(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2018 108 882 A1** 2018.10.31

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 108 882.5**
(22) Anmeldetag: **13.04.2018**
(43) Offenlegungstag: **31.10.2018**

(51) Int Cl.: ***G01B 21/04*** (2006.01)
G01B 11/03 (2006.01)
G01D 5/347 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2017-088413 **27.04.2017** **JP**

(71) Anmelder:
DMG MORI CO., LTD., Yamatokoriyama-shi, Nara, JP

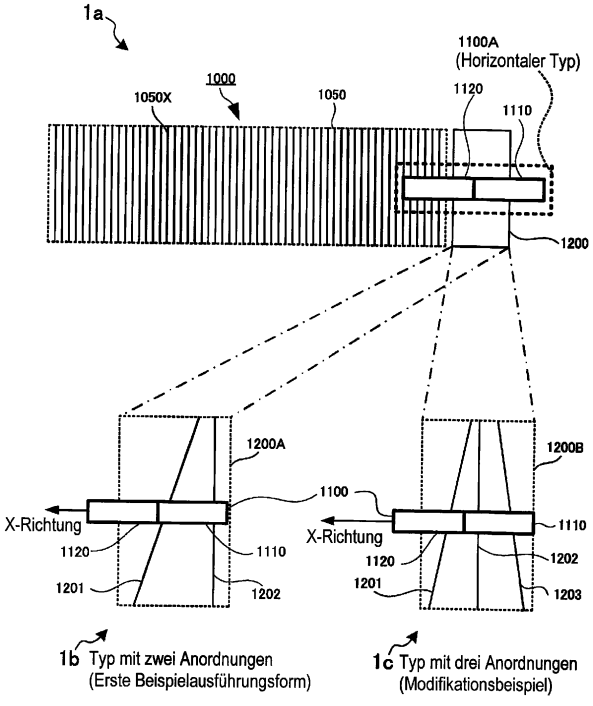
(74) Vertreter:
Betten & Resch Patent- und Rechtsanwälte PartGmbB, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Niiya, Masayuki, Isehara-shi, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Skalenvorrichtung und zweiachsige Verlagerungsdetektionsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Diese Erfindung schlägt eine zweidimensionale Skala mit einer einfachen Ausgestaltung vor, die in der Lage ist, die Einstellung einer Ursprungsmarkierung in der Y-Achsen-Richtung auszulassen. In einer linearen Skala (1000) sind eine Referenzursprungsmarkierungsanordnung (1202) und eine Neigungsursprungsmarkierungsanordnung (1201), die eine Neigungsmarkierungsanordnung ist, in einem Ursprungsmarkierungsbereich vorgesehen. Da die Referenzursprungsmarkierungsanordnung (1202) zu X-Koordinaten parallel ist, wird ein X-Richtungs-Ursprungssignal korrekt erzeugt. Andererseits wird für die Y-Richtung, in der keine Ursprungsmarkierung vorgesehen ist, der Abstand zwischen einer Referenzursprungsmarkierung und einer Neigungsursprungsmarkierung detektiert. Eine absolute Y-Richtungs-Position wird gemäß dem Abstand bestimmt.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung Nr. 2017-088413, eingereicht am 27. April 2017, deren Priorität sie beansprucht und deren Inhalt hier durch Bezugnahme vollständig mit aufgenommen ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung, die verwendet wird, um eine Positionierung durchzuführen und ein Verlagerungsausmaß in einer linearen Richtung in einer Werkzeugmaschine, einer Industriemaschine, einem Roboter oder dergleichen zu detektieren, und eine Skalenvorrichtung, die in der Verlagerungsdetektionsvorrichtung verwendet wird.

Beschreibung des Standes der Technik

[0003] Herkömmlich wird, um ein lineares Bewegungsausmaß oder eine lineare Position zur Positionierung, Steuerung, Positionsanzeige oder dergleichen einer Werkzeugmaschine, einer Industriemaschine, eines Roboters oder dergleichen zu detektieren, eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung mit einer Skala und einem Detektionskopf verwendet. In letzter Zeit wird auch eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung vorgeschlagen, die nicht nur das Verlagerungsausmaß (Bewegungsausmaß) eines Detektionskopfs, sondern auch eine Ursprungsmarkierung unter Verwendung einer Skala vom Noniustyp detektiert, wodurch die absolute Position des Detektionskopfs in Bezug auf die Skala detektiert wird.

[0004] Die Techniken der Verlagerungsdetektion werden grob in magnetische Typen (Patentliteratur 1) und optische Typen (Patentliteraturen 2 und 3) klassifiziert.

[0005] Andererseits wurde hinsichtlich einer Verlagerungsdetektionsvorrichtung dieses Typs zusammen mit der Erweiterung von Maschinenanwendungsgebieten, um eine Verlagerung in einem zweidimensionalen planaren Bereich (beispielsweise X- und Y-Richtungen) zu detektieren, auch eine Positionsdetektionsvorrichtung entwickelt, die eine lineare X-Achsen-Skala, die vorgesehen ist, während sie sich in der X-Richtung in einem zweidimensionalen planaren Bereich ausdehnt, eine lineare Y-Achsen-Skala, die in der Y-Richtung orthogonal zur linearen Skala ausgedehnt ist, und Leseköpfe, die unabhängig die „Skalen“ dieser linearen Skalen lesen und die lineare X-Achsen-Skala und die lineare Y-Achsen-Skala durch unabhängiges Folgen der Bewegungen des Aktuators einer Verarbeitungseinrichtung in den zweidimensionalen Richtungen abtasten, umfasst.

[0006] Insbesondere um eine Position zu detektieren und ein Verlagerungsausmaß mit einer Genauigkeit in der nm-Ordnung zu detektieren, wurden optische Typen (Phasendifferenzverfahren) in letzter Zeit vorgeschlagen und ausgeführt (Patentliteraturen 2 und 3).

[0007] Wenn beim magnetischen Typ ein Ursprungssignal detektiert wird, wird eine magnetische Ursprungsmarkierung unabhängig von der linearen Skala bereitgestellt und gelesen.

[0008] Außerdem umfasst eine optische Positionsdetektionsvorrichtung eine Skala, auf der ein erster Bereich, in dem Teile von Positionsinformationen in einem vorbestimmten Intervall aufgezeichnet sind, und ein zweiter Bereich, in dem Teile von Positionsinformationen in einem vom ersten Bereich unterschiedlichen Intervall aufgezeichnet sind, ausgebildet sind. Ferner umfasst eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung, die in jeder der Patentliteraturen 2 und 3 beschrieben ist, ein erstes Lesemittel zum Lesen von Positionsinformationen in einem ersten Bereich und ein zweites Lesemittel zum Lesen von Positionsinformationen in einem zweiten Bereich.

[0009] In der Verlagerungsdetektionsvorrichtung, die in jeder der Patentliteraturen 2 und 3 beschrieben ist, wird, wenn die Differenz zwischen einer ersten Phase, die durch Lesen der Positionsinformationen im ersten Bereich detektiert wird, und einer zweiten Phase, die durch Lesen der Positionsinformationen im zweiten Bereich detektiert wird, zu einem beliebig festgelegten Wert wird, ein Ursprungssignal erzeugt. Die absolute Position des Detektionskopfs wird unter Verwendung des Ursprungssignals als Referenz detektiert. Das heißt, die Verlagerungsdetektionsvorrichtung, die in jeder der Patentliteraturen 2 und 3 beschrieben ist, bildet beliebig eine Ursprungsmarkierung gemäß der Phasendifferenz zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich.

[Patentliteratur 1] Japanische Patentveröffentlichung Nr. 50-23618

[Patentliteratur 2] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2004-170153

[Patentliteratur 3] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2014-134532

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] In diesen herkömmlichen zweidimensionalen Positionsdetektionsvorrichtungen, die keine Phasendifferenz verwenden, muss jedoch eine Ursprungssignalmarkierung in jeder der X- und Y-Richtungen, um eine absolute Position in jeder der X- und Y-Richtun-

gen zu detektieren, sowohl beim magnetischen als auch optischen Typ bereitgestellt werden. Dies führt zu einer Erhöhung der Kosten.

