



(10) **DE 10 2014 015 978 B4** 2021.04.29

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 015 978.7**

(22) Anmeldetag: **29.10.2014**

(43) Offenlegungstag: **30.04.2015**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **29.04.2021**

(51) Int Cl.: **G01D 5/36 (2006.01)**  
**G01D 5/244 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:  
**2013-224848 30.10.2013 JP**

(73) Patentinhaber:  
**CANON KABUSHIKI KAISHA, Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**WESER & Kollegen Patentanwälte PartmbB,  
81245 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Yonezawa, Takeshi, c/o CANON KABUSHIKI  
KAISHA, Tokyo, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2010 002 949</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 279 248</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2009 / 0 256 065</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2013 / 0 099 105</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>H05- 45 151</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>H08- 304 113</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Positionsdetektiervorrichtung und diese enthaltende Linsenvorrichtung und  
Bildaufnahmeverrichtung**

(57) Hauptanspruch: Positionsdetektiervorrichtung, umfassend:

eine Skala (202), die mindestens drei mit verschiedenen Zyklen in einer Bewegungsrichtung ausgebildete Rasteranordnungen (203a, 203b) umfasst;

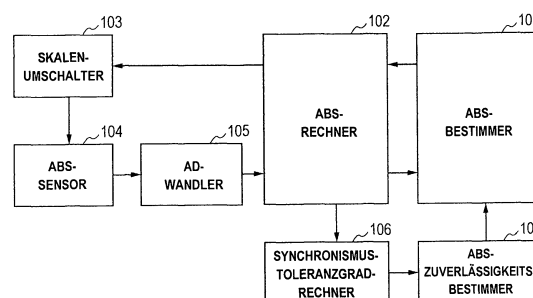
eine Erhalteeinheit (205), die konfiguriert ist, mindestens drei auf den mindestens drei Rasteranordnungen basierende Signale nach Maßgabe der Position der Erhalteeinheit in der Bewegungsrichtung bezüglich der Skala zu erhalten;

einen Phasenrechner, der konfiguriert ist, mindestens drei Phasen (Inc1, Inc2, Inc3) der Bewegungsrichtung basierend auf den mindestens drei durch die Erhalteeinheit erhaltenen Signalen zu berechnen;

ein Synchronismusrechner, der konfiguriert ist, eine Position (Pabs) der Erhalteeinheit bezüglich der Skala durch Durchführen von Synchronismusberechnung von zwei Phasen von den berechneten mindestens drei Phasen für mehrere Phasenkombinationen zu berechnen;

einen Synchronisationsfehlerrechner (106), der konfiguriert ist, einen Synchronisationsfehler (Mgn) in der jeweiligen Synchronismusberechnung zu berechnen; sowie

eine Bestimmungseinheit (107), die konfiguriert ist, zu bestimmen, ob die mehreren Synchronismusberechnungen normal sind, durch Vergleichen des jeweiligen Synchronisationsfehlers mit einem für jede der mehreren Phasenkombinationen unabhängig eingestellten Schwellenwert.



## Beschreibung

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

#### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Positionsdetektiervorrichtung, die konfiguriert ist, eine Position eines beweglichen Elements zu detektieren, insbesondere auf eine Positionsdetektiervorrichtung, die konfiguriert ist, eine Position eines beweglichen Elements basierend auf mehreren Signalen zu detektieren, sowie auf eine Linsenvorrichtung und eine Bildaufnahmevorrichtung, die die Positionsdetektiervorrichtung beinhalten.

#### Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Als eine Vorrichtung zum Messen einer Distanz einer Bewegung eines Objekts ist bisher neben einem Inkrementalgeber zum Messen einer Relativbewegungsdistanz ein Absolutwertgeber bekannt, der eine Absolutposition zu detektieren vermag.

**[0003]** Die japanische Patentanmeldung Nr. H08-304113 offenbart einen Absolutwertgeber des Noniustyps. Der in der japanischen Patentanmeldung Nr. H08-304113 offenbarte Absolutwertgeber des Noniustyps besitzt eine Anordnung, die eine Hauptspur und mindestens eine Nebenspur beinhaltet, die durch verschiedene Anordnungsabstände besitzende Gitter raster ausgebildet sind. Basierend auf einer geringen Verschiebung zwischen detektierten Signalen, die aufgrund eines Unterschieds im Anordnungsabstand zwischen den Spuren erzeugt wird, wird eine Position in einem Abschnitt identifiziert, über dem der Absolutwertgeber des Noniustyps einmal umläuft, (hiernach auch als „Absolutpositionsdetektion“ oder „Absolutpositionsberechnung“ bezeichnet).

**[0004]** Die japanische Patentanmeldung Nr. H05-45151 offenbart ein Umschalttiming in eine Absolutzähloperation im Absolutwertgeber des Noniustyps. Der Absolutwertgeber des Noniustyps besitzt eine Anordnung, in der Spuren mit kleineren Anordnungsabständen und mit größeren Anordnungsabständen ausgebildet sind. Als das Umschalttiming in die auf den oben beschriebenen Spuren basierende Absolutzähloperation wird eine Operation vom Absolutwertgeber des Noniustyps in die Absolutzähloperation umgeschaltet, wenn eine Geschwindigkeit zu einer Geschwindigkeit verringert wird, bei der fehlerhafte Detektion bei einer Inkrementalmessung bei den kleineren Anordnungsabständen nicht auftritt. Die Offenlegungsschrift DE 10 2010 002 949 A1 beschreibt einen Absolutwertgeber mit zwei Spuren. Weiterhin betrifft die Offenlegungsschrift US 2009/0 256 065 A1 einen Absolutwertgeber mit einer absoluten Skala mit pseudozufälliger Codierung. Außerdem beschreibt die Patentschrift US 6 279 248 B1 einen Absolutwertgeber mit mehrzelliger Codierungsscheibe sowie Strahlungsquelle und -detektor. Die Offenlegungsschrift US 2013/0 099 105 A1 bezieht sich auf einen Absolutwertgeber mit einer Skala mit einem ersten und einem zweiten periodischen Muster.

**[0005]** Die oben-erwähnten Absolutwertgeber des Standes der Technik sind konfiguriert eine Absolutposition basierend auf einer geringen Verschiebung zwischen detektierten Signalen zu berechnen, die aufgrund eines Unterschieds im Anordnungsabstand zwischen den Spuren erzeugt wird, und sind folglich empfindlich auf Kratzer und Staubpartikel auf einer Skala. Jedoch gibt es, obwohl ein Fehler während einer Inspektion gefunden werden kann, kein Verfahren zum Finden eines Fehlers während einer Absolutpositionsdetektion.

**[0006]** Insbesondere, wenn Staubpartikel nach der Inspektion an der Skala haften, tritt das Problem auf, dass fehlerhaft eine unterschiedliche Position während der Absolutpositionsdetektion detektiert werden kann.

### OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Es ist ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine, eine hohe Zuverlässigkeit besitzende Positionsdetektiervorrichtung bereitzustellen, die die Zuverlässigkeit von Positionsdetektion selbst dann zu bestimmen vermag, falls Kratzer und Staubpartikel auf einer Skala vorhanden sind.

**[0008]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Positionsdetektiervorrichtung nach Anspruch 1 bereitgestellt.

**[0009]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die eine hohe Zuverlässigkeit besitzende Positionsdetektiervorrichtung bereitgestellt werden, die die Zuverlässigkeit von Positionsdetektion zu bestimmen vermag.

**[0010]** Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen deutlich.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Anordnungsblockdiagramm gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 2** ist eine Schnittansicht eines ABS-Sensors.

**Fig. 3** ist eine Draufsicht einer Skaleneinheit gemäß der ersten Ausführungsform.

**Fig. 4** ist eine Draufsicht eines Lichtempfängers.

**Fig. 5** ist ein Flussdiagramm einer Signalerhaltung gemäß der ersten Ausführungsform.

**Fig. 6** ist ein Flussdiagramm einer Absolutpositionsberechnung.

**Fig. 7A** ist ein Graph, der erste und zweite Relativpositionssignale sowie ein Noniussignal zeigt.

**Fig. 7B** ist ein Graph, der erste und zweite Relativpositionssignale sowie ein Noniussignal zeigt.

**Fig. 7C** ist ein Graph, der erste und zweite Relativpositionssignale sowie ein Noniussignal zeigt.

**Fig. 7D** ist ein Graph, der erste und zweite Relativpositionssignale sowie ein Noniussignal zeigt.

**Fig. 8A** ist ein Graph, der eine Wellenformänderung bei Synchronismusberechnung zeigt.

**Fig. 8B** ist ein Graph, der eine Wellenformänderung bei Synchronismusberechnung zeigt.

**Fig. 8C** ist ein Graph, der eine Wellenformänderung bei Synchronismusberechnung zeigt.

**Fig. 8D** ist ein Graph, der eine Wellenformänderung bei Synchronismusberechnung zeigt.

**Fig. 9A** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler in der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 9B** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler in der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 10A** ist ein Graph, der ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 10B** ist ein Graph, der ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 11** ist ein Anordnungsblockdiagramm gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 12** ist ein Flussdiagramm einer Zuverlässigkeitsschwellenwert-Berechnung.

**Fig. 13** ist ein Flussdiagramm einer Zuverlässigkeitsschwellenwert-Aktualisierung.

**Fig. 14A** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 14B** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 14C** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 15A** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in einer abgeleiteten Form der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 15B** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in einer abgeleiteten Form der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 16A** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in einer abgeleiteten Form der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 16B** ist ein Graph, der einen Synchronismus-Synchronisationsfehler sowie ein Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungskriterium in einer abgeleiteten Form der zweiten Ausführungsform zeigt.

## BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0011]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen im Detail beschrieben.

### Erste Ausführungsform

**[0012]** Im Folgenden wird eine Positionsdetektiervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **Fig. 10B** beschrieben.

**[0013]** **Fig. 1** ist ein Anordnungsblockdiagramm der Positionsdetektiervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In **Fig. 1** ist ein ABS-Rechner **102** ein Rechner zum Berechnen einer Absolutposition Pabs, die ein Versatzbetrag eines beweglichen Elements bezüglich eines fixierten Elements (das heißt bezüglich einer vorbestimmten Referenzposition) ist basierend auf einem von einem ABS-Sensor **104** ausgegebenen Signal. Ein Skalenumschalter (Umschalteinheit) **103** ist ein Skalenumschalter zum Umschalten von basierend auf zwei Typen Spurraster erzeugten zwei Typen Signalausgaben und zum fortlaufenden Ausgeben der umgeschalteten Signalausgaben vom ABS-Sensor **104**. Der ABS-Sensor (Erhalteinheit) **104** ist ein Absolutpositionssensor zum Ausgeben eines Signals zum Berechnen einer Absolutposition des beweglichen Elements in seiner Bewegungsrichtung bezüglich des fixierten Elements. Eine innere Anordnung und die ausgegebenen Signale des ABS-Sensors **104** werden später beschrieben. Ein AD-Wandler **105** ist ein AD-Wandler zum Umwandeln eines vom ABS-Sensor **104** ausgegebenen Analogsignals in ein Digitalsignal.

**[0014]** Ein Synchronismustoleranzgrad-Rechner (ein Synchronisationsfehler-Rechner, eine Synchronisationsfehler-Berechnungseinheit) **106** berechnet einen Synchronismustoleranzgrad (Synchronisationsfehler), der ein die Synchronismusgültigkeit in einer im ABS-Rechner **102** durchgeführten Synchronismusberechnungsverarbeitung darstellender Parameter ist. Ein ABS-Zuverlässigkeitsbestimmer (Bestimmungseinheit) **107** bestimmt die Zuverlässigkeit der durch den ABS-Rechner **102** berechneten Absolutposition Pabs basierend auf dem durch den Synchronismustoleranzgrad-Rechner **106** berechneten Synchronismustoleranzgrad. Die Synchronismusberechnungsverarbeitung durch einen Synchronbetreiber (Rechner) und der Synchronismustoleranzgrad werden später im Detail beschrieben.

**[0015]** Ein ABS-Bestimmer **101** ist ein Absolutpositionsbestimmer zum Auffordern des ABS-Rechners **102** eine Absolutposition zu berechnen und zum Bestimmen, ob die durch den ABS-Rechner **102** berechnete Absolutposition Pabs basierend auf dem Bestimmungsergebnis des ABS-Zuverlässigkeitsbestimmers **107** als endgültige Absolutposition definiert wird oder nicht.

**[0016]** Der ABS-Bestimmer **101**, der ABS-Rechner **102**, der Synchronismustoleranzgrad-Rechner **106**, und der ABS-Zuverlässigkeitsbestimmer **107** können in einer einzelnen CPU angeordnet sein oder können in mehreren CPUs angeordnet sein.

**[0017]** Als nächstes werden die innere Anordnung und die ausgegebenen Signale des ABS-Sensors **104** unten beschrieben.

**[0018]** **Fig. 2** ist eine Schnittansicht des ABS-Sensors **104**. In **Fig. 2** ist ein bewegliches Element **21** ein beweglicher Teilbereich, der sich in einer X-Achsenrichtung zu bewegen vermag, die senkrecht zu einer Zeichenebene ist. Ein fixiertes Element **22** ist ein Element, das als Referenz der Absolutposition des beweglichen Elements **21** dient. Eine Lichtquelle **201** ist eine Lichtemissionseinheit und ist zum Beispiel eine LED. Eine Skaleneinheit **202** ist eine Skaleneinheit, die zwei Spurraster **203a** und **203b** mit verschiedener Anzahl Schlitze beinhaltet, die mit gleichen Intervallen über eine Gesamtlänge bereitgestellt sind. Ein Lichtempfänger **204a** ist ein Lichtempfänger zum Empfangen von Licht, das von der Lichtquelle **201** emittiert und durch das Spurraster **203a** reflektiert wird. Ähnlich ist ein Lichtempfänger **204b** ein Lichtempfänger zum Empfangen von Licht, das von der Lichtquelle **201** emittiert und durch das Spurraster **203b** reflektiert wird. Die Lichtempfänger **204a** und **204b** sind zum Beispiel Photodiodenanordnungen. Eine Signalverarbeitungsschaltung **205** ist eine Signalverarbeitungsschaltung zum Verarbeiten der Signale des durch die Lichtempfänger **204a** und **204b** empfangenen Lichts und zum Ausgeben irgendwelcher Signale der Spurraster **203a** und **203b** gemäß einem Umschaltsignal.

vom Skalenumschalter **103**. In dieser Ausführungsform wird die Anordnung erläutert, in der die Skaleneinheit **202** für das bewegliche Element **21** bereitgestellt ist und die Lichtquelle **201** und die Lichtempfänger **204a** und **204b** für das fixierte Element **22** bereitgestellt sind. Jedoch versteht es sich, dass die Anordnung nicht darauf beschränkt ist. Die Skaleneinheit **202** muss nur für eins aus dem fixierten Element **21** und dem beweglichen Element **22** bereitgestellt sein, wohingegen die Lichtquelle **201** und die Lichtempfänger **204a** und **204b** nur für das andere aus dem fixierten Element **21** und dem beweglichen Element **22** bereitgestellt sein müssen. Dasselbe trifft auch auf eine später beschriebene Ausführungsform zu.

**[0019]** Fig. 3 ist eine Draufsicht der Skaleneinheit **202** gemäß der ersten Ausführungsform. In Fig. 3 sind Schlitzraster des reflektierenden Typs (reflektierende Rasteranordnungen) als Beispiel illustriert. Die Skaleneinheit **202** beinhaltet zwei Spurraster, nämlich das erste Spurraster **203a** und das zweite Spurraster **203b**. Die Skaleneinheit **202** ist wie folgt konfiguriert. Wenn das von der Lichtquelle **201** emittierte Licht in reflektierende Teilbereiche (schwarze Teilbereiche) der Spurraster **203a** und **203b** eintritt, wird das Licht zu den jeweiligen Lichtempfängern **204a** und **204b** reflektiert. Die reflektierenden Teilbereiche des ersten Spurrasters **203a** sind mit gleichen Anordnungsabständen **P1** ausgebildet. Die reflektierenden Teilbereiche des zweiten Spurrasters **203b** sind mit gleichen Anordnungsabständen **P2** ausgebildet. In dieser Ausführungsform ist der Anordnungsabstand **P1** so bestimmt, dass vierzig reflektierende Teilbereiche über eine Gesamtlänge  $L_{max}$  der Skala ausgebildet sind, das heißt, um vierzig Zyklen über die Gesamtlänge  $L_{max}$  zu besitzen. Der Anordnungsabstand **P2** ist so bestimmt, dass neununddreißig reflektierende Teilbereiche über die Gesamtlänge  $L_{max}$  der Skala ausgebildet sind, das heißt, um neununddreißig Zyklen über die Gesamtlänge  $L_{max}$  zu besitzen.

