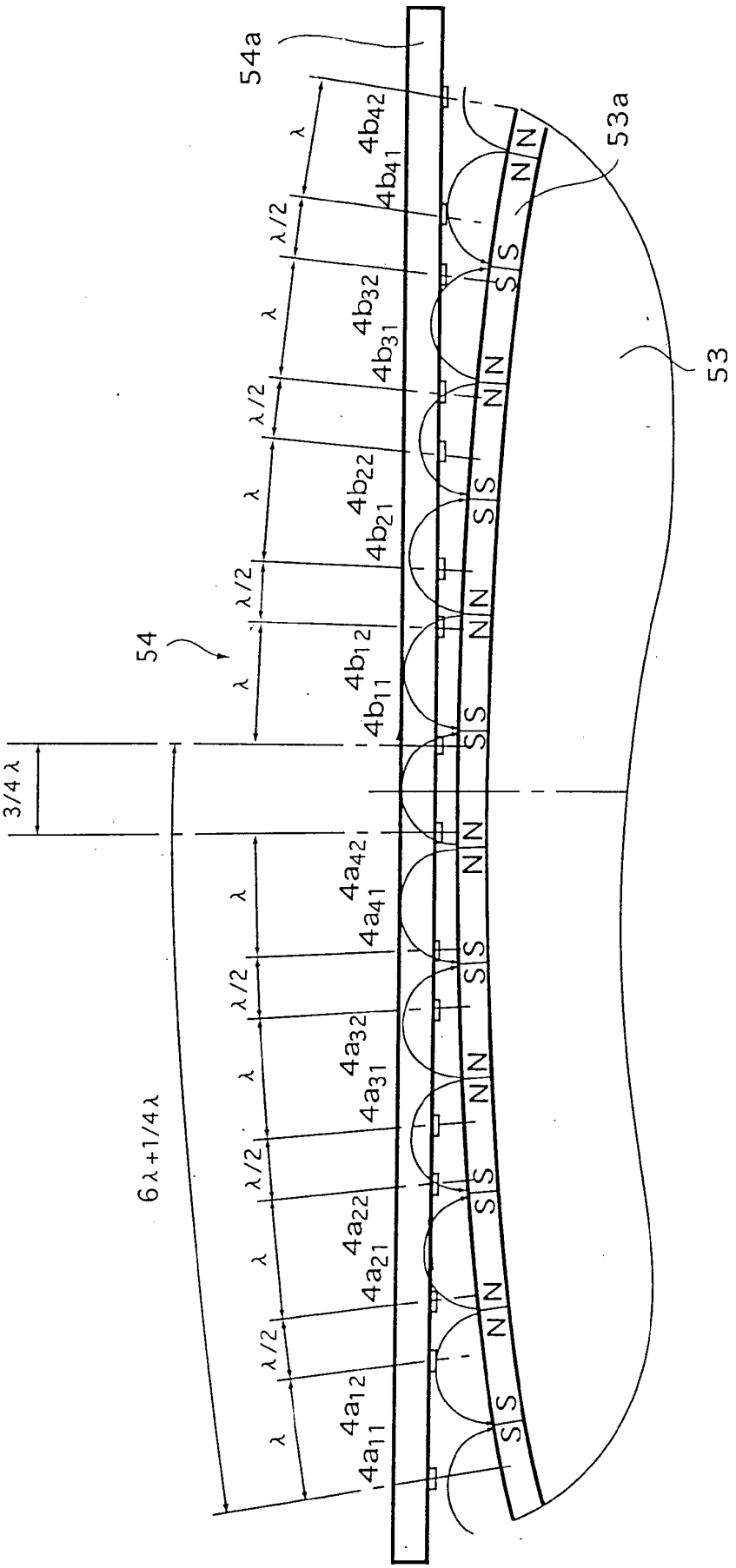

54a
53a
53
54
3/4 λ
6λ+1/4λ
λ
λ/2
4b42
4b41
4b32
4b31
4b22
4b21
4b12
4b11
4a42
4a41
4a32
4a31
4a22
4a21
4a12
4a11
N
S