[0011] Im herkömmlichen optischen Typ zur Detektion eines „Pseudo“-Ursprungs durch Detektieren einer Phasendifferenz muss außerdem eine Ursprungsmarkierung unabhängig von einer linearen Skala nicht bereitgestellt werden. Insbesondere ist jedoch in der Patentliteratur 2 oder 3 eine absolute Position „ein spezieller von mehreren Teilen von relativen Positionsinformationen, die vielmehr relative als „absolute“ Positionsinformationen sind“, die in einem Rastermaß eines optischen Gitters erzeugt werden, und weist keine absolute Korrektheit auf.

[0012] In der optischen Skalenvorrichtung oder Verlagerungsdetektionsvorrichtung unter Verwendung des Phasendifferenzverfahrens sind ferner zwei optische Systeme erforderlich, um den Ursprung selbst für eine Achse zu detektieren. Die Situation ist ebenso dieselbe in einer Skalenvorrichtung unter Verwendung eines magnetischen Kopfs, da sie zwei magnetische Köpfe benötigt.

[0013] Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, eine zweidimensionale Verlagerungsdetektionsvorrichtung und eine Skalenvorrichtung vorzuschlagen, von denen jede unter Verwendung einer Ursprungsdetektion für eine lineare Skala einer Achse (beispielsweise der X-Richtung) die Detektion der absoluten Position einer linearen Skala der anderen Achse (beispielsweise der Y-Richtung) bei der zweidimensionalen Verlagerungsdetektion ermöglicht.

[0014] Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch, eine zweidimensionale Verlagerungsdetektionsvorrichtung vorzuschlagen, die in der Lage ist, eine absolute Position auf der X-Achse durch Durchführen der Detektion einer „Ursprungsmarkierung“ auf der X-Achse, Erzeugen einer absoluten Position auf der Y-Achse auf der Basis der detektierten Ursprungsmarkierung auf der X-Achse und dergleichen und Erzeugen von Korrekturdaten zum Korrigieren einer optischen Verzerrung einer linearen Skala zur Zeit der Herstellung auf der Basis der erzeugten absoluten Positionen auf der X- und Y-Achse zu erzeugen, wodurch ein „Positionsinformationssignal“ korrigiert wird.

[0015] Die vorliegende Erfindung ermöglicht außerdem, eine Skalenvorrichtung oder eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung vorzuschlagen, die detektieren kann, ob die Richtung des Bewegungsweges oder Abtastweges der Achse einer Skala von einer Koordinatenachse abweicht oder nicht, unter Verwendung einer Technik zum Detektieren von absoluten Positionen auf zwei Achsen unter Verwendung einer Ursprungsdetektion einer Achse.

[0016] Ein Beispielaspekt der vorliegenden Erfindung schafft eine Skalenvorrichtung, die Folgendes umfasst:

eine lineare Skala, die abgetastet wird und ein Signal zum Detektieren einer Koordinatenposition in einer X-Achsen-Richtung erzeugt;

eine Referenzursprungsmarkierungsanordnung, die eine Ursprungsmarkierungsanordnung ist, in der mehrere Ursprungsmarkierungen, die detektiert werden, um ein Referenzursprungssignal zu erzeugen, das einen Koordinatenursprung einer X-Achse darstellt, wobei die Referenzursprungsmarkierungsanordnung sich in einer zweiten Ebene parallel zu einer ersten Ebene erstreckt, die durch die lineare Skala gebildet ist, und sich in einer Y-Achsen-Richtung orthogonal zur X-Achsen-Richtung erstreckt;

eine erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung, die vorgesehen ist, während sie sich in einem Neigungswinkel, so dass sie zur Referenzursprungsmarkierungsanordnung nicht parallel ist, in der zweiten Ebene erstreckt; und

einen Lesekopf, der auf der linearen Skala abtastet, wobei der Lesekopf sequentiell die Referenzursprungsmarkierungsanordnung und die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung kreuzt und die Ursprungsmarkierungen auf der Referenzursprungsmarkierungsanordnung zusammen mit einer Bewegung liest.

[0017] Ein anderer Beispielaspekt der vorliegenden Erfindung schafft eine zweiachsige Verlagerungsdetektionsvorrichtung, mit der die obige Skalenvorrichtung verbunden ist,
wobei, wenn ein Lesekopf eine lineare Skala in einer X-Achsen-Richtung abtastet, der Lesekopf ein Signal von relativen Positionsinformationen ausgibt, das eine aktuelle Abtastposition in der X-Achsen-Richtung darstellt, und der Lesekopf beweglich in einer beliebigen Y-Koordinatenposition in einer Y-Achsen-Richtung angeordnet ist, und
die zweiachsige Verlagerungsdetektionsvorrichtung umfasst:

eine Einheit, die einen relativen Abstand zwischen einem Satz einer Referenzursprungsmarkierung und einer Neigungsursprungsmarkierung in einer beliebigen Y-Achsen-Position durch Abtasten in der beliebigen Y-Koordinatenposition zwischen einer Referenzursprungsmarkierungsanordnung und einer ersten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung in der X-Achsen-Richtung zählt; und

eine Einheit, die eine absolute Y-Achsen-Position in der beliebigen Y-Achsen-Position ge-

mäß dem relativen Abstand zwischen dem Satz der Referenzursprungsmarkierung und der Neigungsursprungsmarkierung in der beliebigen Y-Achsen-Position berechnet.

[0018] Da gemäß der Verlagerungsdetektionsvorrichtung und der Skala der vorliegenden Erfindung die „absolute Position“ auf der Basis der Ursprungsmarkeirung selbst für die Y-Achse detektiert werden kann, auf der keine Ursprungsmarkierung vorgesehen ist, wird die Genauigkeit der detektierten absoluten Positionsinformationen fast gleich jener in einer Vorrichtung mit einer Ursprungsmarkierung auf der Y-Achse gehalten. Da die Festlegung der Ursprungsmarkierung für die Y-Achsen-Richtung beseitigt werden kann, kann außerdem eine Kostenverringerung erreicht werden.

Figurenliste

Fig. 1a ist eine schematische Ansicht, die die Ausgestaltung und Operation einer Skalenvorrichtung oder einer zweidimensionalen Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß dem ersten Beispiel der ersten Beispielausführungsform (eindimensionale Skala) der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei **Fig. 1b** eine Ansicht ist, die zwei Ursprungsmarkierungsanordnungen zeigt, die als Mittel zum Kompensieren einer absoluten Position für eine Y-Richtung ohne Ursprungsmarkierungsdetektionsfunktion dienen, und **Fig. 1c** eine Ansicht zum Erläutern eines Mechanismus und einer Funktion, die detektieren, dass die Bewegungsrichtung eines Kopfs sich in Bezug auf eine Koordinatenachse neigt, in der Skalenvorrichtung gemäß der ersten Beispielausführungsform ist;

Fig. 2a ist eine schematische Ansicht, die die Ausgestaltung und Operation einer Skalenvorrichtung oder einer zweidimensionalen Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß der zweiten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei **Fig. 2b** und **Fig. 2c** dieselben wie jene von **Fig. 1** (erste Beispielausführungsform) sind;

Fig. 3 ist eine Ansicht zum Erläutern des Prinzips zum Erhalten einer absoluten Position für Positionsinformationen oder Verlagerungsinformationen durch Detektieren einer Ursprungsmarkierung, selbst wenn eine Ursprungsmarkierungsanordnung nicht vorgesehen ist, in der ersten bis dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ist eine Ansicht zum Erläutern des Prinzips der Detektion, dass die Bewegungsrichtung eines Kopfs von einer Koordinatenachse abweicht, im ersten bis dritten Beispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 ist eine Ansicht, die die Ausgestaltung einer Skalenvorrichtung gemäß der zweiten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, in der eine lineare Skala in jeder der X- und Y-Richtungen vorgesehen ist;

Fig. 6A ist eine Ansicht zum Erläutern eines Zustandes, in dem ein Gitterintervall gemäß einer quadratischen Funktion im Gittermuster der Skalenvorrichtung gemäß der zweiten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung moduliert wird;

Fig. 6B ist eine andere Ansicht zum Erläutern eines Zustandes, in dem ein Gitterintervall gemäß einer quadratischen Funktion im Gittermuster der Skalenvorrichtung gemäß der zweiten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung moduliert wird;

Fig. 7 ist eine Ansicht, die die Ausgestaltung einer Skalenvorrichtung zeigt, die in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 8 ist eine Ansicht, die die Ausgestaltung einer Belichtungseinrichtung zeigt, die das Gittermuster einer Skala bildet, die in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 9 ist eine Ansicht zum Erläutern eines Zustandes, in dem ein Fehler zwischen der ursprünglichen Form des Gittermusters, das in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, und einem Muster, das durch die in **Fig. 8** gezeigte Belichtungseinrichtung belichtet wird, erzeugt wird;