**[0020]** Fig. 4 ist eine Draufsicht vom Lichtempfänger **204a**. Der Lichtempfänger **204b** besitzt dieselbe Anordnung wie die vom Lichtempfänger **204a**. Sechzehn Photodioden **401** bis **416** sind auf dem Lichtempfänger **204a** mit gleichen Intervallen in einer horizontalen Richtung angeordnet. Die Photodioden **401**, **405**, **409** und **413** sind elektrisch miteinander verbunden. Eine aus den Photodioden **401**, **405**, **409** und **413** gebildete Gruppe wird als „Phase a“ bezeichnet. Eine aus den Photodioden **402**, **406**, **410** und **414** gebildete Gruppe wird als „Phase b“ bezeichnet. Ähnlich wird eine aus den Photodioden **403**, **407**, **411** und **415** gebildete Gruppe als „Phase c“ bezeichnet, und eine aus den Photodioden **404**, **408**, **412** und **416** gebildete Gruppe wird als „Phase d“ bezeichnet. Diese Ausführungsform wird basierend auf der Annahme beschrieben, dass eine Länge für vier im Lichtempfänger **204a** enthaltene Photodioden in einer Anordnungsrichtung der Photodioden (zum Beispiel eine Distanz von einem Ende der Photodiode **401** zu einem Ende der Photodiode **404**) doppelt so groß ist wie der Anordnungsabstand **P1** der reflektierenden Teilbereiche des ersten Spurrasters **203a**. Eine optische Weglänge von Licht, das von der Lichtquelle **201** zum Lichtempfänger **204a** emittiert wird, ist doppelt so groß wie eine optische Weglänge von Licht, das von der Lichtquelle **201** emittiert und durch die reflektierenden Teilbereiche des ersten Spurrasters **203a** reflektiert wird. Deshalb ist eine Breite des durch den Lichtempfänger **204a** empfangenen reflektierten Lichts doppelt so groß wie die Breite beim reflektierenden Teilbereich. Deshalb entspricht die Breite für die vier im Lichtempfänger **204a** enthaltenen Photodioden in einer X-Richtung einem Zyklus des Rasters des ersten Spurrasters **203a**.

**[0021]** Wenn das Licht von der Lichtquelle **201**, das durch das erste Spurraster **203a** reflektiert wird, durch den Lichtempfänger empfangen wird, **204a**, geben die Phase-a, Phase-b, Phase-c und Phase-d Photodiodegruppen jeweils zu den empfangenen Lichtmengen entsprechende photoelektrische Ströme aus. Mit der Bewegung der Skaleneinheit **202** in der X-Achsenrichtung geben die Phase-a, Phase-b, Phase-c und Phase-d Photodiodegruppen die Ströme (periodische Signale) in den folgenden Phasenbeziehungen schwankend aus. Speziell hinsichtlich des Stroms in der Phase a als Referenz schwankt der Strom bei  $90^\circ$  für die Phase b, bei  $180^\circ$  für die Phase c, und bei  $270^\circ$  für die Phase d. Die Signalverarbeitungsschaltung **205** wandelt die ausgegebenen Ströme durch einen Strom-Spannungs-Wandler in Spannungen um. Als nächstes erhält die Signalverarbeitungsschaltung **205** durch einen Differenzverstärker eine Differenzkomponente zwischen der Phase a und der Phase c sowie eine Differenzkomponente zwischen der Phase b und der Phase d. Als nächstes erzeugt die Signalverarbeitungsschaltung **205** aus der Differenzkomponente zwischen der Phase a und der Phase c und der Differenzkomponente zwischen der Phase b und der Phase d ein erstes A-Phasenversatzsignal  $S1rA$ , das ein A-Phasenversatzsignal des ersten Spurrasters **203a** ist, sowie ein erstes B-Phasenversatzsignal  $S1rB$ , das ein B-Phasenversatzsignal davon ist, dessen Phase um  $90^\circ$  gegenüber der Phase des ersten A-Phasenversatzsignals  $S1rA$  verschoben ist. In ähnlicher Weise werden auch für das durch den Lichtempfänger **204b** empfangene Licht ein zweites A-Phasenversatzsignal  $S2rA$  und ein zweites B-Phasenversatzsignal  $S2rB$  erzeugt, die ein A-Phasenversatzsignal bzw. ein B-Phasenversatzsignal des zweiten Spurrasters **203b** sind.

**[0022]** Die Signalverarbeitungsschaltung **205** gibt gemäß einem Umschaltsignal vom Skalenumschalter **103** irgendeins aus einem Satz aus dem ersten A-Phasenversatzsignal  $S1rA$  und dem ersten B-Phasenversatzsi-

gnal S1rB sowie einem Satz aus dem zweiten A-Phasenversatzsignal S2rA und dem zweiten B-Phasenversatzsignal S2rB aus.

**[0023]** Wie oben beschrieben, gibt der ABS-Sensor **104** gemäß dem Umschaltsignal vom Skalenumschalter **103** irgendeins aus dem Satz aus dem ersten A-Phasenversatzsignal S1rA und dem ersten B-Phasenversatzsignal S1rB sowie dem Satz aus dem zweiten A-Phasenversatzsignal S2rA und dem zweiten B-Phasenversatzsignal S2rB aus.

**[0024]** Als nächstes wird eine Operation der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig. 5** und **Fig. 6** beschrieben. **Fig. 5** illustriert einen Operationsablauf der ersten Ausführungsform.

**[0025]** In Schritt **S501** fängt die Verarbeitung an und fährt dann mit Schritt **S502** fort. Die Verarbeitung zum Bestimmen der Absolutposition Pabs wird durch eine vom ABS-Bestimmer **101** an den ABS-Rechner **102** erteilte Aufforderung zum Berechnen der Absolutposition Pabs begonnen.

**[0026]** In Schritt **S502** gibt der ABS-Rechner **102** an den Skalenumschalter **103** ein zweites Umschaltsignal zum Umschalten zu einer zweiten Skala aus. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S503** fort. Basierend auf dem zweiten Umschaltsignal weist der Skalenumschalter **103** den ABS-Sensor **104** an die Signale des zweiten Spurrasters auszugeben. Dann gibt der ABS-Sensor **104** die Signale S2rA und S2rB des zweiten Spurrasters aus. Die Signale S2rA und S2rB des zweiten Spurrasters werden durch den AD-Wandler **105** in Digitalsignale umgewandelt und werden dann an den ABS-Rechner **102** ausgegeben.

**[0027]** In Schritt **S503** werden ein Signalpegel V1s2rA des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA und ein Signalpegel V1s2rB des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB zu einem Ausführungszeitpunkt **T1** von Schritt **S503** erhalten, die vom AD-Wandler **105** ausgegeben werden. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S504** fort.

**[0028]** In Schritt **S504** gibt der ABS-Rechner **102** an den Skalenumschalter **103** ein erstes Umschaltsignal zum Umschalten zu einer ersten Skala aus. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S505** fort. Basierend auf dem ersten Umschaltsignal weist der Skalenumschalter **103** den ABS-Sensor **104** an, die Signale des ersten Spurrasters auszugeben. Dann gibt der ABS-Sensor **104** die Signale S1rA und S1rB des ersten Spurrasters aus. Die Signale S1rA und S1rB des ersten Spurrasters werden durch den AD-Wandler **105** in Digitalsignale umgewandelt und werden dann an den ABS-Rechner **102** ausgegeben.

**[0029]** In Schritt **S505** werden ein Signalpegel V2s1rA des ersten A-Phasenversatzsignals S1rA und ein Signalpegel V2s1rB des ersten B-Phasenversatzsignals S1rB zu einem Ausführungszeitpunkt **T2** von Schritt **S505** erhalten, die vom AD-Wandler **105** ausgegeben werden. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S506** fort.

**[0030]** In Schritt **S506** wird die Absolutposition Pabs basierend auf den Signalen der jeweiligen Spurraster berechnet, die in Schritten **S503** und **S505** erhalten werden. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S507** fort. Ein Verfahren zum Berechnen der Absolutposition wird später beschrieben.

**[0031]** In Schritt **S507** wird der Synchronismustoleranzgrad, der ein die Synchronismusgültigkeit darstellender Parameter ist, in der Synchronismusberechnungsverarbeitung berechnet, die in der Absolutposition-Pabs-Berechnungsverarbeitung von Schritt **S506** durchgeführt wird. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S508** fort. Die Synchronismusberechnungsverarbeitung und der Synchronismustoleranzgrad werden später im Detail beschrieben.

**[0032]** In Schritt **S508** wird die Zuverlässigkeit der in Schritt **S506** berechneten Absolutposition Pabs basierend auf dem in Schritt **S507** berechneten Synchronismustoleranzgrad bestimmt. Falls bestimmt wird, dass die Absolutposition Pabs zuverlässig ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S510** fort. Andererseits, falls bestimmt wird, dass die Absolutposition Pabs nicht zuverlässig ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S509** fort. Das Zuverlässigkeitsbestimmungsverfahren wird später im Detail beschrieben.

**[0033]** In Schritt **S509** benachrichtigt eine Fehlerbenachrichtigungseinheit (Benachrichtigungseinheit) (nicht gezeigt) wie etwa eine LED den Benutzer über einen Fehler. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S510** fort.

**[0034]** In Schritt **S510** endet die Verarbeitung, und der ABS-Bestimmer **101** bestimmt die durch den ABS-Rechner **102** berechnete Absolutposition Pabs als Absolutposition des beweglichen Elements **21**. Durch die oben beschriebene Verarbeitung wird die Absolutposition des beweglichen Elements bestimmt.

**[0035]** Als nächstes wird das Verfahren zum Berechnen der Absolutposition beschrieben. Die Absolutposition wird durch den ABS-Rechner **102** berechnet. **Fig. 6** illustriert einen Ablauf der Absolutpositionsberechnung.

**[0036]** In Schritt **S601** fängt die Verarbeitung an. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S602** fort.

**[0037]** In Schritt **S602** werden der Signalpegel V2s1rA des ersten A-Phasenversatzsignals S1rA und der Signalpegel V2s1rB des ersten B-Phasenversatzsignals S1rB zum Ausführungszeitpunkt **T1** korrigiert, die im in **Fig. 5** illustrierten Schritt **S505** erhalten werden.

**[0038]** Das erste A-Phasenversatzsignal S1rA und das erste B-Phasenversatzsignal S1rB besitzen in manchen Fällen verschiedene Signaloffsets oder Signalamplituden. Falls die verschiedenen Signaloffsets oder Signalamplituden besitzenden Signale für die Absolutpositionsberechnung direkt benutzt werden, kann ein Fehler in der berechneten Absolutposition Pabs erzeugt werden. Deshalb ist es notwendig die Signale zu korrigieren.

**[0039]** In dieser Ausführungsform ist wie oben beschrieben die Länge für die vier im Lichtempfänger enthaltenen **204a** Photodioden in der Anordnungsrichtung der Photodioden (zum Beispiel die Distanz vom Ende der Photodiode **401** zum Ende der Photodiode **404**) doppelt so groß wie der Anordnungsabstand **P1** der reflektierenden Teilbereiche des ersten Spurrasters **203a**. Daher werden das erste A-Phasenversatzsignal S1rA und das erste B-Phasenversatzsignal S1rB als Ausdrücke (1) bzw. (2) unten ausgedrückt.

$$S1rA : a1 \times \cos\theta + s1 \quad (1)$$

$$S1rB : a2 \times \sin\theta + s2 \quad (2)$$

**[0040]** In den Ausdrücken (1) und (2) ist Symbol a1 eine Amplitude des ersten A-Phasenversatzsignals S1rA und Symbol s1 ist ein Offset des ersten A-Phasenversatzsignals, Symbol a2 ist eine Amplitude des ersten B-Phasenversatzsignals S1rB und Symbol s2 ist ein Offset des ersten B-Phasenversatzsignals, und Symbol  $\theta$  ist eine Phase des Signals. Das erste A-Phasenversatzsignal S1rA besitzt einen Maximalwert  $s1 + a1$ , einen Minimalwert  $s1 - a1$ , die Signalamplitude a1, und einen Durchschnittswert s1. Ähnlich besitzt das zweite B-Phasenversatzsignal S1rB einen Maximalwert  $s2 + a2$ , einen Minimalwert  $s2 - a2$ , die Signalamplitude a2, und einen Durchschnittswert s2. Durch Verwenden der oben beschriebenen Werte werden das durch Ausdrücke (1) bzw. (2) ausgedrückte erste A-Phasenversatzsignal S1rA und erste B-Phasenversatzsignal S1rB korrigiert. Dann werden ein korrigiertes erstes A-Phasenversatzsignal S1cA und ein korrigiertes erstes B-Phasenversatzsignal S1cB als Ausdrücke (3) und (4) unten ausgedrückt.

$$S1cA : \{(a1 \times \cos\theta + s1) - s1\} \times a2 = a1 \times a2 \times \cos\theta \quad (3)$$

$$S1cB : \{(a2 \times \sin\theta + s2) - s2\} \times a1 = a1 \times a2 \times \sin\theta \quad (4)$$

**[0041]** Als Ergebnis werden die Offsets des ersten A-Phasenversatzsignals S1rA und des ersten B-Phasenversatzsignals S1rB entfernt, um das erste A-Phasenversatzsignal S1cA und das erste B-Phasenversatzsignal S1cB zu erhalten, die dieselbe Signalamplitude besitzen.

**[0042]** Nachdem das erste A-Phasenversatzsignal S1rA und das erste B-Phasenversatzsignal S1rB durch die oben beschriebene Verarbeitung in Schritt **S602** korrigiert sind, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S603** fort.

**[0043]** In Schritt **S603** wird durch Verwenden des korrigierten ersten A-Phasenversatzsignals S1cA und des korrigierten ersten B-Phasenversatzsignals S1cB ein erstes Relativpositionssignal Inc1 berechnet, das vierzig Zyklen über die Gesamtlänge der Skala und eine Wellenhöhe Vmax wie in **Fig. 7B** gezeigt besitzt. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S604** fort. Die horizontale Achse von **Fig. 7A** bis **Fig. 7D** zeigt die Position auf der Gesamtlänge Lmax der Skala an, wohingegen die vertikale Achse einen Signalpegel an der Position anzeigt.

**[0044]** First wird durch Verwenden des korrigierten ersten A-Phasenversatzsignals S1cA und des korrigierten ersten B-Phasenversatzsignals S1cB eine Arkustangens-Berechnung durchgeführt, um ein Signal Atan1 wie in **Fig. 7A** gezeigt zu berechnen. Das erste Spurraster **203a** ist ein Raster, das vierzig Zyklen über die Gesamtlänge Lmax der Skala besitzt. Daher besitzt das Signal Atan1 achtzig Zyklen über die Gesamtlänge der Skala.

**[0045]** Als nächstes wird das vierzig Zyklen über die Gesamtlänge der Skala sowie die Wellenhöhe  $V_{\max}$  besitzende erste Relativpositionssignal Inc1 aus dem Signal Atan1 berechnet. Speziell wird ein Stellfaktor am Signal Atan1 so angewendet, dass die Wellenhöhe des Signals Atan1 zu  $V_{\max}/2$  wird. Der Signalpegel wird so verschoben, dass der Signalpegel **0** wird, wenn die Phase des ersten B-Phasenversatzsignals S1rB bei  $0^\circ$  liegt. Dann wird durch Addieren von  $V_{\max}/2$ , wenn die Phase im Bereich von  $180^\circ$  bis  $360^\circ$  liegt, das erste Relativpositionssignal Inc1 berechnet. Deshalb wird aus dem erste Relativpositionssignal Inc1 eine vierzig Zyklen über die Gesamtlänge  $L_{\max}$  der Skala besitzende Sägezahnwelle, wie in **Fig. 7B** gezeigt. Dementsprechend wird das zur Phase des ersten Spurrasters **203a** mit Anordnungsabstand **P1** entsprechende erste Relativpositionssignal Inc1 der Reihe nach durch den ABS-Rechner **102** (Phasenrechner) berechnet.