Fig.5

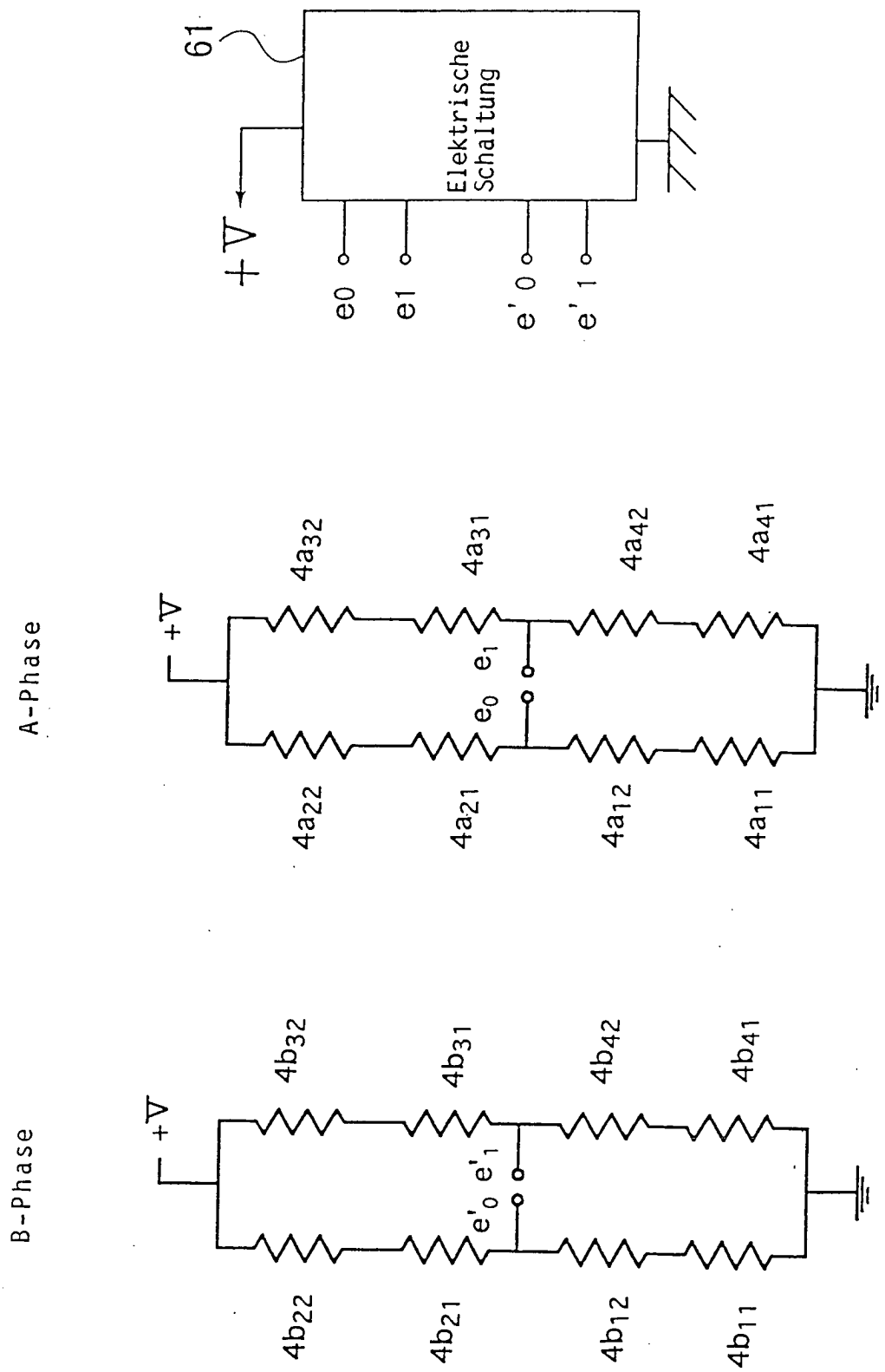

61
Elektrische Schaltung
+V
e0
e1
e'0
e'1
A-Phase
4a32
4a31
4a42
4a41
4a22
4a21
4a12
4a11
B-Phase
4b32
4b31
4b42
4b41
4b22
4b21
4b12
4b11

Fig. 6

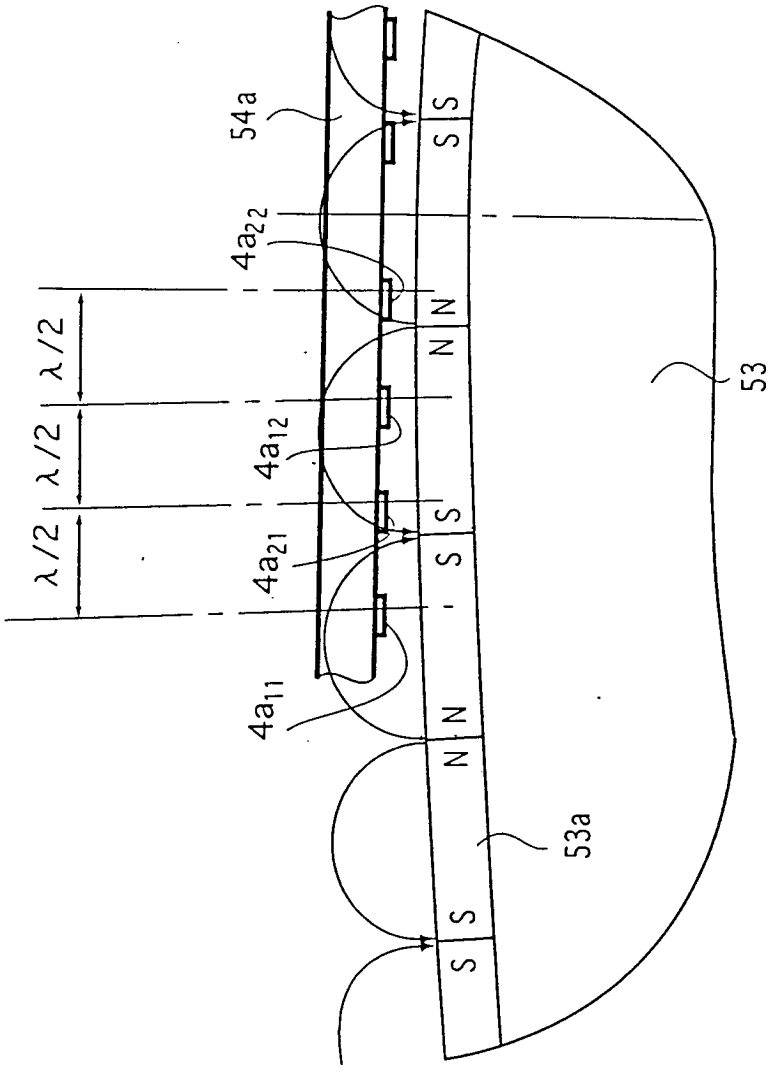


Fig. 7