Fig. 10 ist eine Ansicht zum Erläutern des Prinzips des Auftretens einer Abweichung im Gittermuster in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11 ist eine Ansicht, die die Ausgestaltung eines optischen Systems zeigt, das in einem Lesekopf vorgesehen ist, der in jeder der ersten bis dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 12A ist eine Ansicht zum Erläutern der Ursache des Auftretens eines Fehlers in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12B ist eine andere Ansicht zum Erläutern der Ursache des Auftretens eines Fehlers in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13A ist eine Ansicht, die ein Beispiel von Korrekturdaten zeigt, die in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden; und

Fig. 13B ist eine Ansicht, die ein anderes Beispiel von Korrekturdaten zeigt, die in der dritten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

BESCHREIBUNG DER BEISPIELAUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Bevorzugte Beispielausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun mit Bezug auf die Zeichnungen im Einzelnen beschrieben. Es sollte beachtet werden, dass die relative Anordnung der Komponenten, die Zahlenausdrücke und Zahlenwerte, die in diesen Beispielausführungsformen dargelegt sind, den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung nicht begrenzen, wenn es nicht speziell anders angegeben ist.

[0020] Alle von nachstehend zu beschreibenden mehreren Beispielausführungsformen und Beispielen sind auf optische Skalen unter Verwendung von Interferenz von Licht gerichtet. In der heutigen Verlagerungsdetektionstechnik unter Verwendung einer Skala verursacht jedoch eine Phasendifferenz an der Signalausbreitung in einem kurzen Abstand eine Interferenz sowohl in einem magnetischen Typ als auch einem optischen Typ. Daher erreicht ein optischer Kopf von jeder der nachstehend in dieser Patentbeschreibung zu beschreibenden Beispielausführungsformen und Beispiele Kompatibilität zwischen dem optischen Typ und dem magnetischen Typ durch normale Typänderung, die zwischen ihnen durchgeführt wird. Ein Abschnitt hinsichtlich einer optischen Technologie der vorliegenden Erfindung kann im Wesentlichen auf einen magnetischen Kopf ebenso angewendet werden. Aus diesem Grund muss festgelegt werden, dass der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung, der in den Ansprüchen beschrieben ist, selbstverständlich die optischen Leseköpfe der Beispielausführungsformen und Beispiele umfasst und auch den magnetischen Typ umfasst.

[0021] In dieser Patentbeschreibung bedeutet eine Skala oder Skalenvorrichtung eine Vorrichtung, die als Einheit dient, die Positionsinformationen oder Verlagerungsinformationen in Form eines physikalischen Signals (beispielsweise eines elektrischen Signals, eines optischen Signals, eines magnetischen Signals oder eines Funkwellensignals) unter Verwendung einer Skala wie z. B. einer linearen Skala ausgibt. Eine „Verlagerungsdetektionsvorrichtung“ gibt eine Vorrichtung an, die ein von der vorstehend beschriebenen „Skala“ oder „Skalenvorrichtung“ ausgegebenes Signal empfängt, die eine Bewegung eines „Objekts“ als physikalisches Signal detektiert hat, und die Echtzeitposition, Echtzeitverlagerung oder Echtzeitänderung des Objekts als Positionsinformationen erkennt, wobei das Prinzip der Erkennungsverarbeitung eng mit dem Prinzip der „Skala“ oder „Skalenvorrichtung“ verwandt ist.

[0022] Außerdem werden in dieser Patentbeschreibung Begriffe wie z. B. „X-Achse“, „Y-Achse“, „X-Richtung“ und „Y-Richtung“ für die Beschreibungszweckmäßigkeit verwendet. X und Y sollen jedoch nicht als nur zwei Achsen in einer horizontalen Ebene in einer engen Hinsicht interpretiert werden, das heißt die Z-Achse ist nicht ausgeschlossen. In dieser Patentbeschreibung umfassen X und Y nicht nur die X- und Y-Achsen parallel zur horizontalen Ebene, sondern auch eine Richtung einer vertikalen Achse (Z-Achse). Das heißt, „X und Y“ in „X- und Y-Richtungen“ und „X- und Y-Achsen“ sind im Allgemeinen überhaupt nicht mit einer „ersten“ oder „zweiten“ „Richtung“ oder „Achse“ in einer breiten Hinsicht inkonsistent oder davon verschieden. Das heißt, in dieser Patentbeschreibung haben „X und Y“ nur eine Bedeutung „erste und zweite“ in einer breiten Hinsicht.

[Erste Beispielausführungsform]

<Lineare Skala und Verlagerungsdetektionsvorrichtung der ersten Beispielausführungsform>

[0023] Eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß der ersten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun mit Bezug auf **Fig. 1**, **Fig. 2** und dergleichen beschrieben.

[0024] Eine lineare Skala **1000** gemäß dieser Beispielausführungsform umfasst einen Gitterbereich **1050** einer X-Achsen-Skala, in dem eine Anzahl von Gittern, die sich jeweils in einer Y-Achsen-Richtung orthogonal zu einer X-Richtung erstrecken, in einem gleichen kleinen Intervall von einem X-Richtungs-Ursprung in der X-Richtung angeordnet sind, um eine Verlagerung oder Position in der X-Richtung zu messen, einen Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200**, in dem zwei (oder mehr) Ursprungsmarkierungsanordnungen, die verwendet werden, um den Ursprung der X-Achsen-Richtung zu detektieren, angeordnet sind, und eine Kopfanordnung **1100A**, die aus zwei Leseköpfen gebildet ist, die miteinander verbunden sind, wobei ein Lesekopf **1110** eine Ursprungsmarkierung an einer Ursprungsmarkierungsanordnung liest und der andere Lesekopf **1120** den Gitterbereich **1050** der X-Achsen-Skala liest.

[0025] Wie in (a) von **Fig. 1a** gezeigt, sind die Skalengitter **1050X** n Gitter. Wenn der Lesekopf **1120** die Position jedes Gitters detektiert, wird die Position oder Verlagerung des Lesekopfs **1120** detektiert. Das heißt, jedes der Skalengitter **1050X** ist aus einem optischen Gitter gebildet, das sich in der Y-Richtung erstreckt. Eine Anzahl von solchen Gittern ist in der X-Richtung in einem gleichen Intervall ausgebildet. Das heißt, die lineare Skala **1009** gemäß dieser Beispielausführungsform umfasst den Skalengitterbereich **1050**, in dem die X-Achsen-Skala **1050X**,

in der eine Anzahl von Gittern für eine lineare Skala ausgebildet ist, festgelegt ist, und den Bereich **1200**, in dem eine vorbestimmte Anzahl von Ursprungsmarkierungsanordnungen in einer Position benachbart zum Skalengitterbereich **1050** in derselben Ebene wie der Skalengitterbereich **1050** festgelegt ist.

[0026] Wie in **Fig. 1a** gezeigt, ist der Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** auf einer Seite nahe dem Ursprung des Skalengitterbereichs **1050** in einer Position benachbart zum Skalengitterbereich **1050** vorgesehen. Das heißt, der Skalengitterbereich **1050** der linearen Skala **1000** gemäß dieser Beispielausführungsform und der Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** sind so angeordnet, dass sie entlang der X-Achse benachbart sind.

[0027] Im Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** sind eine Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** orthogonal zur X-Achse und eine Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201**, die sich in Bezug auf die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** neigt (das heißt in Bezug auf die X-Koordinatenachse), ausgebildet.

[0028] In **Fig. 1a** bezeichnet das Bezugszeichen **1100A** die Lesekopfbaugruppe mit dem Ursprungsmarkierungslesekopf **1110** und dem Lesekopf **1120**. Wie vorstehend beschrieben, sind der Skalengitterbereich **1050** und der Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** eingerichtet, während sie in der X-Achsen-Richtung nebeneinander gestellt sind, und sowohl der (Ursprungsmarkierungsanordnungs-) Lesekopf **1110** als auch der (Gitter-) Lesekopf **1120** sind eingerichtet, während sie entlang der X-Achse nebeneinander gestellt sind. Der (Ursprungsmarkierungsanordnungs-) Lesekopf **1110** wird bewegt, um die Ursprungsmarkierungsanordnung im Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** zu lesen. Andererseits wird der (Gitter-) Lesekopf **1120** bewegt, um ein Gitter zu lesen. Aus diesem Grund liest, wenn der (Ursprungsmarkierungsanordnungs-) Lesekopf **1110** sich entlang der X-Achse in der X-Richtung bewegt, die Ursprungsmarkierungsanordnungen **1201** und **1202** überquert und den Ursprung detektiert, der (Gitter-) Lesekopf **1120** zuverlässig ein Gitter im Skalengitterbereich **1050**. Folglich werden die Detektionsoperation eines Gitterpunkts und die Detektionsoperation des Ursprungs zuverlässig parallel durchgeführt.