**[0046]** In den oben beschriebenen Schritten **S602** und **S603** wird ein Signalpegel  $V_{2\text{inc}1}$  des ersten Relativpositionssignals Inc1 zum Ausführungszeitpunkt **T2** aus dem Signalpegel  $V_{2s1rA}$  des ersten A-Phasenversatzsignals S1rA sowie dem Signalpegel  $V_{2s1rB}$  des ersten B-Phasenversatzsignals S1rB zum Ausführungszeitpunkt **T2** berechnet. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S604** fort.

**[0047]** In Schritt **S604** werden der Signalpegel  $V_{1s2rA}$  des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA und der Signalpegel  $V_{1s2rB}$  des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB zum Ausführungszeitpunkt **T1** korrigiert, die im **Fig. 5** illustrierten Schritt **S503** erhalten werden.

**[0048]** Der Lichtempfänger **204b** besitzt dieselbe Anordnung wie der Lichtempfänger **204a**. Deshalb ist die Länge für vier im Lichtempfänger **204b** enthaltene Photodioden in der Anordnungsrichtung der Photodioden (zum Beispiel die Distanz vom Ende der Photodiode **401** zum Ende der Photodiode **404**) doppelt so groß wie der Anordnungsabstand **P1** der reflektierenden Teilbereiche des ersten Spurrasters **203a**. Der Anordnungsabstand **P1** der reflektierenden Teilbereiche des ersten Spurrasters **203a** und der Anordnungsabstand **P2** der reflektierenden Teilbereiche des zweiten Spurrasters **203b** sind voneinander verschieden. Deshalb ist die Länge für vier im Lichtempfänger **204b** enthaltene Photodioden in der Anordnungsrichtung der Photodioden (zum Beispiel die Distanz vom Ende der Photodiode **401** zum Ende der Photodiode **404**) nicht doppelt so groß wie der Anordnungsabstand **P2** der reflektierenden Teilbereiche des zweiten Spurrasters **203b**. Deshalb besitzen das zweite A-Phasenversatzsignal S2rA und das zweite B-Phasenversatzsignal S2rB eine Beziehung, in der die Phasenverschiebung dazwischen nicht  $90^\circ$  beträgt.

**[0049]** Daher werden das zweite A-Phasenversatzsignal S2rA und das zweite B-Phasenversatzsignal S2rB durch Ausdrücke (5) bzw. (6) unten ausgedrückt.

$$S_{2rA} : b_1 \times \cos\theta + t_1 \quad (5)$$

$$S_{2rB} : b_1 \times \sin(\theta + \alpha) + t_2 \quad (6)$$

**[0050]** In den Ausdrücken (5) und (6) ist Symbol  $b_1$  eine Amplitude des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA und Symbol  $t_1$  ist ein Offset des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA, Symbol  $b_2$  ist eine Amplitude des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB und Symbol  $t_2$  ist ein Offset des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB, Symbol  $\theta$  ist eine Phase des Signals, und Symbol  $\alpha$  ist ein Verschiebungsbetrag der Phase. Wenn das zweite A-Phasenversatzsignal S2rA und das zweite B-Phasenversatzsignal S2rB in derselben Weise wie in der in Schritt **S602** durchgeführten Verarbeitung korrigiert werden, werden ein korrigiertes zweites A-Phasenversatzsignal S2cA' und ein korrigiertes zweites B-Phasenversatzsignal S2cB' durch Ausdrücke (7) und (8) unten ausgedrückt.

$$S_{2cA'} : \{(b_1 \times \cos\theta + t_1) - t_1\} \times b_2 = b_1 \times b_2 \times \cos\theta \quad (7)$$

$$S_{2cB'} : \{(b_1 \times \sin(\theta + \alpha) + t_2) - t_2\} \times b_1 = b_1 \times b_2 \times \sin(\theta + \alpha) \quad (8)$$

**[0051]** Als Ergebnis werden der Offset  $t_1$  des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA und der Offset  $t_2$  des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB entfernt, um das zweite A-Phasenversatzsignal S2cA' und das zweite B-Phasenversatzsignal S2cB' zu erhalten, die dieselbe Signalamplitude besitzen.



**[0052]** Als nächstes wird Verarbeitung zum Einstellen einer Phasendifferenz zwischen dem zweiten A-Phasenversatzsignal S2cA' und dem zweiten B-Phasenversatzsignal S2cB' auf 90° durch Verwenden der Ausdrücke (7) und (8) unten beschrieben.

**[0053]** Eine Differenz zwischen Ausdrücke (7) und (8) sowie die Summe von Ausdrücke (7) und (8) wird durch Ausdrücke (9) bzw. (10) unten ausgedrückt.

$$\begin{aligned} & b1 \times b2 \times (\sin(\theta + \alpha) - \cos\theta) \\ & = b1 \times b2 \times 2 \times \sin\left\{(\alpha - 90) / 2\right\} \times \cos\left\{\theta + (\alpha + 90) / 2\right\} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & b1 \times b2 \times (\sin(\theta + \alpha) - \cos\theta) \\ & = b1 \times b2 \times 2 \times \sin\left\{(\alpha - 90) / 2\right\} \times \cos\left\{\theta + (\alpha + 90) / 2\right\} \end{aligned} \quad (10)$$

**[0054]** Die durch Ausdrücke (9) und (10) gegebene Phasendifferenz wird durch die oben beschriebenen Berechnungen zu 90°.

**[0055]** Die Amplituden in Ausdrücke (9) und (10) sind voneinander verschieden. Daher werden die Amplituden als nächstes korrigiert, um ein zweites A-Phasenversatzsignal S2cA und ein zweites B-Phasenversatzsignal S2cB zu berechnen, die dieselbe Signalamplitude besitzen. Ausdruck (9) wird mit  $\cos\{(\alpha - 90)/2\}$  multipliziert, was ein Teil der Amplitude in Ausdruck (10) ist, und Ausdruck (10) wird mit  $\sin\{(\alpha - 90)/2\}$  multipliziert, was ein Teil der Amplitude in Ausdruck (9) ist. Dann werden Ausdrücke (11) und (12) erhalten.

zweites A-Phasenversatzsignal S2cA:

$$b1 \times b2 \times 2 \times \sin\left\{(\alpha - 90) / 2\right\} \times \cos\left\{(\alpha - 90) / 2\right\} \times \cos\left\{\theta + (\alpha + 90) / 2\right\} \quad (11)$$

zweites B-Phasenversatzsignal S2cB:

$$b1 \times b2 \times 2 \times \sin\left\{(\alpha - 90) / 2\right\} \times \cos\left\{(\alpha - 90) / 2\right\} \times \sin\left\{\theta + (\alpha + 90) / 2\right\} \quad (12)$$

**[0056]** Als Ergebnis werden die Offsets des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA und des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB entfernt, so dass das zweite A-Phasenversatzsignal S2cA und das zweite B-Phasenversatzsignal S2cB erhalten werden, die dieselbe Signalamplitude und die Phasendifferenz von 90° besitzen.

**[0057]** Nachdem das zweite A-Phasenversatzsignal S2rA und das zweite B-Phasenversatzsignal S2rB durch die oben beschriebene Verarbeitung in Schritt **S604** korrigiert sind, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S605** fort.

**[0058]** In Schritt **S605** wird dieselbe Berechnung wie die in Schritt **S603** durchgeführte durchgeführt unter Verwendung des korrigierten zweiten A-Phasenversatzsignals S2cA und des korrigierten zweiten B-Phasenversatzsignals S2cB, um ein zweites Relativpositionssignal Inc2 zu berechnen. Das zweite Spurraster **203b** ist ein Raster, das neununddreißig Zyklen über die Gesamtlänge Lmax der Skala besitzt. Deshalb wird aus dem zweiten Relativpositionssignal Inc2 eine Sägezahnwelle, die neununddreißig Zyklen über die Gesamtlänge Lmax der Skala besitzt, wie in **Fig. 7C** gezeigt. Dementsprechend wird das zur Phase des zweiten Spurrasters **203b** mit Anordnungsabstand **P2** entsprechende zweite Relativpositionssignal Inc2 der Reihe nach durch den ABS-Rechner **102** (Phasenrechner) berechnet. Die horizontale Achse von **Fig. 7A** bis **Fig. 7D** zeigt die Position auf der Gesamtlänge Lmax der Skala an, wohingegen die vertikale Achse den Signalpegel an der Position anzeigt.

**[0059]** Durch die oben beschriebene Verarbeitung in Schritten **S604** und **S605** wird ein Signalpegel V1inc2 des zweiten Relativpositionssignals Inc2 zum Zeitpunkt **T1** aus dem Signalpegel V1s2rA des zweiten A-Phasenversatzsignals S2rA und dem Signalpegel V1s2rB des zweiten B-Phasenversatzsignals S2rB zum Zeitpunkt **T1** berechnet. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S606** fort.

**[0060]** In Schritt **S606** wird ein Noniussignal Pv1 wie in **Fig. 7D** gezeigt berechnet basierend auf dem Signalpegel V1inc2 des zweiten Relativpositionssignals Inc2 zum Zeitpunkt **T1** und dem Signalpegel V2inc1 des ersten Relativpositionssignals Inc1 zum Zeitpunkt **T2**. Das Noniussignal Pv1 wird durch Durchführen einer

Berechnung erhalten, in der eine Differenz zwischen dem ersten Relativpositionssignal Inc1 und dem zweiten Relativpositionssignal Inc2 berechnet wird, und falls die Differenz ein negativer Wert ist, wird Vmax addiert.

**[0061]** In diesem Fall ist ein Unterschied in der Anzahl Zyklen zwischen dem ersten Relativpositionssignal Inc1 und dem zweiten Relativpositionssignal Inc2 über die Gesamtlänge Lmax gleich 1. Daher wird aus dem Noniussignal Pv1 eine Sägezahnwelle mit einem Zyklus über die Gesamtlänge Lmax.

**[0062]** Nachdem das Noniussignal Pv1 in Schritt **S606** berechnet ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S607** fort.

**[0063]** In Schritt **S607** wird die Absolutposition Pabs berechnet.

**[0064]** Nachfolgend wird ein Verfahren zum Berechnen der Absolutposition Pabs beschrieben.

**[0065]** Die Signale S1rA, S1rB, S2rA und S2rB enthalten jeweils aufgrund einer Störung und dergleichen eine Rauschkomponente. Deshalb enthalten die aus den oben-erwähnten Signalen berechneten Relativpositionssignale Inc1 und Inc2 auch eine Rauschkomponente. Um eine Fehlerkomponente E in den Signalen zu korrigieren, wird eine Synchronismusberechnung des Noniussignals Pv1 und des ersten Relativpositionssignals Inc1 durchgeführt. Die Synchronismusberechnung wird später beschrieben. The Details der Fehlerkomponente E werden später zusammen mit der Beschreibung der Wirkungen der Bewegungsbetragskorrektur beschrieben.

**[0066]** Die Synchronismusberechnung wird durchgeführt, um ein Signal als ein die Absolutposition anzeigendes Signal Vabs zu berechnen durch Synthetisieren des Noniussignals Pv1, was ein Signal höherer Stufe ist, und des ersten Relativpositionssignals Inc1, was ein Signal niedrigerer Stufe ist. Die Absolutposition Pabs wird aus dem Signal Vabs berechnet. Ein Verfahren zum Berechnen der Absolutposition Pabs aus dem Signal Vabs wird später beschrieben.

**[0067]** Als nächstes wird die Synchronismusberechnung beschrieben.

**[0068]** **Fig. 8A** bis **Fig. 8D** zeigen, wie die Wellenformen sich durch die oben beschriebene Synchronismusberechnung ändern.

**[0069]** In **Fig. 8A** bis **Fig. 8D** zeigt die horizontale Achse die Position auf der Gesamtlänge Lmax der Skala an, wohingegen die vertikale Achse den Signalpegel an der Position auf der Gesamtlänge Lmax anzeigt. Außerdem zeigt Symbol Vmax den Maximalwert des Signalpegels an, und Symbol **N1** zeigt eine Zyklusanzahl einer Region von einem Anfangspunkt der Skala aus an. Die Anzahl Zyklen über die Gesamtlänge Lmax (maximal N1) wird als N1max definiert. In dieser Ausführungsform besitzt das erste Spurraster **203a** vierzig Zyklen über die Gesamtlänge Lmax der Skala. Deshalb ist N1max 40, wobei N1 eine von 1 bis 40 reichende natürliche Zahl ist.

**[0070]** **Fig. 8A** zeigt Wellenformen von Inc1, Pv1 und Inc1/N1max. Wenn eine Differenz zwischen Pv1 und Inc1/N1max, das dieselbe Neigung wie Pv1 aufweist, genommen wird, wird eine die Fehlerkomponente E enthaltende stufenartige Wellenform erzeugt, die in **Fig. 8B** gezeigt ist. Ein die in **Fig. 8B** gezeigte Wellenform besitzendes Signal Vb' wird durch Ausdruck (13) ausgedrückt. Ein Signalpegel für einen Stufe der stufenartigen Wellenform ist Vmax/N1 max.

$$Vb' = Pv1 - (Inc1 / N1max) \quad (13)$$

**[0071]** Als nächstes wird die Fehlerkomponente E der in **Fig. 8B** gezeigten Wellenform durch Runden entfernt. Dann wird eine in **Fig. 8C** gezeigte Wellenform erhalten. Ein die in **Fig. 8C** gezeigte Wellenform besitzendes Signal Vb wird durch Ausdruck (14) ausgedrückt.

$$Vb = \text{Round}[Vb' \times (N1max / Vmax)] \times (Vmax / N1max) \quad (14)$$

wobei Round[] eine Funktion zum Wegrunden der ersten Dezimalstelle ist.

**[0072]** Die Fehlerkomponente E kann durch Ausdruck (15) ausgedrückt werden.

$$E = V_b' - V_b \quad (15)$$

**[0073]** Die Wellenform von Inc1/N1max wird zur in **Fig. 8C** gezeigten Wellenform des Signals  $V_b$  addiert, um das Signal  $V_{abs}$  zu erzeugen, das die durch Entfernen der Fehlerkomponente  $E$  erhaltene Absolutposition anzeigt, wie in **Fig. 8D** gezeigt.

**[0074]** Die Synchronismusberechnung wird durch eine durch Ausdruck (16) ausgedrückte Berechnung durchgeführt.

$$V_{abs} = V_b + (Inc1/N1max) \quad (16)$$

**[0075]** Ausgehend von dem die Absolutposition anzeigenden Signal  $V_{abs}$  wird die Absolutposition  $P_{abs}$  durch Ausdruck (17) ausgedrückt.

$$P_{abs} = V_{abs} \times (Inc1/N1max) \quad (17)$$

**[0076]** Durch die oben beschriebene Verarbeitung von Schritt **S607** wird die Absolutposition  $P_{abs}$  zum Zeitpunkt **T2** aus dem Noniusignal  $Pv1$  und dem Signalpegel  $V2inc1$  des ersten Relativpositionssignals Inc1 zum Zeitpunkt **T2** berechnet. Dann fährt die Verarbeitung mit **S608** fort, wo die Verarbeitung endet.

**[0077]** Durch die oben beschriebene Verarbeitung kann die Absolutposition  $P_{abs}$  berechnet werden.

**[0078]** Als nächstes wird die Synchronismustoleranzgrad-Berechnung unter Bezugnahme auf **Fig. 9A** und **Fig. 9B** im Detail beschrieben.

**[0079]** **Fig. 9A** ist ein Graph, der einen Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  in einem Normalfall zeigt, und der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  kann durch Ausdruck (18) ausgedrückt werden.

$$Mgn = (V_b' \times (N1max / Vmax)) - Round[V_b' \times (N1max / Vmax)] \quad (18)$$

**[0080]** Das heißt, der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  ist ein Ziffernabschnitt, der von der in Ausdruck (14) durchgeführten Rundungsfunktion  $Round[]$  zu runden ist, und kann auch durch Ausdruck (19) unter Verwendung der Fehlerkomponente  $E$  ausgedrückt werden.

$$Mgn = E \times (N1max / Vmax) \quad (19)$$

**[0081]** Man kann bestimmen, dass die Fehlerkomponente  $E$  kleiner wird, wenn der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  näher zu 0 rückt, und die Absolutposition  $P_{abs}$  wird korrekt berechnet. Andererseits ändert der Synchronismustoleranzgrad sich wie in **Fig. 9B** gezeigt, falls durch den Einfluss von Staubpartikeln ein Fehler verursacht wird. An Position **P1** ohne Einfluss von Staubpartikeln wird derselbe Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  wie der im Normalfall erhalten. An Position **P2** unter dem Einfluss von Staubpartikeln ist der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  so verschlechtert, dass er nahe bei 0,5 liegt.

**[0082]** Weiterhin wird, wenn der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  wie in Position **P3** unter dem Einfluss von Staubpartikeln größer als 0,5 wird, der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  beim Wegrunden in der Synchronismusberechnung in einen benachbarten Wert umgewandelt, um näher bei -0,5 zu liegen. Das heißt, wenn das Phänomen auftritt, in dem der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  sich zwischen 0,5 und -0,5 bezüglich der Skalenposition ändert, scheitert die Synchronismusberechnung, und eine Absolutposition wird fehlerhaft detektiert.

**[0083]** Nachfolgend wird ein Verfahren zum Bestimmen der Zuverlässigkeit einer Absolutposition durch Verwenden des berechneten Synchronismustoleranzgrads  $Mgn$  unter Bezugnahme auf **Fig. 10A** und **Fig. 10B** beschrieben. **Fig. 10A** und **Fig. 10B** sind Graphen, die die Fälle von **Fig. 9A** bzw. **Fig. 9B** zeigen.

**[0084]** In dieser Ausführungsform ist ein Schwellenwert des Synchronismustoleranzgrads  $Mgn$  als 0,25 definiert, was ein Entwurfsgarantiewert der Positionsdetektier Vorrichtung von dieser Ausführungsform ist. Falls der

Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  innerhalb  $\pm 0,25$  liegt, wird bestimmt, dass die Absolutposition zuverlässig ist, und andernfalls wird bestimmt, dass die Absolutposition nicht zuverlässig ist. Das heißt, ein Gebiet N in grau in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** entspricht einer Region, in der bestimmt wird, dass die Absolutposition nicht zuverlässig ist.

**[0085]** Wie in **Fig. 10A** gezeigt, fällt der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  im Normalfall nicht in das Gebiet N, und folglich wird bestimmt, dass die Absolutposition über die gesamte Region zuverlässig ist. In **Fig. 10B** fällt der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  an Positionen (einschließlich P2 und P3), wo der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  aufgrund des Einflusses von Staubpartikeln verschlechtert ist, in das Gebiet N. Insbesondere fällt der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  an Positionen (einschließlich P3), wo die Synchronismusberechnung aufgrund des Einflusses von Staubpartikeln scheitert und die Absolutposition fehlerhaft detektiert wird, das heißt, in einem Gebiet, in dem der Synchronismustoleranzgrad  $Mgn$  größer als 0,5 ist und nahe bei -0,5 liegt, vollständig in das Gebiet N, und es wird bestimmt, dass die Absolutposition nicht zuverlässig ist.

**[0086]** Das heißt man bestimmen, dass die Absolutposition in dieser Form nicht zuverlässig ist einschließlich des Gebiets, in dem die Absolutposition fehlerhaft detektiert wird.

**[0087]** Damit wird basierend nur auf dem für die Synchronismusberechnung benötigten erhaltenen Signal berechnet, ob das Gebiet das eine ist, in dem die Absolutposition zuverlässig ist, oder nicht, und der Benutzer kann über einen Fehler benachrichtigt werden, falls die Absolutposition nicht zuverlässig ist.

#### Zweite Ausführungsform

**[0088]** Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf **Fig. 11** bis **Fig. 16B** beschrieben.

**[0089]** **Fig. 11** ist ein Anordnungsblockdiagramm der zweiten Ausführungsform. Für **Fig. 11** wird die Beschreibung der Komponenten mit denselben Anordnungen wie die der ersten Ausführungsform hierin ausgelassen.

**[0090]** Ein Zuverlässigkeitsschwellenwert-Rechner **1108** ist ein Rechner zum Berechnen eines zum Bestimmen der Zuverlässigkeit einer Absolutposition zu benutzenden Schwellenwerts basierend auf dem durch den Synchronismustoleranzgrad-Rechner **106** berechneten Synchronismustoleranzgrad. Weiterhin ist eine Speichereinheit **1109** ein nichtflüchtiger Speicher zum Speichern des durch den Zuverlässigkeitsschwellenwert-Rechner **1108** berechneten Schwellenwerts.

**[0091]** Als nächstes wird eine Operation dieser Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig. 12** und **Fig. 13** beschrieben. Ein Operationsablauf dieser Ausführungsform ist derselbe wie der in **Fig. 5** illustrierte Verarbeitungsablauf der ersten Ausführungsform, folglich wird die Beschreibung davon ausgelassen. Man beachte, dass diese Ausführungsform darin von der ersten Ausführungsform verschieden ist, dass die Zuverlässigkeit durch Vergleichen des in Schritt **S507** berechneten Synchronismustoleranzgrads  $Mgn$  mit dem Schwellenwert bestimmt wird, der bei Zuverlässigkeitsschwellenwert-Berechnungsverarbeitung in der später beschriebenen Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungsverarbeitung von Schritt **S508** berechnet wird.

**[0092]** Als nächstes wird Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung zum Optimieren eines Schwellenwerts zum Bestimmen der Zuverlässigkeit einer Absolutposition unter Bezugnahme auf **Fig. 12** beschrieben.

**[0093]** Man beachte, dass dieselbe Verarbeitung wie die in **Fig. 5** mit denselben Bezugszeichen bezeichnet ist und die Beschreibung davon ausgelassen wird.

**[0094]** In Schritt **S1201** fängt die Verarbeitung an und fährt dann mit Schritt **S502** fort. Man beachte, dass diese Verarbeitung mit Benachrichtigen des Benutzers über den Anfang der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung angefangen wird, was durch einen Schalter (nicht gezeigt) oder dergleichen angezeigt wird.

**[0095]** In Schritt **S1208** wird ein für die Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungsverarbeitung zu benutzender Schwellenwert aktualisiert (Zuverlässigkeitsschwellenwert-Aktualisierung), und die Verarbeitung fährt mit Schritt **S1209** fort. Man beachte, dass die Zuverlässigkeitsschwellenwert-Aktualisierungsverarbeitung später im Detail beschrieben wird.

[0096] In Schritt **S1209** wird bestimmt, ob der Benutzer über den Abschluss der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung benachrichtigt wird oder nicht. Falls der Benutzer über den Abschluss benachrichtigt wird, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1210** fort, und andernfalls fährt die Verarbeitung mit Schritt **S502** fort. Man beachte, dass der Benutzer über den Abschluss der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung durch den Schalter (nicht gezeigt) benachrichtigt wird. Im allgemeinen wird die Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung innerhalb eines gesamten Gebiets durchgeführt durch Bewegen eines beweglichen Elements und eines fixierten Elements (Skala und Erhalteinheit) innerhalb eines gesamten beweglichen Gebiets in einer Bewegungsrichtung. Auf diese Weise kann der Zuverlässigkeitsschwellenwert genauer optimiert werden.

[0097] In Schritt **S1210** ist die Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung abgeschlossen.

[0098] Als nächstes wird ein Verarbeitungsablauf der in Schritt **S1208** durchgeführten Zuverlässigkeitsschwellenwert-Aktualisierung in einer Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsroutine unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben.

[0099] In Schritt **S1301** fängt die Verarbeitung an und fährt dann mit Schritt **S1302** fort.

[0100] In Schritt **S1302** wird der in Schritt **S507** von Fig. 12 berechnete Synchronismustoleranzgrad Mgn erhalten, und die Verarbeitung fährt mit Schritt **S1303** fort.

[0101] In Schritt **S1303** wird bestimmt, ob die Zuverlässigkeitsschwellenwert-Aktualisierungsverarbeitung die erste nach dem Anfang der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung ist oder nicht. Falls die Zuverlässigkeitsschwellenwert-Aktualisierungsverarbeitung die erste ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1304** fort, und andernfalls fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1305** fort.

[0102] In Schritt **S1304** wird ein Obergrenzenschwellenwert MAX auf den erhaltenen Synchronismustoleranzgrad Mgn eingestellt, und ein Untergrenzenschwellenwert MIN wird auf den erhaltenen Synchronismustoleranzgrad Mgn eingestellt. Dann fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1309** fort.

[0103] In Schritt **S1305** wird der Obergrenzenschwellenwert MAX mit dem erhaltenen Synchronismustoleranzgrad Mgn verglichen. Falls der Obergrenzenschwellenwert MAX kleiner als der Synchronismustoleranzgrad Mgn ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1306** fort, und andernfalls fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1307** fort.

[0104] In Schritt **S1306** wird der Obergrenzenschwellenwert MAX auf den erhaltenen Synchronismustoleranzgrad Mgn aktualisiert, und die Verarbeitung fährt mit Schritt **S1309** fort.

[0105] In Schritt **S1307** wird der Untergrenzenschwellenwert MIN mit dem erhaltenen Synchronismustoleranzgrad Mgn verglichen. Falls der Untergrenzenschwellenwert MIN größer als der Synchronismustoleranzgrad Mgn ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1308** fort, und andernfalls fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1309** fort.

[0106] In Schritt **S1308** wird der Untergrenzenschwellenwert MIN auf den erhaltenen Synchronismustoleranzgrad Mgn aktualisiert, und die Verarbeitung fährt mit Schritt **S1309** fort.

[0107] In Schritt **S1309** wird bestimmt, ob die Breite, die der der gemessene Synchronismustoleranzgrad Mgn annehmen kann, größer als der Entwurfsgarantiewert der Vorrichtung ist oder nicht. Falls die Breite größer als der Entwurfsgarantiewert ist, fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1310** fort, und andernfalls fährt die Verarbeitung mit Schritt **S1311** fort.

[0108] In Schritt **S1310** wird der Benutzer durch eine LED oder dergleichen (nicht gezeigt) über einen Fehler benachrichtigt, und die Verarbeitung fährt mit Schritt **S1311** fort.

[0109] In Schritt **S1311** ist die Verarbeitung abgeschlossen.

[0110] Dementsprechend können der Obergrenzenschwellenwert MAX und der Untergrenzenschwellenwert MIN des Zuverlässigkeitsschwellenwerts basierend auf dem Maximalwert und dem Minimalwert von dem Synchronismustoleranzgrads Mgn berechnet werden, der in einer Zeitspanne berechnet wird, während der die Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung durchgeführt wird. Deshalb kann der Benutzer einen

Schwellenwert basierend auf dem Maximalwert und Minimalwert des Synchronismustoleranzgrads innerhalb der gesamten Region berechnen durch Bewegen des beweglichen Elements und des fixierten Elements innerhalb der gesamten Region nach Anfangen der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung und Abschließen der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung. Man beachte, dass, falls ein Antriebssystem bereitgestellt ist, das Antriebssystem gesteuert werden kann die gesamte Region automatisch zu befahren, um damit einen Schwellenwert automatisch zu berechnen, und die Verarbeitung abzuschließen.

**[0111]** Weiterhin wird, falls die Breite des Obergrenzenschwellenwerts MAX und des Untergrenzenschwellenwerts MIN nicht innerhalb des Entwurfsgarantiewerts fällt, der Benutzer über diesen Fall benachrichtigt. Daher kann der Benutzer bestätigen, ob während der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung ein durch den Einfluss von Staubpartikeln verursachter Fehler aufgetreten ist oder nicht.

**[0112]** Weiterhin ist ein Durchschnitt aus dem Obergrenzenschwellenwert MAX und dem Untergrenzenschwellenwert MIN eine Differenz zwischen der Mitte des Synchronismustoleranzgrads im Entwurf und der Mitte bei tatsächlichen Messung. Daher kann ein Offset zum Korrigieren der Differenz gespeichert werden, um zum Berechnen eines Absolutwerts benutzt zu werden.

**[0113]** Als nächstes wird die Wirkung dieser Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig. 14A** bis **Fig. 14C** beschrieben.

**[0114]** **Fig. 14A** ist ein Graph, der den Synchronismustoleranzgrad Mgn sowie den in der oben-erwähnten Abstimmung (in der Zuverlässigkeitsschwellenwert-Optimierungsverarbeitung) erhaltenen Obergrenzenschwellenwert MAX und Untergrenzenschwellenwert MIN zeigt.

**[0115]** **Fig. 14B** ist ein Graph vom Fall, wo die Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmungsverarbeitung durch Verwendung des Obergrenzenschwellenwerts MAX und des Untergrenzenschwellenwerts MIN durchgeführt wird. Ein Gebiet N in grau entspricht einem Gebiet, in dem bestimmt wird, dass die Absolutposition nicht zuverlässig ist. Falls es keine Änderung in einem Zustand seit der Abstimmung gibt, fällt der erhaltene Synchronismustoleranzgrad Mgn nicht innerhalb des Gebiets N.

**[0116]** **Fig. 14C** ist ein Graph vom Fall, wo der Synchronismustoleranzgrad Mgn verschlechtert ist, weil Staubpartikel an der Skala haften, nachdem die Abstimmung im Zustand von **Fig. 14A** durchgeführt wird. Wie durch den Graph gezeigt, wird an Positionen einschließlich einer Position **P1**, wo es keinen Einfluss durch Staubpartikel gibt, nicht bestimmt, dass die berechnete Absolutposition nicht zuverlässig ist. Andererseits kann an Positionen, wo der Synchronismustoleranzgrad aufgrund des Einflusses von Staubpartikeln wie in Positionen **P2** und **P3** verschlechtert ist, bestimmt werden, dass die Absolutposition nicht zuverlässig ist.

**[0117]** Dementsprechend kann das größte Gebiet N, das eine Variation von Individuen aufnimmt und den in der Normalzeit zu berechnenden Synchronismustoleranzgrad Mgn ausschließt, durch Einstellen eines Zuverlässigkeitsschwellenwerts eingestellt werden, der auf dem Messwert des Synchronismustoleranzgrads Mgn im Normalzustand (Zustand, in dem es keine an der Skala haftende Staubpartikel gibt) basiert. Das heißt ein zum Bestimmen der Zuverlässigkeit eines Absolutwerts zu benutzender Schwellenwert wird angemessen berechnet, und die Verschlechterung des Zustands seit der Abstimmung kann genau detektiert werden.

**[0118]** Man beachte, dass in dieser Ausführungsform der Fall beschrieben worden ist, wo die Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung nur einmal für Synchronismus bezüglich eines ersten Relativpositionssignals Inc1 durchgeführt wird. Jedoch kann, falls die Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung mehrmals bezüglich mehrerer Relativpositionssignale wie etwa dem ersten Relativpositionssignal Inc1 und einem zweiten Relativpositionssignal Inc2 durchgeführt wird, eine ähnliche Wirkung oder mehr erhalten werden durch Anwenden von unabhängig für die jeweiligen Relativpositionssignale eingestellten Schwellenwerten, um die Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung durchzuführen. Das heißt verglichen mit dem Fall von Durchführen der Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung bezüglich einer Kombination, kann der ABS-Zuverlässigkeitsbestimmer (Bestimmungseinheit) **107** die höhere Zuverlässigkeit bestätigen durch Bestimmen, ob die Synchronismusberechnung zweier Relativpositionssignale (Phasen) von drei oder mehr berechneten Relativpositionssignalen (Phasen) (erstes Relativpositionssignal Inc1, zweites Relativpositionssignal Inc2, drittes Relativpositionssignal Inc3, ...) normal ist oder nicht, basierend auf den unabhängig für die jeweiligen mehreren Kombinationen eingestellten Schwellenwerten. The Grund hierfür ist wie folgt.