[0029] Als Merkmal der linearen Skala **1000** ist die separate Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201**, die von der Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** verschieden ist, vorgesehen und die Ausdehnungsrichtung der Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** ist „nicht parallel“, das heißt „neigt sich“ in Bezug auf die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202**. Wenn der (Ursprungsmarkierungsanordnungs-) Lesekopf **1110** sich in der X-Achsen-Richtung im Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** bewegt, beispielsweise wenn sich der Lesekopf **1110** von rechts nach links auf der Blattoberfläche von **Fig. 1b** bewegt, überquert der Lesekopf **1110** sequentiell die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** und die Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201**. Das heißt, der Lesekopf **1110** erkennt, dass er sich um den Querabstand von der Position, um die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** zu überqueren, zur Position, um die Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** zu überqueren, bewegt hat. Die „Länge“ des Abstandes von der Kreuzungsposition an der Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** zur Kreuzungsposition an der Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** hängt eindeutig von der Y-Koordinatenposition ab, in der der Lesekopf **1110** überquert. Wenn der Querabstand bekannt ist, kann die absolute Position der Y-Koordinate der Überquerungsoperation der Kopfbaugruppe **1110A** indirekt aus dem „Wert“ des Querabstandes bekannt sein.

[0030] Das Prinzip der Detektion der absoluten Position in der Y-Richtung durch die Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß dieser Beispielausführungsform wird mit Bezug auf **Fig. 3** beschrieben.

[0031] Mit Bezug auf **Fig. 3** werden der Lesekopf **1120**, der das Skalengitter liest, und der Lesekopf **1110**, der die Ursprungsmarkierungsanordnung liest, integral abgetastet und bewegt. Die Bewegungsortskurve des integralen Kopfs (**1110** und **1120**) kreuzt die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** und die Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** in Kreuzungspositionen **1232** bzw. **1231** auf einer Linie, die durch eine Y-Koordinatenposition Y(n) hindurchgeht.

[0032] Ein Neigungswinkel α der Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** in Bezug auf die Y-Achse wird permanent festgelegt und ist zur Zeit der Herstellung der linearen Skala **1000** bekannt. Ein Versatzabstand Doffset der Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** zur Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** in einer unbekannten Y-Koordinatenposition Y(o) ist auch bekannt.

[0033] Daher kann die Y-Koordinatenposition Y(n) des Lesekopfs **1110** zur gegenwärtigen Zeit durch einen Ausdruck der absoluten Position als

$$\frac{D\left[Y(n)\right] - D_{offset}}{\tan \alpha} \qquad (1)$$

ausgedrückt werden.

[0034] Wie vorstehend beschrieben, wenn sich der Kopf **1110** entlang der Bewegungsortskurve bewegt,

liest der (Skalengitter-) Lesekopf **1120** die Gitter, während er sich am Gitter im Skalengitterbereich **1050** bewegt. Aus diesem Grund gibt der Lesekopf **1120** ein Sin-Signal und ein Cos-Signal (später zu beschreiben) aus. Ein Bewegungsabstand D[Y(n)] in der absoluten Position Y(n) in der Y-Richtung kann aus einem „Inkrementsignal“ erhalten werden, das aus dem Sin-Signal und dem Cos-Signal erzeugt wird, die aus dem Lesekopf **1120** ausgegeben werden.

[0035] Gemäß dieser Beispielausführungsform, die in **Fig. 1a** und **Fig. 1b** gezeigt ist, überquert der (Ursprungsmarkierungsanordnungs-) Lesekopf **1110** die zwei Ursprungsmarkierungsanordnungen (**1202** und **1201**) für die X-Achse, die verwendet werden, um das Ursprungssignal für die X-Achsen-Richtung zu erzeugen. Außerdem kann der Zeitpunkt der Ursprungsdetektion für die Y-Achse aus dem Querabstand der Überquerung bekannt sein. Folglich kann die absolute Position der Kopfanordnung **1110** auf der Y-Achse bekannt sein.

[0036] Die lineare Skala **1000** gemäß dieser Beispielausführungsform ist anwendbar, selbst nachdem die Ausgestaltung modifiziert wird. Das heißt, die lineare Skala **1000** und die Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß dieser Beispielausführungsform können nicht nur auf eine optische lineare Skala, sondern auch auf eine magnetische lineare Skala angewendet werden.

[0037] Außerdem sind alle Gitter des Skalengitterbereichs **1050** in einem gleichen Intervall angeordnet. Eine Modulation (siehe beispielsweise **Fig. 13B**) gemäß der quadratischen Funktion des X-Richtungs-Koordinatenwerts X gemäß der später zu beschreibenden dritten Beispielausführungsform kann jedoch beispielsweise für das Rastermaßintervall des Gitters für jede Position X des Gitters gemäß der X-Achsen-Position durchgeführt werden.

<Modifikation der ersten Beispielausführungsform (erstes Beispiel)>

[0038] Mit Definition der linearen Skala mit der in **Fig. 1a** und **Fig. 1b** gezeigten Ausgestaltung als erstes Beispiel der ersten Beispielausführungsform wird eine lineare Skala gemäß einer Modifikation (zweites Modifikationsbeispiel) des ersten Beispiels mit Bezug auf **Fig. 1c** beschrieben.

[Zweites Modifikationsbeispiel des ersten Beispiels]

[0039] In der linearen Skala **1000** und der Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß dieser Beispielausführungsform wird angenommen, dass die Abtastrichtung der Köpfe zur X-Achse parallel ist. In der tatsächlichen Arbeitsszene weicht die Abtastrichtung von der X-Achsen-Richtung aufgrund einer gealterten Verschlechterung ab. Außerdem kann in der tatsächlichen Arbeitsszene ein Zustand, in dem die Abtastrichtung zur X-Achsen-Richtung nicht parallel ist, auch verlangt werden. In Abhängigkeit vom Anwendungsgebiet der linearen Skala kann außerdem die Abtastung durchgeführt werden, während absichtlich die Abtastrichtung in Bezug auf die X-Achse (um einen Winkel y) geneigt wird. Eine absolute Y-Richtungs-Position, die gemäß dem Verfahren der ersten Beispielausführungsform detektiert wird, ohne die Neigung der Abtastrichtung in Bezug auf die X-Achse zu berücksichtigen, umfasst natürlich einen Fehler.

[0040] Das in **Fig. 1c** gezeigte zweite Modifikationsbeispiel zielt auf das bestätigende Detektieren, dass der Neigungswinkel γ nicht null ist (von einem Niveau abweicht), ab.

[0041] Als charakteristisches Merkmal des zweiten Modifikationsbeispiels ist eine zusätzliche Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1203** in der linearen Skala **1000** gemäß dem ersten Beispiel (**Fig. 1b**) dieser Beispielausführungsform vorgesehen. Das heißt, die Operation des Ursprungsmarkierungsanordnungsbereichs **1200B** der linearen Skala gemäß dem zweiten Modifikationsbeispiel (**Fig. 1c**) ist in **Fig. 4** gezeigt. Zusätzlich zur Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** und zur (ersten) Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201**, die sich in Bezug auf die Y-Achse um den Winkel α in der linearen Skala **1000** (**Fig. 1b**) gemäß der ersten Beispielausführungsform (beispielsweise) neigt, ist die (zweite) Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1203**, die sich ähnlich in Bezug auf die Y-Achse um einen Winkel β neigt, vorgesehen. Hier können die Winkel α und β gleich oder verschieden sein.

[0042] In **Fig. 4** bezeichnet das Bezugszeichen **1410** eine Bewegungsortskurve des Lesekopfs **1110** „in einem normalen Zustand“ (wenn keine Abweichung aufgetreten ist; und 1410' eine Bewegungsortskurve des Lesekopfs **1110** „in einem anomalen Zustand“ (wenn eine Abweichung aufgetreten ist).