**[0119]** Falls ein Wert, der nicht normal ist, aus einem Signal in einer gewissen Spur aufgrund des Einflusses von Staubpartikeln gelesen wird, ist das durch Durchführen von Noniusberechnung unter Benutzung des Si-

gnals erhaltene Ergebnis auch durch die Staubpartikel beeinflusst. Falls die Synchronismusverarbeitung unter Benutzung von einem aus dem durch Staubpartikel beeinflussten Signal und dem Noniusberechnungsergebnis durchgeführt wird, ist der Synchronismustoleranzgrad durch Staubpartikel beeinflusst. Daher sind mehrere Synchronismusverarbeitungen durch Staubpartikel beeinflusst, falls die Synchronismusberechnung mehrmals durchgeführt wird.

**[0120]** Fig. 15A, Fig. 15B, Fig. 16A und Fig. 16B sind Graphen, die jeweils den Synchronismustoleranzgrad, der Schwellenwert der Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung, und den Einfluss von Staubpartikel in der Synchronismusberechnung in mehreren Synchronismusberechnungen zeigen, falls ein Signal in einer gewissen Spur durch Staubpartikel beeinflusst ist. Man beachte, dass zur Vereinfachung nur Synchronismus A und Synchronismus B gezeigt werden, die zwei durch Staubpartikel beeinflusste Synchronismusberechnungen sind.

**[0121]** Fig. 15A ist ein Graph, der den Synchronismustoleranzgrad von Synchronismus A in der Zuverlässigkeitsbestimmung-Schwellenwertberechnung zeigt, und Fig. 15B ist ein Graph, der den Synchronismustoleranzgrad von Synchronismus A im Falle von Kontaminierung durch Staubpartikel zeigt.

**[0122]** Fig. 16A ist ein Graph, der den Synchronismustoleranzgrad von Synchronismus B in der Zuverlässigkeitsbestimmung-Schwellenwertberechnung zeigt, und Fig. 16B ist ein Graph, der den Synchronismustoleranzgrad von Synchronismus B im Falle von Kontaminierung durch Staubpartikel zeigt.

**[0123]** Der Synchronismustoleranzgrad vom in Fig. 15A gezeigten Synchronismus A besitzt vom Entwurfsstadium aus weniger Toleranz, und zum Beispiel gibt es, wie durch die Position P3 von Fig. 15B angezeigt, einen Ort, in dem bestimmt wird, dass die Absolutposition zuverlässig ist, selbst wenn die Synchronismusberechnung aufgrund des Einflusses von Staubpartikeln scheitert und die Absolutposition fehlerhaft detektiert wird.

**[0124]** Andererseits besitzt der Synchronismustoleranzgrad vom in Fig. 16A gezeigten Synchronismus B genügend Toleranz im Entwurfsstadium, und zum Beispiel scheitert, wie in Fig. 16B gezeigt, die Synchronismusberechnung nicht aufgrund des Einflusses von Staubpartikeln.

**[0125]** Als Ergebnis der Zuverlässigkeitsbestimmung-Schwellenwertberechnung wird der Schwellenwert von Synchronismus A als MAXa und MINa berechnet, und der Schwellenwert von Synchronismus B wird als MAXb und MINb berechnet. Daher wird, selbst wenn bestimmt wird, dass Zuverlässigkeit in der Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung auf der Synchronismus-A-Seite an der Position P3 gegeben ist, ein durch Staubpartikel verursachter Fehler auf der Synchronismus-B-Seite detektiert, und man kann bestimmen, dass die Absolutposition als Ganzes nicht zuverlässig ist.

**[0126]** Dementsprechend kann die Zuverlässigkeit der Absolutposition mit höherer Genauigkeit bestimmt werden, falls mehrere Synchronismusberechnungen durchgeführt werden.

**[0127]** In den oben-erwähnten Ausführungsformen wird der Benutzer über einen Fehler benachrichtigt als Operation, falls der Absolutwert nicht zuverlässig ist. Jedoch kann die Absolutposition Pabs als die Absolutposition des beweglichen Elements 21 bestimmt werden, falls die Absolutposition Pabs zuverlässig ist, und falls die Absolutposition Pabs nicht zuverlässig ist, kann eine Absolutposition ohne Bestimmen der Absolutposition Pabs als die Absolutposition des beweglichen Elements 21 wieder erhalten werden. Das heißt selbst falls die Absolutposition eine Position ist, die nicht zuverlässig ist, kann eine genaue Absolutposition erhalten werden durch Neuberechnen der Absolutposition, bis die Absolutposition eine Position wird, die zuverlässig ist.

**[0128]** Es versteht sich, dass, falls Positionsinformation sofort benötigt wird, die Absolutposition, die nicht zuverlässig ist, als eine vorläufige Position benutzt werden kann, und die Absolutposition kann wiederholt berechnet werden, bis eine zuverlässige Absolutposition berechnet ist. Weiterhin kann, falls es ein Antriebssystem gibt, die Position bewegt werden, bis die Absolutposition berechnet ist, die zuverlässig ist.

**[0129]** Insbesondere werden sehr große Wirkungen im Falle einer Anordnung dargeboten, in der die Absolutposition Pabs zum Einschaltzeitpunkt berechnet wird und danach die Position des beweglichen Elements durch den Relativpositionsrechner detektiert wird, der Relativpositionsdetektion nur basierend auf dem ersten Relativpositionssignal Inc1 (alternativ ein oder mehr Relativpositionssignale aus mehreren Relativpositionssignalen) ohne Durchführen von Signalumschalten durchführt. Das heißt die Zuverlässigkeit der Absolutposition kann nur basierend auf einem zum Berechnen der Absolutposition Pabs benötigten Signal berechnet werden. Daher wird eine genaue Absolutposition im Normalfall sofort erhalten, und danach kann die Verarbeitung in

die Relativposition-Detektionsverarbeitung umgestellt werden durch eine Einheit (CPU, usw.) zum Umstellen des Absolutposition-Erhalteverfahrens gemäß der oben-erwähnten Ausführungsform in das Verfahren zum Berechnen einer Relativposition durch den Relativpositionsrechner. Weiterhin wird bisher im Falle von so einer Anordnung, wenn die Absolutposition aufgrund des Scheiterns der Synchronismusberechnung fehlerhaft detektiert wird, die Relativpositionsdetektion basierend auf der fehlerhaft detektierten Absolutposition durchgeführt mit dem Ergebnis, dass die Absolutposition immer als eine fehlerhafte Position detektiert wird. Jedoch kann dieses Problem durch Verwenden der vorliegenden Erfindung als Bestimmungskriterium für Umstellen in die Relativpositionsdetektion gelöst werden.

**[0130]** Weiterhin wird der Schwellenwert der Absolutposition-Zuverlässigkeitsbestimmung so eingestellt, dass die detektierte Absolutposition zu allen Zeiten im Normalfall als zuverlässig bestimmt wird. Grund hierfür ist, dass, wenn der Schwellenwert klein ist, die Gefahr besteht, dass der Benutzer über einen Fehler benachrichtigt werden könnte, selbst wenn es keinen Fehler gibt. Der Schwellenwert kann durch die Operation umgeschaltet werden, falls die Absolutposition wie oben beschrieben nicht zuverlässig ist. Zum Beispiel ist es im Falle einer Anordnung, in der die Absolutposition wieder erhalten wird, selbst falls bestimmt wird, dass es keine Zuverlässigkeit im Normalfall gibt, angemessen, dass die Absolutposition wieder erhalten wird. Daher erwägt man auch einen Schwellenwert klein einzustellen, um ein Gebiet zu erhalten, in dem bestimmt wird, dass die Absolutposition mit Sicherheit zuverlässig ist.

**[0131]** Das Verfahren zum Einstellen eines Schwellenwerts ist nicht auf das Obige beschränkt, und der Schwellenwert wird angemessen eingestellt durch einen als Entwurf angenommenen Fehlerfaktor, einem Verfahren zum Verwenden einer Positionsdetektiervorrichtung, der Bewegung während der Detektion eines Fehlers, oder dergleichen. Im allgemeinen besteht, wenn der Schwellenwert groß ist wie durch die Position **P3** von **Fig. 16B** angezeigt, die Gefahr, dass die Absolutposition selbst im Gebiet, in dem die Absolutposition fehlerhaft detektiert wird, fehlerhaft als zuverlässig bestimmt werden könnte, und somit sollte Sorgfalt gewaltet werden.

**[0132]** Man beachte, dass diese Ausführungsform den Einfluss von Staubpartikeln als die Ursache für Verschlechterung des Synchronismustoleranzgrads erläutert. Jedoch ist die vorliegende Erfindung für alle zu einem Fehler der Synchronismusberechnung führenden Effekte wirksam, wie etwa Kratzer auf einer Skala, eine durch eine äußere Kraft oder dergleichen verursachte Spannung der Skala und eines Sensors, eine Änderung in verschiedenen von der Temperatur abhängigen Charakteristika, eine durch die Bewegung eines beweglichen Körpers verursachte Verschiebung in mehreren Signalerhaltungszeitpunkten.

**[0133]** Weiterhin wird bestimmt, dass der Synchronismustoleranzgrad verschlechtert ist, und die Verarbeitung kann geändert werden. Deshalb kann die Genauigkeit von verschiedenen Komponenten der Positionsdetektiervorrichtung auch vermindert werden. Dementsprechend können auch Wirkungen wie etwa Verbesserung der Zusammenbaubarkeit, Verringerung in der Anzahl von Komponenten, Adjustierungsfreiheit, und Verkleinerung erwartet werden.

**[0134]** Weiterhin beinhaltet diese Ausführungsform den Skalenumschalter **103** und erhält ein Signal vom ABS-Sensor **104** auf Zeitteilungsbasis. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt, und dieselbe Wirkung kann selbst in der Anordnung erhalten werden, in der mehrere Signale gleichzeitig vom ABS-Sensor **104** erhalten werden.

**[0135]** Weiterhin ist, obwohl das Beispiel zum Verwenden eines optischen Wertgebers als Wertgeber beschrieben worden ist, die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt, und ein magnetischer oder elektrostatischer Wertgeber kann benutzt werden.

**[0136]** Weiterhin kann, obwohl die Positionsdetektiervorrichtung zum Berechnen einer Absolutposition beschrieben worden ist, dieselbe Wirkung selbst in einer mehrere Zyklen über die gesamte Region besitzenden Positionsdetektiervorrichtung erhalten werden.

**[0137]** Eine Linsenvorrichtung, die die Wirkung der vorliegenden Erfindung darzubieten vermag, kann verwirklicht werden durch Anwenden der Positionsdetektiervorrichtung der Ausführungsformen an einer ein bewegliches optisches Element beinhaltenden Linsenvorrichtung, um die Position des beweglichen optischen Elements zu detektieren. Weiterhin kann eine Bildaufnahmeverrichtung, die die Wirkung der vorliegenden Erfindung darzubieten vermag, verwirklicht werden durch Anwenden der Positionsdetektiervorrichtung der Ausführungsformen an einer Bildaufnahmeverrichtung, die eine ein bewegliches optisches Element beinhaltende Linsenvorrichtung und eine Kameravorrichtung beinhaltet, um die Position des beweglichen optischen Elements zu detektieren.



## Andere Ausführungsformen

**[0138]** Ausführungsform(en) der vorliegenden Erfindung können auch durch einen Computer eines Systems oder Vorrichtung realisiert werden, der auf einem Speichermedium (das vollständiger auch als ein „nicht-flüchtiges computerlesbares Speichermedium“ bezeichnet werden kann) aufgezeichnete computerausführbare Anweisungen (z.B. ein oder mehr Programme) ausliest und ausführt, um die Funktionen von einer oder mehr der oben beschriebenen Ausführungsform(en) durchzuführen, und/oder der ein oder mehr Schaltungen (z.B. eine anwenderspezifisch-integrierte Schaltung (ASIC)) beinhaltet zum Durchführen der Funktionen von einer oder mehr der oben beschriebenen Ausführungsform(en), sowie durch ein durch den Computer des Systems oder Vorrichtung durchgeführtes Verfahren durch, zum Beispiel, Auslesen und Ausführen der computerausführbaren Anweisungen von dem Speichermedium, um die Funktionen von einer oder mehr der oben beschriebenen Ausführungsform(en) durchzuführen, und/oder Steuern der ein oder mehr Schaltungen, um die Funktionen von einer oder mehr der oben beschriebenen Ausführungsform(en) durchzuführen. Der Computer kann einen oder mehr Prozessoren (z.B. eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), eine Mikroprozessoreinheit (MPU)) umfassen, und kann ein Netzwerk von separaten Computern oder separaten Computerprozessoren enthalten, um die computerausführbaren Anweisungen auszulesen und auszuführen. Die computerausführbaren Anweisungen können dem Computer zum Beispiel von einem Netzwerk oder dem Speichermedium zur Verfügung gestellt werden. Das Speichermedium kann zum Beispiel eins oder mehr aus einer Festplatte, einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), einem Nur-Lese-Speicher (ROM), einem Speicher von verteilten Computersystemen, einer optischen Platte (wie etwa eine Compact Disc (CD), Digital Versatile Disc (DVD) oder Blu-ray Disc (BD)<sup>TM</sup>), einer Flashspeichervorrichtung, einer Speicherkarte, und dergleichen enthalten.

**[0139]** Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele begrenzt ist. Dem Umfang der folgenden Ansprüche soll die weitestgehende Interpretation zugestanden werden, sodass alle solchen Modifikationen und äquivalenten Strukturen und Funktionen erfasst sind.

## Patentansprüche

## 1. Positionsdetektiervorrichtung, umfassend:

eine Skala (202), die mindestens drei mit verschiedenen Zyklen in einer Bewegungsrichtung ausgebildete Rasteranordnungen (203a, 203b) umfasst;  
 eine Erhalteeinheit (205), die konfiguriert ist, mindestens drei auf den mindestens drei Rasteranordnungen basierende Signale nach Maßgabe der Position der Erhalteeinheit in der Bewegungsrichtung bezüglich der Skala zu erhalten;  
 einen Phasenrechner, der konfiguriert ist, mindestens drei Phasen (Inc1, Inc2, Inc3) der Bewegungsrichtung basierend auf den mindestens drei durch die Erhalteeinheit erhaltenen Signalen zu berechnen;  
 ein Synchronismusrechner, der konfiguriert ist, eine Position (Pabs) der Erhalteeinheit bezüglich der Skala durch Durchführen von Synchronismusberechnung von zwei Phasen von den berechneten mindestens drei Phasen für mehrere Phasenkombinationen zu berechnen;  
 einen Synchronisationsfehlerrechner (106), der konfiguriert ist, einen Synchronisationsfehler (Mgn) in der jeweiligen Synchronismusberechnung zu berechnen; sowie  
 eine Bestimmungseinheit (107), die konfiguriert ist, zu bestimmen, ob die mehreren Synchronismusberechnungen normal sind, durch Vergleichen des jeweiligen Synchronisationsfehlers mit einem für jede der mehreren Phasenkombinationen unabhängig eingestellten Schwellenwert.

## 2. Positionsdetektiervorrichtung nach Anspruch 1,

weiterhin umfassend einen Positionsbestimmer (101), der konfiguriert ist, die durch den Synchronismusrechner berechnete Position als eine Position der Erhalteeinheit bezüglich der Skala zu bestimmen basierend auf der Bestimmung durch die Bestimmungseinheit.

## 3. Positionsdetektiervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

weiterhin umfassend eine Benachrichtigungseinheit, die konfiguriert ist, einen Benutzer über einen Fehler zu benachrichtigen, wenn durch die Bestimmungseinheit bestimmt wird, dass die mehreren Synchronismusberechnungen nicht normal sind.

## 4. Positionsdetektiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei der jeweilige Schwellenwert einen Maximalwert (MAXa, MAXb) und einen Minimalwert (MINa, MINb) des entsprechenden durch den Synchronisationsfehlerrechner berechneten Synchronisationsfehlers in einem gesamten beweglichen Gebiet der Skala und der Erhalteeinheit in der Bewegungsrichtung umfasst.

5. Positionsdetektiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Skala mehrere mit verschiedenen Zyklen in der Bewegungsrichtung ausgebildete reflektierende Rasteranordnungen (203a, 203b) umfasst, und wobei die Erhalteeinheit eine Lichtquelle (201) sowie mehrere Lichtempfänger (204a, 204b) umfasst, die konfiguriert sind, jeweiliges von der Lichtquelle emittiertes und durch die mehreren reflektierenden Rasteranordnungen reflektiertes Licht zu empfangen.

6. Positionsdetektiervorrichtung nach Anspruch 2, weiterhin umfassend: einen Relativpositionsrechner, der konfiguriert ist eine Position der Erhalteeinheit bezüglich der Skala durch Berechnen einer Relativposition unter Benutzung der durch den Positionsbestimmer bestimmten Position als Referenzposition zu erhalten basierend auf mindestens einem Signal der mindestens drei Signale; sowie eine Einheit, die konfiguriert ist zwischen Erhalten der durch den Positionsbestimmer bestimmten Position der Erhalteeinheit bezüglich der Skala und Erhalten der durch den Relativpositionsrechner berechneten Position der Erhalteeinheit bezüglich der Skala umzuschalten.

7. Positionsdetektiervorrichtung umfassend: Erhaltung (S503, S505) von mindestens drei Signalen nach Maßgabe einer Position einer Erhalteeinheit (205) in einer Bewegungsrichtung bezüglich einer Skala (202), wobei die Skala mindestens drei in der Bewegungsrichtung ausgebildete Rasteranordnungen umfasst; Berechnung (S503, S505) von mindestens drei Phasen (Inc1, Inc2, Inc3) mit verschiedenen Zyklen bezüglich der Bewegungsrichtung, basierend auf den erhaltenen mindestens drei Signalen; Berechnung (S506) einer Position (Pabs) der Erhalteeinheit bezüglich der Skala durch Durchführen von Synchronismusberechnung von zwei Phasen von den berechneten mindestens drei Phasen für mehrere Phasenkombinationen; Berechnung (S507) eines Synchronisationsfehlers (Mgn) in der jeweiligen Synchronismusberechnung; sowie Bestimmung (S508), ob die mehreren Synchronismusberechnungen normal sind, durch Vergleichen des jeweiligen Synchronisationsfehlers mit einem für jede der mehreren Phasenkombinationen unabhängig eingestellten Schwellenwert.

8. Positionsdetektiervorrichtung nach Anspruch 7, das weiterhin Bestimmen der berechneten Position als Position bezüglich der Skala basierend auf der Bestimmung, ob die mehreren Synchronismusberechnungen normal sind, umfasst.

9. Linsenvorrichtung umfassend: ein bewegliches optisches Element; sowie die Positionsdetektiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 für das bewegliche optische Element.

10. Bildaufnahmeverrichtung umfassend: die Linsenvorrichtung nach Anspruch 9; sowie eine Kamervorrichtung.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

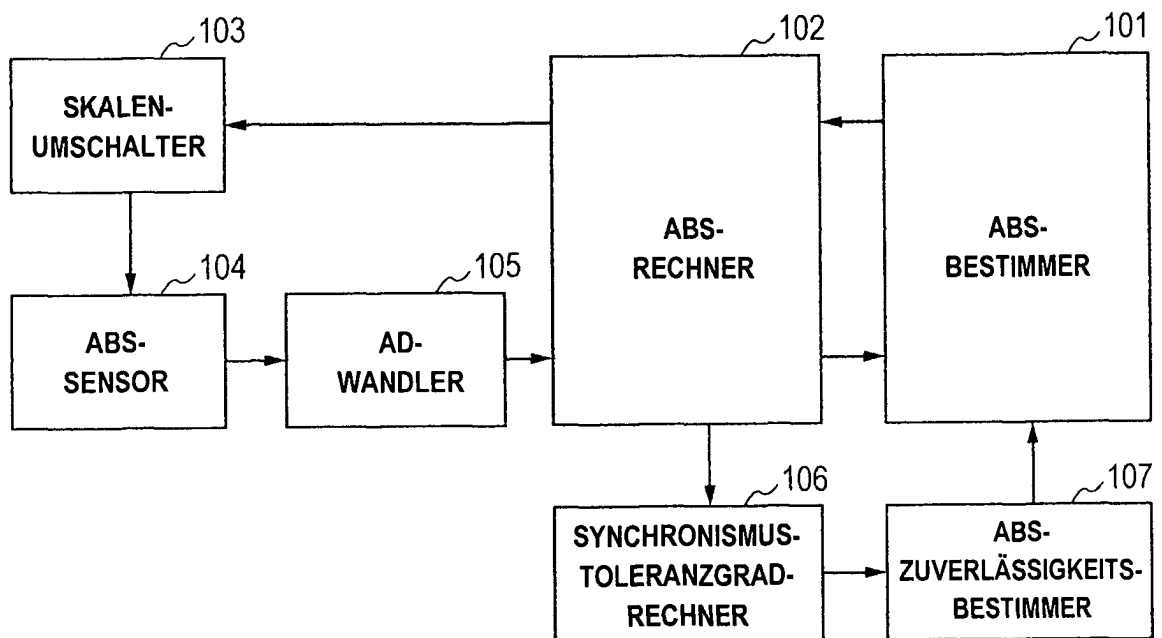


FIG. 2

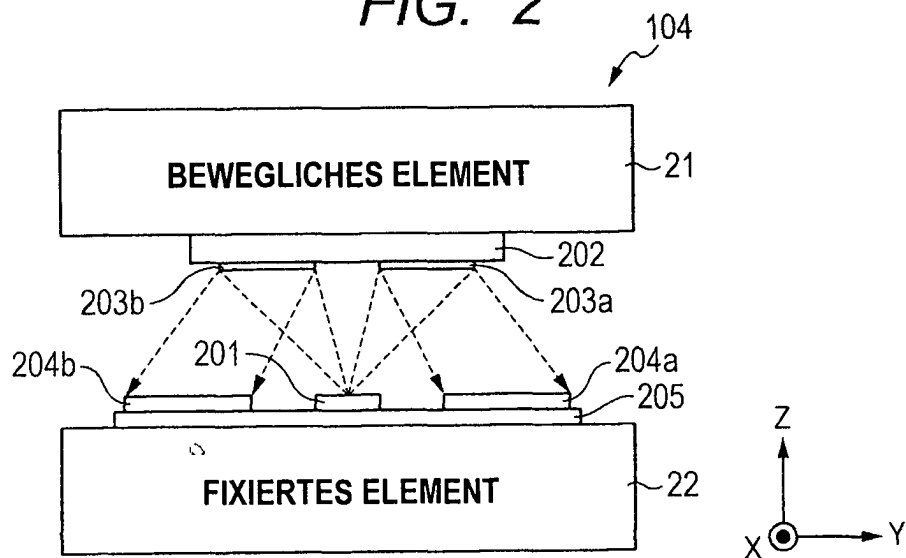


FIG. 3

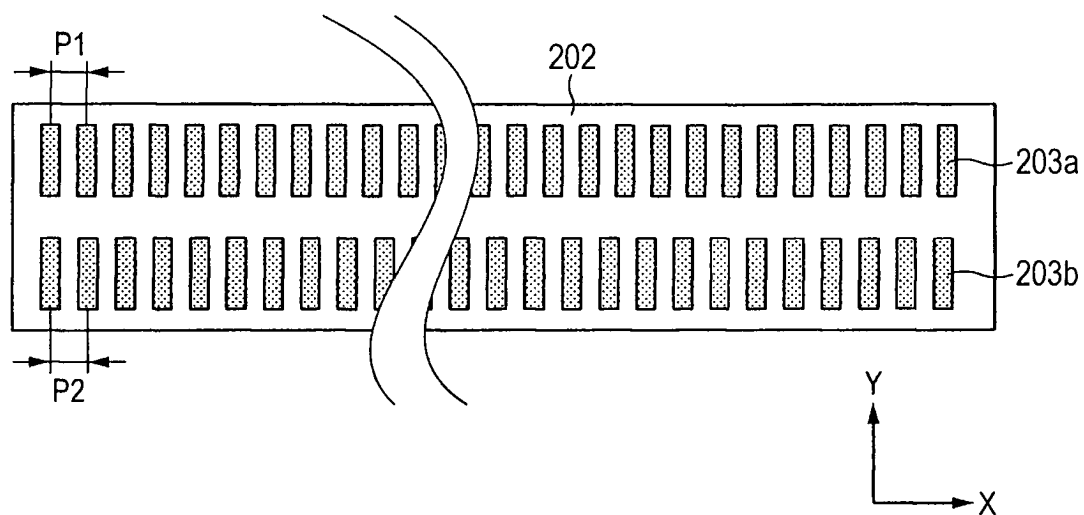


FIG. 4

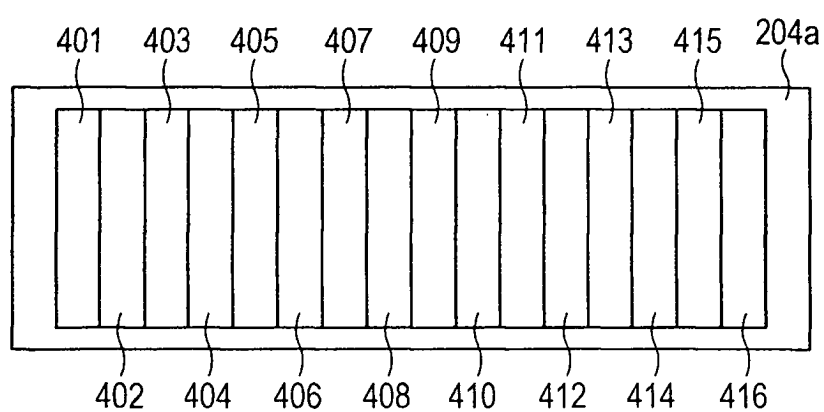
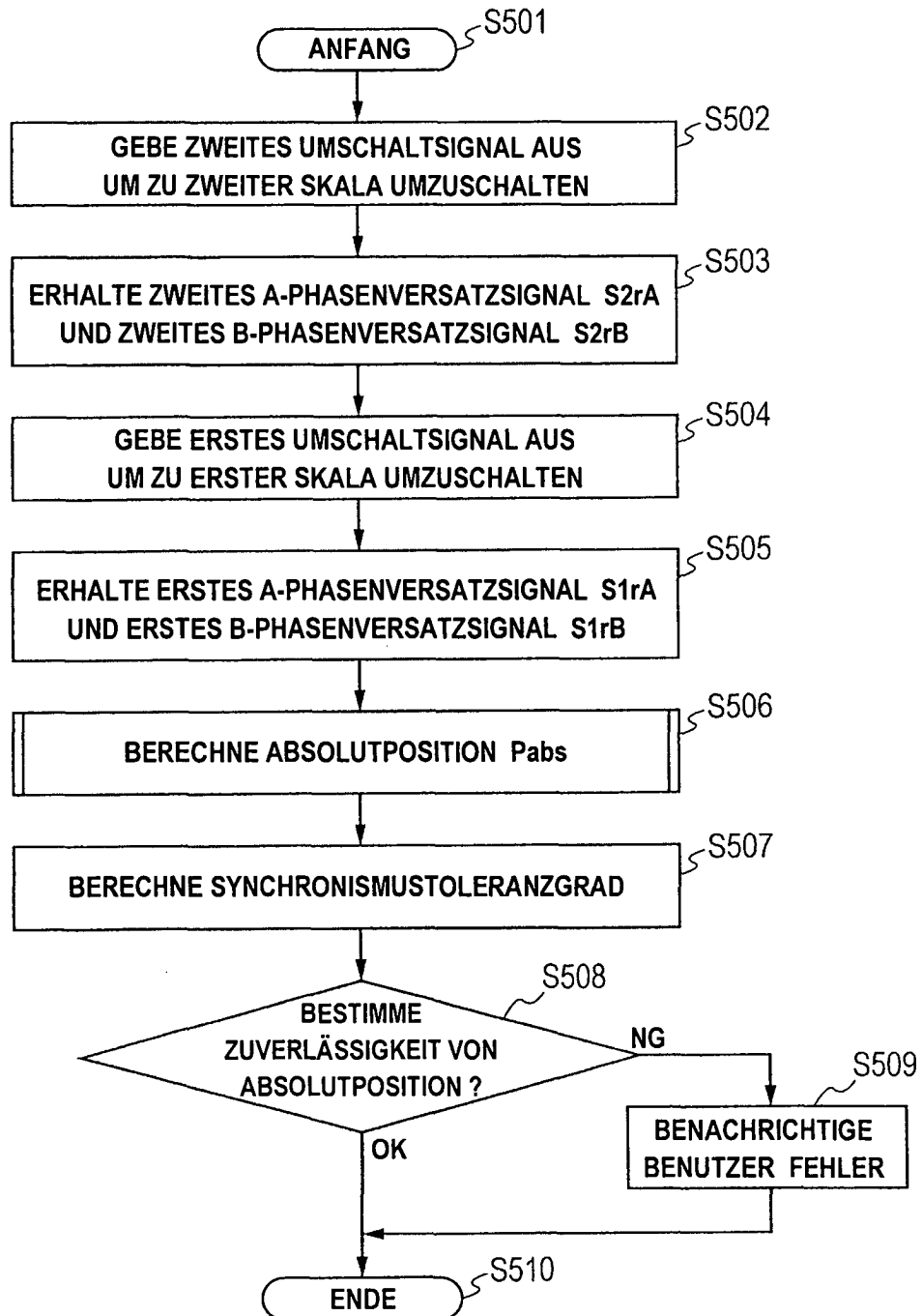
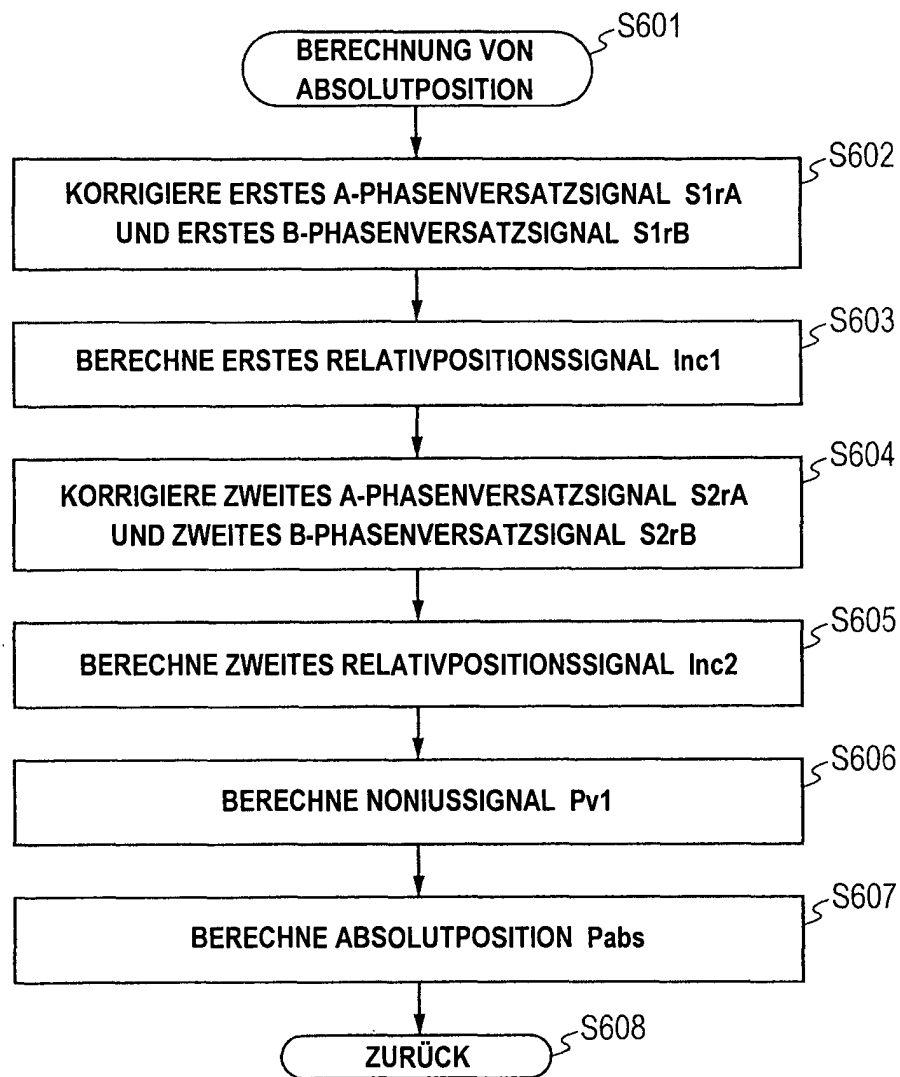