[0043] In **Fig. 4** sind die Winkel α und β bekannte festgelegte Winkel, die zur Zeit der Herstellung der linearen Skala **1000** oder einer zweidimensionalen Skala erkannt werden. Sobald die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** und die zweite Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1203** bereitgestellt sind, werden sie ebenso dann niemals entfernt. Daher ist ein Abstand ΔH zwischen Kreuzungspunkten P und Q, in denen die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** bzw. die zweite Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1203** kreuzt, auch bekannt.

[0044] In einem Fall, in dem der Lesekopf **1110** sequentiell die zweite Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1203**, die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** und die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** in Punkten D, B und A entlang der Bewegungsortskurve **1410** im normalen Zustand kreuzt, sind außerdem ein Abstand d(α) zwischen den Punkten A und B und ein Abstand d(β) zwischen den Punkten B und D unbekannt, da die Bewegungsortskurve **1410** selbst nicht festgelegt werden kann. Da jedoch die Bewegungsortskurve **1410** zur Y-Koordinatenachse immer orthogonal ist, ist das Verhältnis des Abstandes d(α) zwischen den Punkten A und B zum Abstand d(β) zwischen den Punkten B und D dauerhaft und bekannt, da das Verhältnis nur von den bekannten Variablen α und β abhängt.

[0045] Aus demselben Grund, wie vorstehend beschrieben, wird ermöglicht, dass die Bewegungsortskurve **1410'** im anomalen Zustand auf dem Diagramm von **Fig. 4** sich verschiebt, um die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** im Schnittpunkt A zu kreuzen.

[0046] Aus diesem Grund können die Abstände zwischen den Schnittpunkten, in denen die Bewegungsortskurve **1410'** im anomalen Zustand die zweite Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1203**, die Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** und die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** kreuzt, auf das Verhältnis von Abständen (d'(α) und d'(β)) zwischen den Abständen AB und BD zwischen den Schnittpunkten reduziert werden. Da die Abstände d'(α) und d'(β) durch das Verfahren gemäß dem ersten Beispiel dieser Beispielausführungsform erhalten werden können, kann der Abweichungswinkel γ schließlich berechnet werden durch

$$\gamma = \arctan \frac{\cot\beta \cdot \left\{ d'(\beta) - \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} d'(\alpha) - \tan\beta \Delta H \right\}}{d'(\alpha) + d'\beta} \quad (2)$$

[0047] In **Fig. 4** und Gleichung (2) weicht die Bewegungsortskurve **1410'** im anomalen Zustand bereits um γ mit hoher Wahrscheinlichkeit ab, wenn eine Anomalität vermutet wird. Aus diesem Grund ist der Y-Koordinatenwert des Schnittpunkts A zwischen der ersten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung **1201** und der Bewegungsortskurve **1410'** zuverlässig. Da das Verhältnis von d'(α) zu d'(β) korrekt ist, obwohl es unmöglich ist, sich auf die Werte von d'(α) und d'(β) selbst zu verlassen, kann daher der Abweichungswinkel γ folglich erhalten werden.

[0048] Wenn der Wert des erfassten Winkels γ einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, kann es bedeuten, dass die Abweichung in Bezug auf den Abweichungswinkel γ im normalen Zustand nicht ermöglicht werden kann. In diesem Fall wird die Bedienperson der linearen Skala oder der Benutzer der externen Verlagerungsdetektionsvorrichtung, die die lineare Skala beinhaltet, darüber benachrichtigt und wird dazu gebracht, eine vorbestimmte Wartungshandlung zu unternehmen.

<Zweites Beispiel der ersten Beispielausführungsform>

[0049] In dieser Beispielausführungsform können Ursprungsinformationen für die Y-Achse unter Verwendung der Ursprungsmarkierungsanordnung für die X-Achse erzeugt werden. Wenn die lineare Skala **1000**, die in **Fig. 1a** und **Fig. 1b** gezeigt ist, als erstes Beispiel der ersten Beispielausführungsform definiert ist, ist die Ausgestaltung einer linearen Skala gemäß dem zweiten Beispiel dieser Beispielausführungsform in **Fig. 2** gezeigt.

[0050] Als charakteristische Merkmale der Ausgestaltung der linearen Skala gemäß dem zweiten Beispiel ist ein Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** in der Y-Achsen-Richtung (das heißt zur Oberseite auf der Blattoberfläche von **Fig. 2**) angeordnet, ein Skalengitterbereich **1050** und der Ursprungsmarkierungsanordnungsbereich **1200** sind sequentiell angeordnet und ein Gitterlesekopf **1120** und ein Ursprungsmarkierungsanordnungslesekopf **1110** sind in dieser Reihenfolge angeordnet.

[0051] Durch die charakteristischen Merkmale der linearen Skala gemäß dem zweiten Beispiel können alle Effekte, die durch das erste Beispiel und die erste Beispielmodifikation erhalten werden, erreicht werden.

[0052] Da die lineare Skala gemäß dem zweiten Beispiel eine L-Form im Vergleich zur linearen Skala gemäß dem ersten Beispiel aufweist, ist sie außerdem manchmal vom Blickpunkt des Raumfaktors vorteilhaft.

<Vorteile des ersten und des zweiten Beispiels der ersten Beispielausführungsform>

[0053] Gemäß der Vorrichtung und der linearen Skala **1000** gemäß der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform

(1) umfasst die Positionsdetektionsvorrichtung gemäß der ersten Beispielausführungsform die Neigungsursprungsmarkierungsanordnung zusätzlich zur Referenzursprungsmarkierungsanordnung für die lineare Skala, die in der Lage ist, eine Positionsverlagerung in einer Richtung (beispielsweise X-Richtung) zu detektieren. Wenn die lineare Skala auf ein Anwendungsgebiet angewendet wird, in dem die Skala mit dem Lesekopf, um Lesen in der X-Richtung durchzuführ-

ren, in der Y-Richtung senkrecht zur X-Richtung bewegt wird, kann die absolute Position einer Y-Richtungs-Verlagerung wie in einem Fall detektiert werden, in dem die Ursprungsmarkierung in der Y-Richtung vorgesehen ist.

(2) Um die Aufgabe zu erfüllen, muss die Verlagerungsvorrichtung gemäß der ersten Beispielausführungsform nur ein inkrementales Signal, das eine relative Verlagerung in der X-Richtung meldet, ein Referenzursprungsdetektionssignal und ein Neigungsursprungsmarkierungsdetektionssignal, das in einer unbekannten Y-Koordinatenposition detektiert wird, ausgeben und kann eine lineare Skaleneinheit mit einem Potential für die Entwicklung als System implementieren und bilden.

(3) Ein Verlagerungsdetektionssystem, mit dem die Verlagerungsdetektionsvorrichtung von (**2**) oder eine lineare Skala verbunden ist, kann das inkrementale Signal, das Referenzursprungsdetektionssignal und das Neigungsursprungsmarkierungsdetektionssignal in eine absolute Y-Richtungs-Position umsetzen durch eine einfache Berechnung und kann eine einfache zweidimensionale Skalenverlagerungsdetektionsvorrichtung bilden und implementieren.

(4) Im Modifikationsbeispiel von jedem des ersten und des zweiten Beispiels ist die zweite Neigungsursprungsmarkierungsanordnung ferner vorgesehen, wodurch eine unerwartete Neigung der linearen Skala und die unerwartete Neigung γ der Ortskurve des Kopfs detektiert werden. Daher ist es möglich, eine Verlagerungsmessung mit einem großen Fehler zu beseitigen.

(5) Das Prinzip der linearen Skala gemäß der ersten Beispielausführungsform ist theoretisch auf einen magnetischen Typ und ebenso auf einen optischen Typ anwendbar. Im optischen Typ ist die lineare Skala sowohl auf einen Reflexionstyp als auch einen Durchlasstyp anwendbar. Daher kann die lineare Skala auf Systeme in einem breiten Bereich angewendet werden.