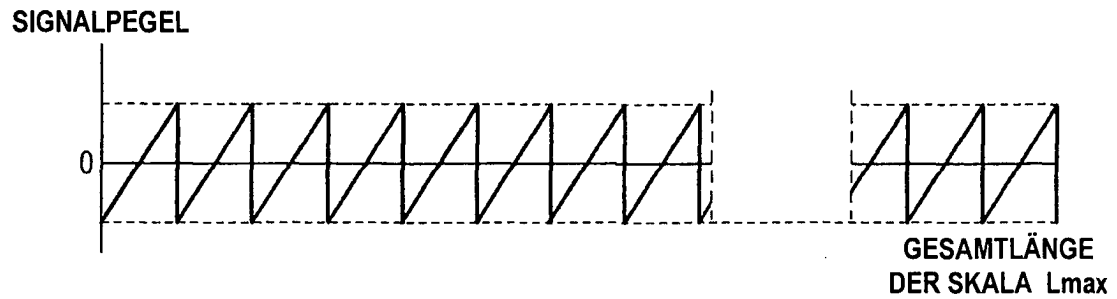
FIG. 5



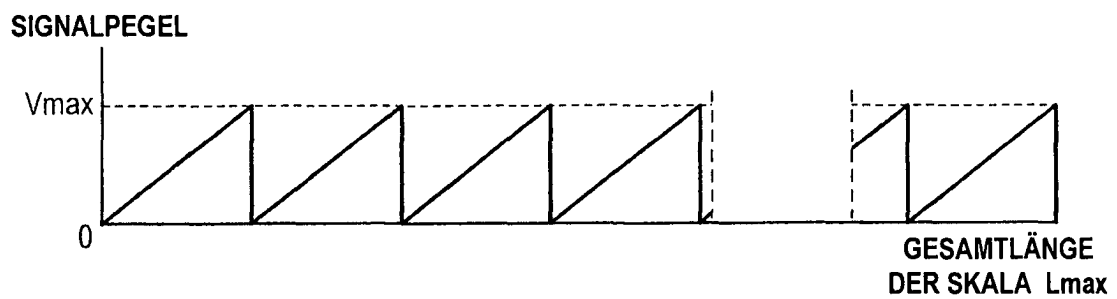
**FIG. 6**



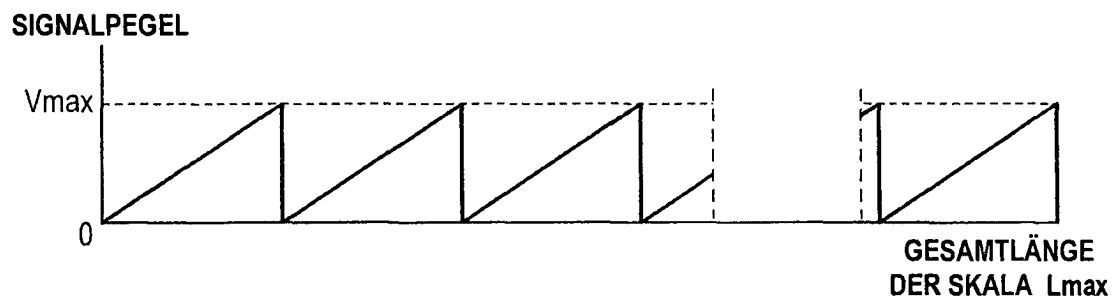
**FIG. 7A**  $A_{tan1}$



**FIG. 7B**  $Inc1$



**FIG. 7C**  $Inc2$



**FIG. 7D**  $P_{v1}$

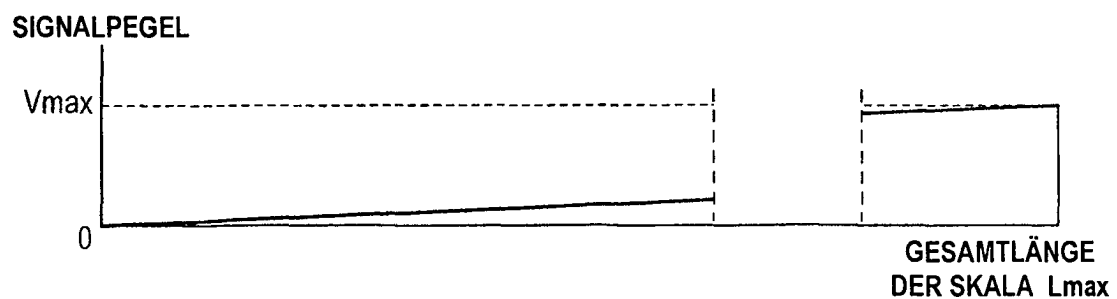


FIG. 8A

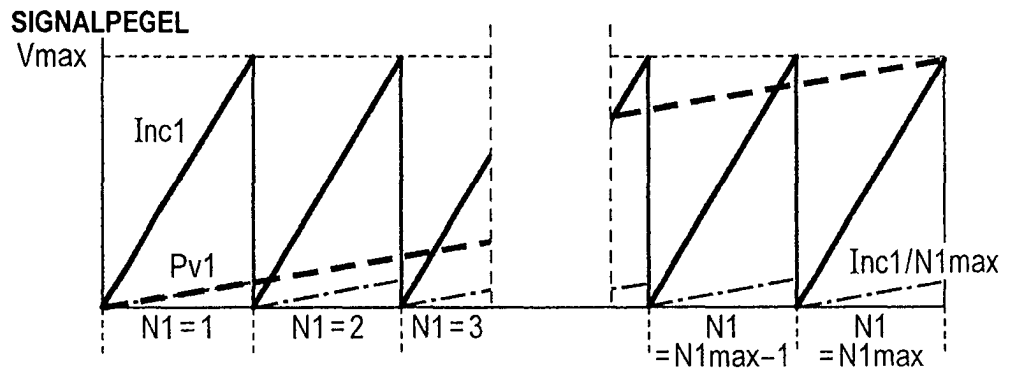


FIG. 8B

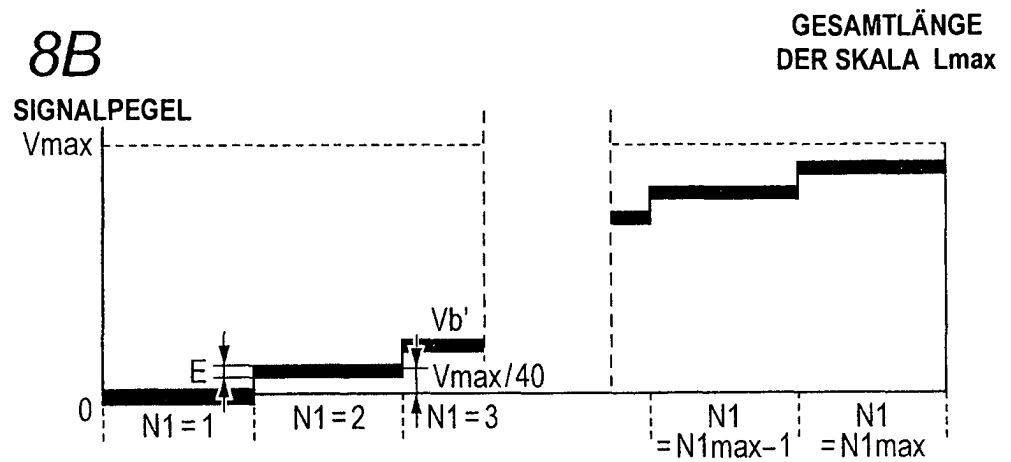


FIG. 8C

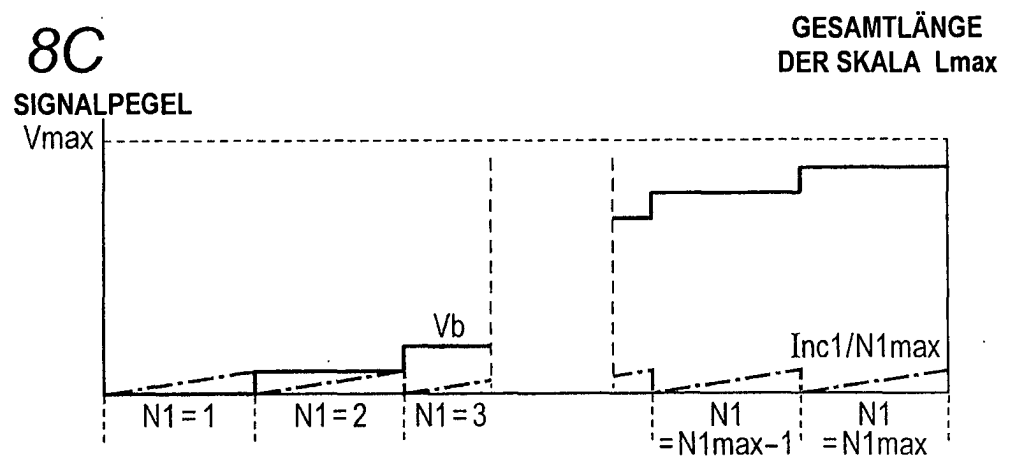
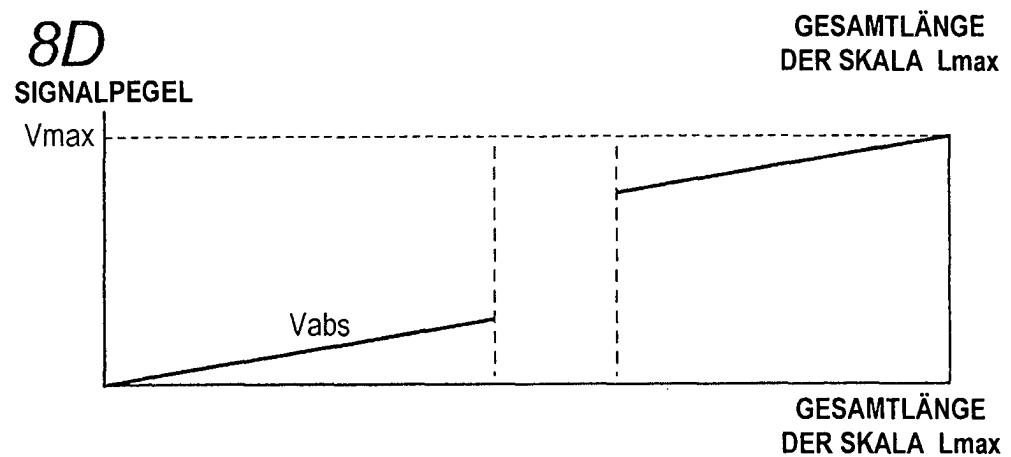
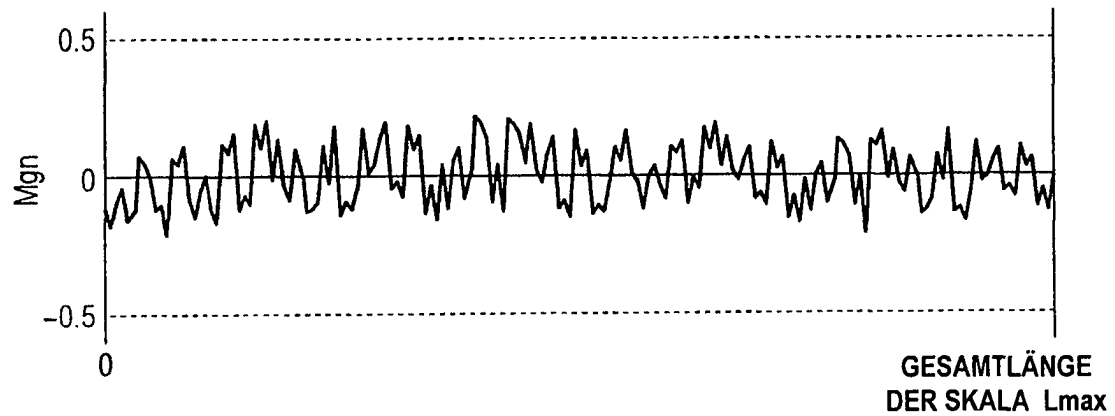


FIG. 8D

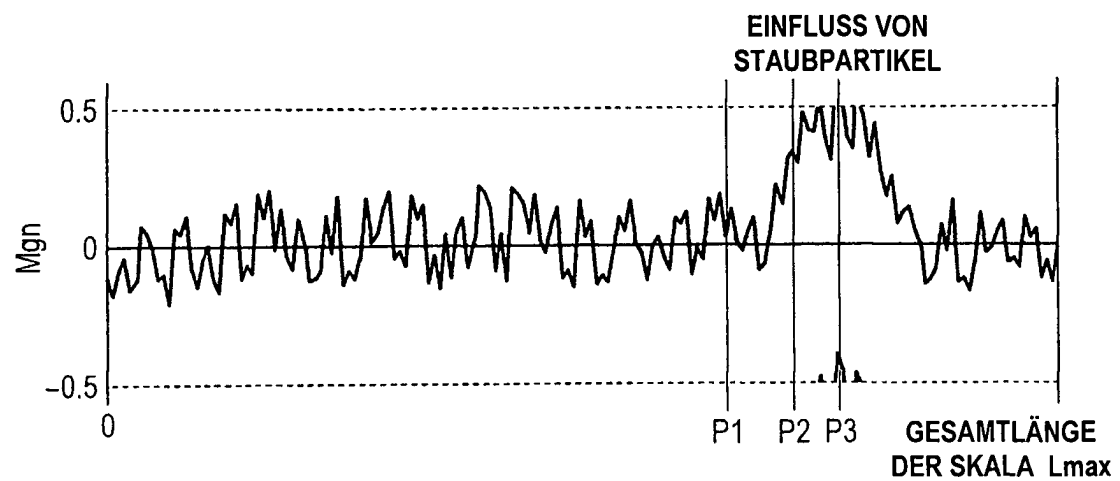




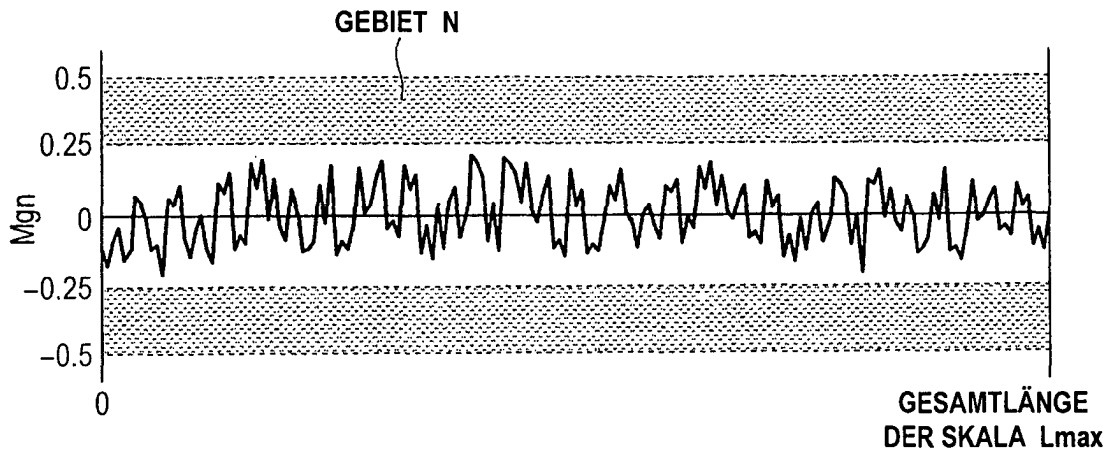
*FIG. 9A*



*FIG. 9B*



**FIG. 10A**



**FIG. 10B**

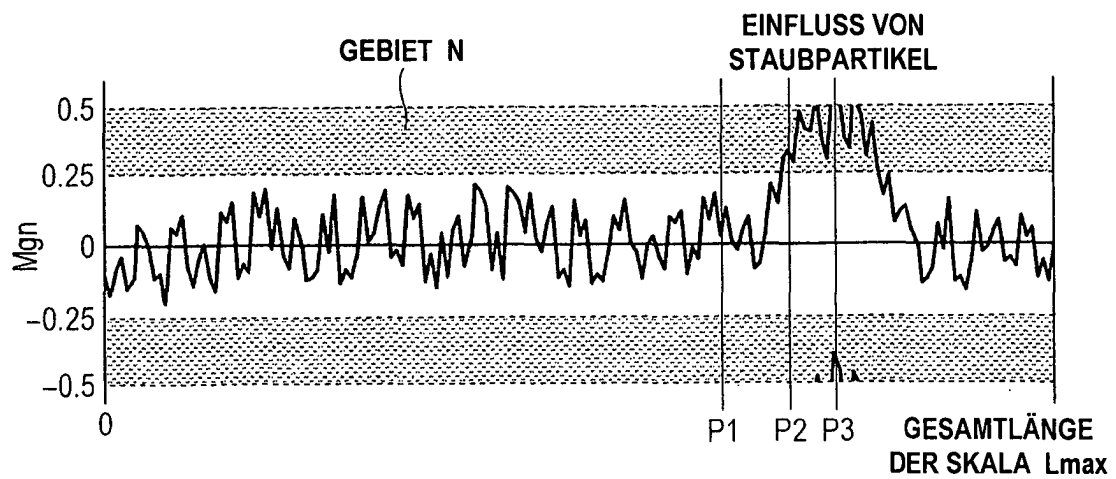


FIG. 11

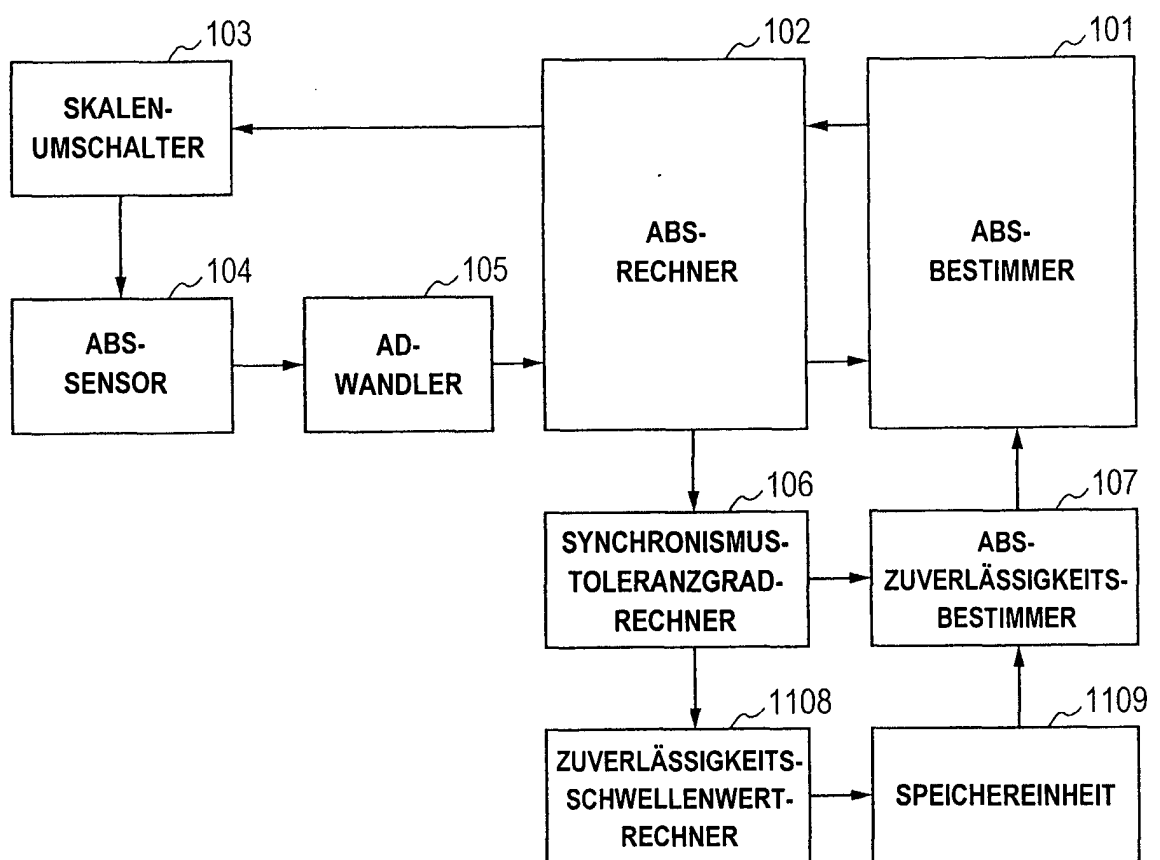


FIG. 12

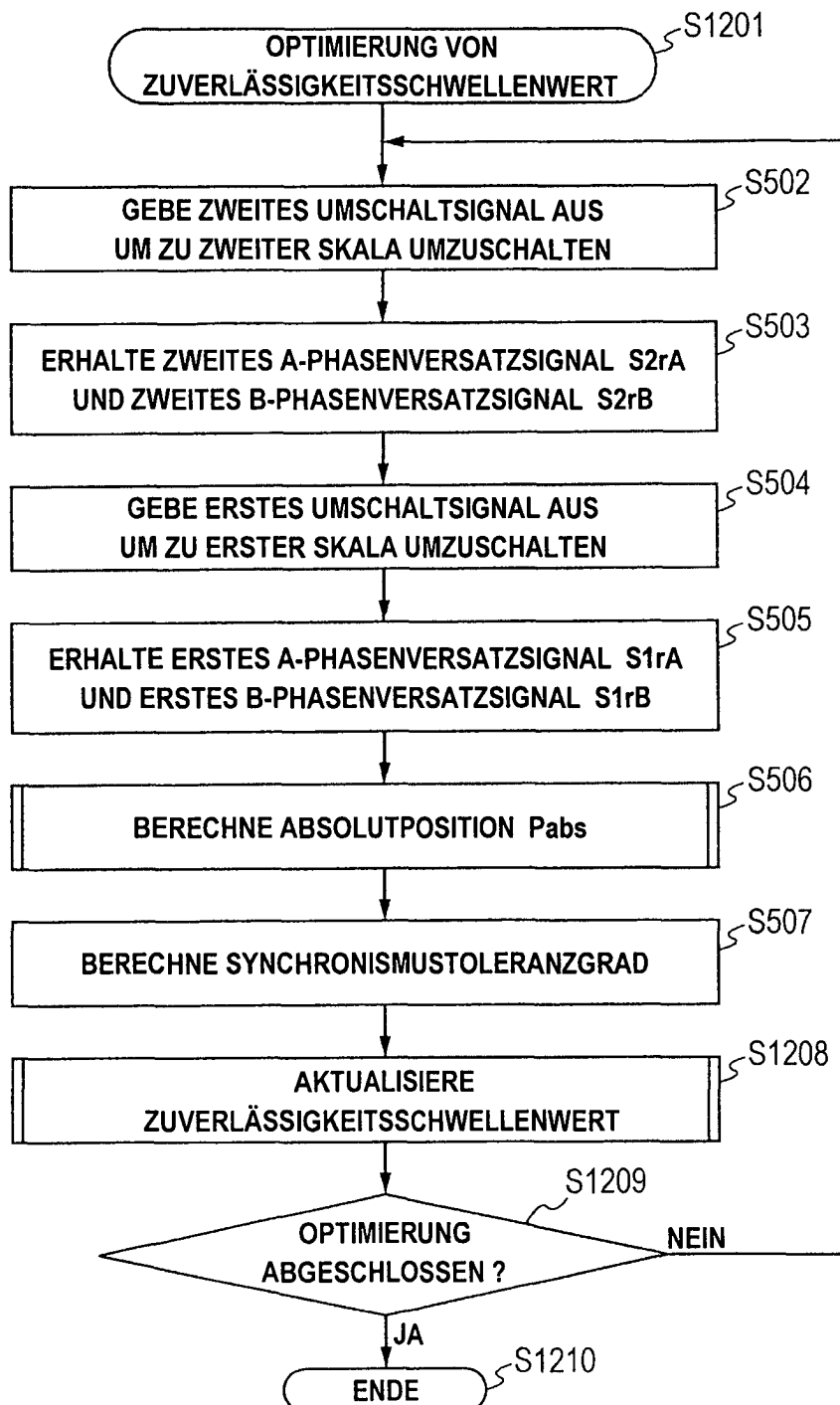
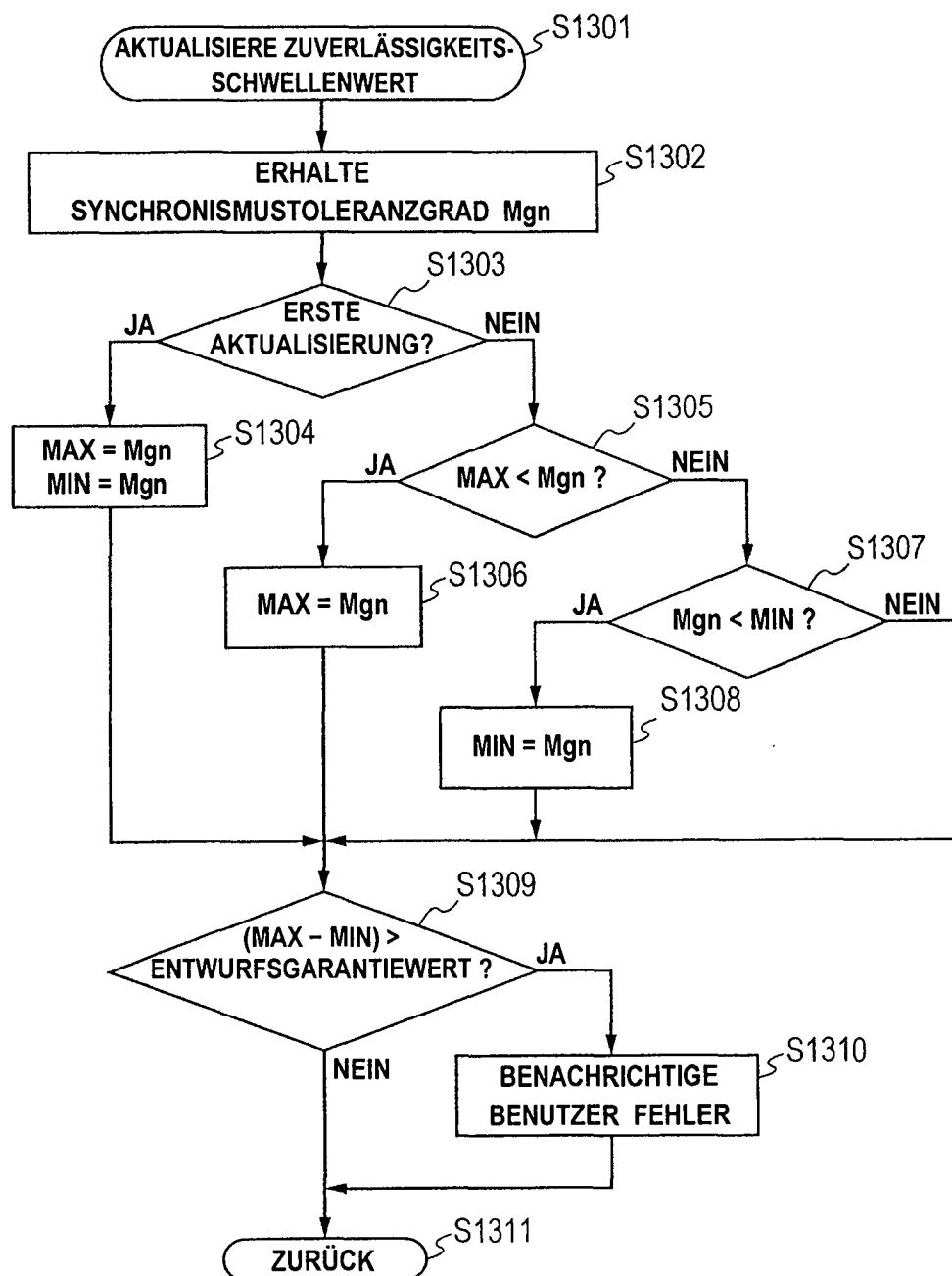
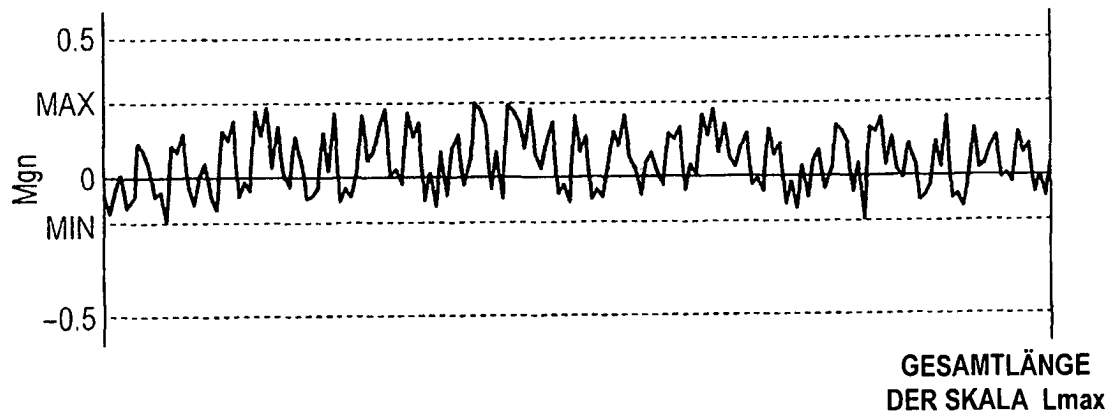


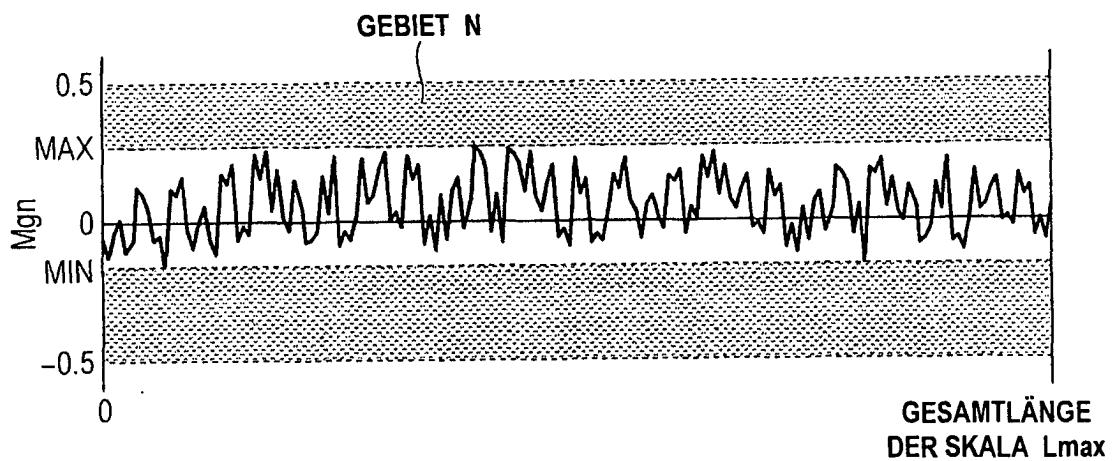
FIG. 13



**FIG. 14A**



**FIG. 14B**



**FIG. 14C**