(6) Der Ursprungsmarkierungsanordnungsfestlegungsbereich der linearen Skala gemäß der ersten Beispielausführungsform kann in einem benachbarten Bereich in derselben Ebene wie die lineare Skala oder in einer andere Ebene auf der Ober- oder Unterseite der Ebene der linearen Skala angeordnet sein

[Zweite Beispielausführungsform]

[0054] Die Ausgestaltung einer zweidimensionalen Skala und einer Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß der zweiten Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf **Fig. 5** bis **Fig. 6B** beschrieben. Das Verlagerungsdetektionssystem gemäß der zweiten Beispielausführungsform kann die absolute Position einer Verlagerung in jeder der X- und Y-Richtungen durch Hinzufügen einer Skala mit einer „Referenzursprungsmarkierungsanordnung“ und einer „Neigungsursprungsmarkierungsanordnung“ gemäß der ersten Beispielausführungsform zu einem normalen Verlagerungsdetektionssystem messen, das in der Lage ist, Verlagerungen in den X- und Y-Richtungen durch ein inkrementales Verfahren unter Verwendung einer zweidimensionalen Skala zu detektieren, die in der Lage ist, ein inkrementales Signal in jeder der X- und Y-Richtungen zu erzeugen.

[0055] Die zweidimensionale Skala des Verlagerungsdetektionssystems gemäß der zweiten Beispielausführungsform zielt auf das weitere Verbessern der Genauigkeit im Vergleich zur ersten Beispielausführungsform ab und verwendet ein optisches Phasendifferenzverfahren, um eine Verlagerungsmessung mit einer Genauigkeit in der nm-Ordnung zu ermöglichen. Es ist zu beachten, dass das Verfahren nicht auf das optische Phasendifferenzverfahren begrenzt ist und die Beispielausführungsform auch auf ein magnetisches Phasendifferenzverfahren anwendbar ist.

[0056] **Fig. 5** zeigt die Ausgestaltung der zweidimensionalen Skala gemäß der zweiten Beispielausführungsform.

[0057] Im Vergleich zur linearen Skala gemäß der ersten Beispielausführungsform sieht die zweidimensionale Skala gemäß dieser Beispielausführungsform eine Y-Richtungs-Skala an der Oberseite auf der Blattoberfläche von **Fig. 5** vor und fügt einen Y-Gitterlesekopf **1120A**, der dazu konfiguriert ist, das Gitter der Y-Richtungs-Skala abzutasten, hinzu.

[0058] Wie aus **Fig. 5** ersichtlich ist, ist in der ersten Beispielausführungsform keine lineare Skala für die Y-Richtung vorgesehen. Ein Ursprungsmarkierungskopf **1110**, ein X-Gitter-Lesekopf **1120X** und der Y-Gitter-Lesekopf **1120Y** sind miteinander verbunden. Wenn sie sich bewegen, bewegen sie sich integral.

[0059] Wie aus **Fig. 5** ersichtlich ist, ist die zweidimensionale Skala gemäß dieser Beispielausführungsform ferner mit der Y-Richtungs-Skala im Vergleich zur Skala gemäß der ersten Beispielausführungsform versehen. Aus diesem Grund funktioniert die Skala gemäß dieser Beispielausführungsform als Skala vom inkrementalen Typ sowohl in der X- als auch der Y-Richtung. Da dieselbe Funktion wie die Ursprungslesefunktion sowohl in der X-Richtung als auch der Y-Richtung möglich ist, kann außerdem die zweidimensionale Skala gemäß dieser Beispielausführungsform eine viel höhere Auflösung im Vergleich zur zweidimensionalen Skala gemäß der ersten Bei-

spielausführungsform bereitstellen, die nur als pseudo-zweidimensionale Skala funktioniert.

[0060] Das heißt, ein Kopf, der dazu konfiguriert ist, die Ursprungsmarkierung in der Y-Richtung zu lesen, kann vermieden werden, und eine Kostenverringerung und Gewichtsverringerung können erreicht werden.

<Modifikation der zweiten Beispielausführungsform>

[0061] Als Modifikation wird eine Modulation gemäß einer quadratischen Funktion für das Rastermaßintervall des Gitters durchgeführt. Das heißt, wenn die Modulation für eine X-Richtungs-Skala **1050X** durchgeführt wird, die in **Fig. 5** gezeigt ist, werden ein Gittermuster, das in **Fig. 6A** gezeigt ist, das für die X-Richtung geeignet ist, und ein Gittermuster, das in **Fig. 6B** gezeigt ist, das für die Y-Richtung geeignet ist, erzeugt.

[Dritte Beispielausführungsform]

[0062] In der ersten und der zweiten Beispielausführungsform wird eine lineare Skala für die Skala gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Andererseits wird in der nachstehend zu beschreibenden dritten Beispielausführungsform eine zweidimensionale Skala verwendet.

<Ausgestaltung der zweidimensionalen Skala> ... Dritte Beispielausführungsform

[0063] Die Skalen gemäß den vorstehend beschriebenen ersten und zweiten Beispielausführungsforme verwenden eine oder zwei lineare Skalen. Die Skala gemäß der dritten Beispielausführungsform ist eine zweidimensionale Skala, die aus einem Gitter einer komplexen Form besteht, das in **Fig. 7** oder **Fig. 9** gezeigt ist.

[0064] **Fig. 7** zeigt die Ausgestaltung einer zweidimensionalen Skala **2000** gemäß dieser Beispielausführungsform. In der zweidimensionalen Skala **2000**, die in **Fig. 7** gezeigt ist, ist eine Anzahl von Zellen in der X-Richtung und der Y-Richtung angeordnet. Ein Lesekopf **2220**, der in der X-Richtung abgetastet werden soll, ist an der zweidimensionalen Skala **2000** vorgesehen. Der Kopf **2220** detektiert optisch eine X-Richtungs-Verlagerung auf der Skala **2000**. Außerdem liest ein Kopf **2230**, der dauerhaft mit dem Kopf **2220** verbunden ist, der die X-Richtungs-Verlagerung liest, eine Y-Richtungs-Verlagerung auf der zweidimensionalen Skala **2000**. Das heißt, wenn der X-Richtungs-Kopf **2220** sich in der X-Richtung verlagert, bewegt sich der Y-Richtungs-Kopf **2230** zusammen mit dem X-Richtungs-Kopf **2220** ohne Ändern seiner Y-Richtungs-Position. Dies gilt auch für einen Fall, in dem der Y-Richtungs-Kopf **2230** sich bewegt.

[0065] Ein Ursprungsmarkierungslesekopf **2210** ist am X-Richtungs-Kopf **2220** und am Y-Richtungs-Kopf **2230** befestigt. Das heißt, der Ursprungsmarkierungslesekopf **2210** bewegt sich integral mit den restlichen Skalengitterleseköpfen (dem X-Richtungs-Kopf **2220** und dem Y-Richtungs-Kopf **2230**) wie der Ursprungsmarkierungslesekopf der ersten und der zweiten Beispielausführungsform. Mit anderen Worten, der Ursprungsmarkierungslesekopf **2210** tastet einen Ursprungsmarkierungsbereich **2100** mit einer Ursprungsmarkierungsanordnung ab, die in der Ebene ausgebildet ist.

[0066] Der Ursprungsmarkierungsbereich **2100** gemäß dieser Beispielausführungsform weist eine in **Fig. 7b** oder **Fig. 7c** gezeigte Ausgestaltung wie jene der ersten und der zweiten Beispielausführungsform auf. Das heißt, **Fig. 7b** zeigt einen Typ unter Verwendung von zwei Ursprungsmarkierungsanordnungen und **Fig. 7c** zeigt einen Typ unter Verwendung von drei Ursprungsmarkierungsanordnungen.

[0067] Ein Ursprungsmarkierungsbereich **2100A**, der in **Fig. 7b** gezeigt ist, zielt darauf ab, es möglich zu machen, eine absolute Y-Richtungs-Adresse in der Y-Achsen-Richtung zu lesen, ohne eine Ursprungsmarkierung in der Y-Achsen-Richtung und einen Ursprungsmarkierungslesekopf wie in der ersten und der zweiten Beispielausführungsform zu enthalten.

[0068] Ein Ursprungsmarkierungsbereich **2100B** zielt auf das Detektieren, ob die Bewegung des Kopfs von der X-Achse abgewichen ist, ab.

<Grund für das Gittermuster der zweidimensionalen Skala>

[0069] Im Gittermuster **2000**, das in **Fig. 7a** gezeigt ist, wird das Gitterrastermaß groß, wenn der Abstand von der Mitte lang wird. Eine solche Verteilung wird erzeugt, da das Gittermuster der zweidimensionalen Skala **2000** unter Verwendung einer Belichtungseinrichtung hergestellt wird, wie in **Fig. 8** gezeigt.

[0070] Die in **Fig. 8** gezeigte Belichtungseinrichtung ist eine Einrichtung, die ein Interferenzmuster auf der Oberfläche eines Materials mit Lichtempfindlichkeit (nachstehend als „lichtempfindliches Material“ zu bezeichnen) durch ein Interferenzbelichtungsverfahren unter Verwendung von zwei Lichtstrahlen belichtet. Das Interferenzmuster, das auf der Oberfläche eines lichtempfindlichen Materials **210** belichtet wird, ist die Beugungsgitterskala **2000**.

[0071] Wie in **Fig. 8** gezeigt, ist eine Belichtungseinrichtung **200** aus einer Lichtquelle **201**, die eine kohärente Lichtquelle ist, einem Verteiler **202**, einem ersten Spiegel **204**, einem zweiten Spiegel **205**, einer

ersten Linse **206**, einer zweiten Linse **207**, einer dritten Linse **208** und einer vierten Linse **209** gebildet.

[0072] Ein Lichtstrahl La, der durch die Lichtquelle **201** emittiert wird, wird durch den Verteiler **202** in einen ersten Lichtstrahl **Lb1** und einen zweiten Lichtstrahl **Lb2** aufgeteilt. Der erste Lichtstrahl **Lb1** tritt in den ersten Spiegel **204** ein und der zweite Lichtstrahl **Lb2** tritt in den zweiten Spiegel **205** ein.

[0073] Die erste Linse **206** und die zweite Linse **207** sind zwischen dem ersten Spiegel **204** und einer Skala **2** angeordnet. Außerdem sind die dritte Linse **208** und die vierte Linse **209** zwischen dem zweiten Spiegel **205** und der Skala **2** angeordnet.

[0074] Der erste Lichtstrahl **Lb1**, der in den ersten Spiegel **204** eingetreten ist, wird durch den ersten Spiegel **204** reflektiert und tritt in die Oberfläche des lichtempfindlichen Materials **210** über die erste Linse **206** und die zweite Linse **207** ein. Außerdem wird der zweite Lichtstrahl **Lb2**, der in den zweiten Spiegel **205** eingetreten ist, durch den zweiten Spiegel **205** reflektiert und tritt in die Oberfläche des lichtempfindlichen Materials **210** über die dritte Linse **208** und die vierte Linse **209** ein.

[0075] Die Wellenfront des ersten Lichtstrahls **Lb1** wird in eine ebene Welle durch die erste Linse **206** und die zweite Linse **207** umgesetzt und der erste Lichtstrahl **Lb1** tritt dann in das lichtempfindliche Material **210** ein. Außerdem wird die Wellenfront des zweiten Lichtstrahls **Lb2** in eine ebene Welle mit einer vorbestimmten Aberration in Bezug auf die Wellenfront des ersten Lichtstrahls **Lb1** durch die dritte Linse **208** und die vierte Linse **209** umgesetzt und der zweite Lichtstrahl **Lb2** tritt dann in das lichtempfindliche Material **210** ein. Der erste Lichtstrahl **Lb1** und der zweite Lichtstrahl **Lb2** überlappen und ein Interferenzstreifenmuster mit einer gewünschten Periode wird auf der Oberfläche des lichtempfindlichen Materials **210** gebildet. Dann wird die Oberfläche des lichtempfindlichen Materials **210** entlang des Interferenzstreifenmusters belichtet, wodurch die Beugungsgitterskala **2000** ausgebildet wird.

[0076] Der erste Lichtstrahl kann auf eine ebene Welle angenähert werden. Tatsächlich ist der erste Lichtstrahl eine Kugelwelle. Da sie von der ebenen Welle verschieden ist, schwächt der Einfluss des Fehlers die Zählempfindlichkeit des Zählwerts an einem Abschnitt weit vom Zentrum entfernt.

[0077] **Fig. 9** erläutert einen Zustand, in dem, wenn die Belichtungseinrichtung, die in **Fig. 8** gezeigt ist, ein quadratisches Gittermuster zeichnet, das durch durchgezogene Linien in **Fig. 9** angegeben ist, die Form des quadratischen Gittermusters, das durch die durchgezogenen Linien in **Fig. 9** angegeben ist, zur Form eines „verzerrten“ Gittermusters, das durch gestrichelte Linien in **Fig. 9** angegeben ist, aufgrund eines Beugungsphänomens, das durch die Kugelwelle verursacht wird, geändert wird.

[0078] Das heißt, hinsichtlich der Positionsinformationen der „Verlagerung“, die durch Verlagerungsdetektion der zweidimensionalen Skala erhalten werden, in der am Umfangsabschnitt die Verzerrung groß ist und das Rastermaß breit ist, wie in **Fig. 9**, umfassen die Positionsinformationen selbst den Fehler. Die Existenz der Verzerrung im Gittermuster, das in **Fig. 9** gezeigt ist, bedeutet, dass eine Korrektur für die Informationen der Verlagerung oder Position des Detektionsziels durchgeführt werden muss, das durch die Verlagerungsdetektionsvorrichtung detektiert wird.

<Verlagerungsdetektionsvorrichtung> ...
Dritte Beispielausführungsform

[0079] Die in **Fig. 7** gezeigte zweidimensionale Skala und die Verlagerungsdetektionsvorrichtung (**Fig. 10**) mit der zweidimensionalen Skala implementieren eine „Korrektur“, um mit dem vorstehend beschriebenen Problem zurechtzukommen. In **Fig. 10** führt eine Verlagerungsdetektionsvorrichtung **3000** gemäß dieser Beispielausführungsform verschiedene Arten von Verarbeitung in Zusammenwirkung mit der zweidimensionalen Skala **2000** durch, die in **Fig. 7** gezeigt ist.

[0080] Wie vorstehend beschrieben, sind die drei Köpfe (**2210**, **2220** und **2230**) in der zweidimensionalen Skala **2000** enthalten, die mit der Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß dieser Beispielausführungsform zusammenwirkt. Von diesen Köpfen umfassen die Köpfe **2220** und **2230** optische Systeme derselben Ausgestaltung, Leistung und Operation. Daher wird das in **Fig. 11** gezeigte optische System als Vertreter beschrieben. Es kann aus der Beschreibung verständlich sein, dass das optische Kopfsystem im Wesentlichen ein Cos-Signal und ein Sin-Signal ausgibt. Der Ursprungsmarkierungslesekopf **2210** umfasst ein optisches System mit einer bekannten Linse.

[0081] In **Fig. 11** umfasst das optische Lesekopfsystem eine Lichtquelle **20**, eine Linse **11**, zwei Reflexionsabschnitte **12** und **13**, die in symmetrischen Positionen angeordnet sind, zwei Spiegel **14** und **16**, die in symmetrischen Positionen angeordnet sind, einen Strahlteiler **17** und zwei Lichtempfangsabschnitte **18** und **19**, die in symmetrischen Positionen angeordnet sind.

[0082] Die Lichtquelle **20** ist fast senkrecht zur zweidimensionalen Skalengitterebene angeordnet. Die Linse **11**, die zwischen der Lichtquelle **20** und der zweidimensionalen Skalengitterebene angeordnet ist, kondensiert Licht L, das durch die Lichtquelle **20** emittiert wird, auf einen beliebigen Durchmes-

ser. Das durch die Lichtquelle **20** emittierte Licht L bestrahlt einen Punkt O des Beugungsgitters der zweidimensionalen Skalengitterebene über die Linse **11**. Das Licht L, das das Beugungsgitter bestrahlt hat, wird einer ersten Beugung (Reflexion) durch das Beugungsgitter unterzogen. Folglich wird das Licht L, das das Beugungsgitter bestrahlt hat, in gebeugtes Licht (nachstehend als „einmal gebeugtes Licht“ zu bezeichnen) **L1**, das durch die erste Beugung erhalten wird und eine positive Ordnung aufweist, und einmal gebeugtes Licht -**L1** mit einer negativen Ordnung aufgeteilt.

[0083] Die zwei Reflexionsabschnitte **12** und **13** sind entlang einer ersten Messrichtung **X1** angeordnet, so dass die Lichtquelle **20** zwischen sie eingefügt ist. Das einmal gebeugte Licht **L1**, das durch das Beugungsgitter einmal gebeugt wird und die positive Ordnung aufweist, tritt in den Reflexionsabschnitt **12** auf der rechten Seite der Blattoberfläche von **Fig. 11** ein und das einmal gebeugte Licht -**L1**, das durch das Beugungsgitter einmal gebeugt wird und die negative Ordnung aufweist, tritt in den Reflexionsabschnitt **13** auf der linken Seite der Blattoberfläche ein. Der Reflexionsabschnitt **12** reflektiert das einmal gebeugte Licht **L1**, das zweimal in den Reflexionsabschnitt **12** eingetreten ist, und veranlasst, dass das Licht den Punkt O des Beugungsgitters erneut bestrahlt. Der Reflexionsabschnitt **13** reflektiert das einmal gebeugte Licht -**L1**, das zweimal in den Reflexionsabschnitt **13** eingetreten ist, und veranlasst, dass das Licht erneut denselben Punkt O bestrahlt.

[0084] Das einmal gebeugte Licht **L1** mit der positiven Ordnung, das durch den Reflexionsabschnitt **12** veranlasst wird, in das Beugungsgitter erneut einzutreten, wird der zweiten Beugung durch das Beugungsgitter unterzogen und tritt aus dem Beugungsgitter als gebeugtes Licht (nachstehend als „zweimal gebeugtes Licht“ zu bezeichnen) **L2** aus, das durch die zweite Beugung erhalten wird und eine positive Ordnung aufweist. Das einmal gebeugte Licht -**L1** mit der negativen Ordnung, das durch den Reflexionsabschnitt **13** veranlasst wird, in das Beugungsgitter erneut einzutreten, wird der zweiten Beugung durch das Beugungsgitter unterzogen und tritt aus dem Beugungsgitter als zweimal gebeugtes Licht-**L2** aus, das durch die zweite Beugung erhalten wird und eine negative Ordnung aufweist.

[0085] Die Spiegel **14** und **16** sind entlang der ersten Messrichtung **X1** derart angeordnet, dass die Lichtquelle **20** zwischen sie eingefügt ist. Das zweimal gebeugte Licht **L2** mit der positiven Ordnung tritt in den Spiegel **14** auf der rechten Seite der Blattoberfläche ein und das zweimal gebeugte Licht -**L2** mit der negativen Ordnung tritt in den Spiegel **16** auf der linken Seite ein. Der Spiegel **14** reflektiert das zweimal gebeugte Licht **L2**, das in Richtung des Strahlteilers **17** eingetreten ist, und der Spiegel **16** reflektiert das zweimal gebeugte Licht -**L2**, das in Richtung des Strahlteilers **17** eingetreten ist.

[0086] Der Strahlteiler **17** ist über der Lichtquelle **20** auf der entgegengesetzten Seite des Beugungsgitters angeordnet. Der Strahlteiler **17** überlagert die zwei zweimal gebeugten Lichtstrahlen **L2** und -**L2**, die durch den ersten Spiegel **14** und den zweiten Spiegel **16** reflektiert werden, wodurch Interferenzlicht erhalten wird. Außerdem teilt der Strahlteiler **17** das Interferenzlicht in erstes Interferenzlicht **Ld1** und zweites Interferenzlicht **Ld2** auf und lässt sie austreten. Der erste Lichtempfangsabschnitt **18** ist an der Austrittsöffnung des Strahlteilers **17** für das erste Interferenzlicht **Ld1** vorgesehen, der zweite Lichtempfangsabschnitt **19** ist an der Austrittsöffnung des Strahlteilers **17** für das zweite Interferenzlicht **Ld2** vorgesehen. Die Lichtempfangsabschnitte **18** und **19** setzen die optischen Signale photoelektrisch um und senden sie zum Verlagerungsdetektor, der in **Fig. 10** gezeigt ist, über ein Kabel (nicht gezeigt) als Sin-Signal und Cos-Signal.

[0087] Mit Rückbezug auf **Fig. 10** werden ein Sin-Signal und ein Cos-Signal, die vom Lesekopf **2220** in der X-Richtung gelesen werden, zu einem X-Rechner **2320** gesendet und eine Berechnung des X-Richtungs-Veriagerungsausmaßes, eine Berechnung einer absoluten X-Richtungs-Position, eine Interpolationsverarbeitung und dergleichen werden durchgeführt. Der X-Rechner **2320** extrahiert eine Nulldurchgangsposition in jedem des empfangenen Sin-Signals und Cos-Signals als inkrementales Signal und berechnet die absolute X-Position auf der Basis eines X-Ursprungsmarkierungssignals, das von einem Rechner **2310** der absoluten Position empfangen wird.

[0088] Ein Sin-Signal und ein Cos-Signal, die vom Lesekopf **2230** in der Y-Richtung gelesen werden, werden zu einem Y-Rechner **2330** gesendet und eine Berechnung eines Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßes, eine Berechnung einer absoluten Y-Richtungs-Position, eine Interpolationsverarbeitung und dergleichen werden durchgeführt.

[0089] Ein Ursprungssignal, das durch den Ursprungsmarkierungslesekopf **2210** detektiert wird, wird zum Rechner **2310** der absoluten Position gesendet und der Rechner **2310** der absoluten Position sendet Informationen, die darstellen, dass die absolute Position detektiert ist, zum X-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2320** und Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2330**.

[0090] Außerdem berechnet der X-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2320** einen Kopfbewegungsabstand D[Y(n)] aus der Kreuzungsposition an einer Referenzursprungsmarkierungsanordnung **1202** zum Kreuzungspunkt an einer Neigungsur-

sprungsmarkierungsanordnung **1201** in einer Y-Richtungs-Position Y(n), um die absolute Position in der Y-Richtung zu erhalten, im Ausdruck (**1**), sendet die Daten zum Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2330** und bewirkt, dass der Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2330** die absolute Y-Position (Yabs) berechnet.

[0091] Durch die zusammenwirkende Operation der drei Rechner werden die absolute X-Richtungs-Position und die absolute Y-Richtungs-Position berechnet.

[0092] Es ist zu beachten, dass die absolute X-Richtungs-Position und die absolute Y-Richtungs-Position, die in dieser Stufe berechnet werden, absolute Positionen Xabs und Yabs sind, bevor die Fehler der absoluten Positionen, die durch die Verzerrung des Gitters der zweidimensionalen Skala **2000** verursacht werden, korrigiert werden.

<Interpolationsverarbeitung>

[0093] Eine Interpolation, die durch jeden Rechner in Zusammenhang mit dem Sin-Signal und dem Cos-Signal durchgeführt wird, die vom Kopf ausgegeben werden, wird beschrieben.

[0094] In **Fig. 11** empfängt der Lichtempfangsabschnitt **18** Interferenzlicht Ld und setzt es photoelektrisch um, wodurch ein Interferenzsignal Acos(4KΔx + δ) erhalten wird. A ist die Amplitude der Interferenz und K ist eine Wellenzahl, die durch 2π/t dargestellt ist. Außerdem ist Δx das Bewegungsausmaß des Detektionskopfs in der Messrichtung **X1** und δ ist die anfängliche Phase. Hier unterteilt das optische Lesekopfsystem der Verlagerungsdetektionsvorrichtung gemäß dieser Beispielausführungsform durch das Beugungsgitter das Licht L, das durch die Lichtquelle **20** emittiert wird, in das einmal gebeugte Licht **L1** der positiven Ordnung und das einmal gebeugte Licht -**L1** der negativen Ordnung. Außerdem werden zwei Beugungen (**2K**) durch das Beugungsgitter durchgeführt und der Strahlteiler **17** überlagert die zwei zweimal gebeugten Lichtstrahlen **L2** und -**L2** (**2K** + 2K = 4K). Aus diesem Grund wird das Bewegungsausmaß von x mit 4K wie das vorstehend beschriebene Interferenzsignal multipliziert.

[0095] Wenn das optische Lesekopfsystem sich in der Messrichtung **X1** relativ zum Beugungsgitter mit der Gitterebene der zweidimensionalen Skala **2000** bewegt, können daher vier Wellen, das heißt viermal Licht und Schatten, durch den Lichtempfangsabschnitt **18** in Übereinstimmung mit einem Rastermaß des Beugungsgitters erhalten werden. Dies ermöglicht eine Verlagerungsdetektion mit hoher Auflösung.

[0096] Es ist zu beachten, dass ein Signal, das durch den Lichtempfangsabschnitt **19** erhalten wird, eine Phasendifferenz von 90° in Bezug auf das Interferenzsignal, das durch den Lichtempfangsabschnitt **18** erhalten wird, aufweist. Ein Sin-Signal und ein Cos-Signal können folglich erhalten werden. Das Sin-Signal und das Cos-Signal werden an den Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2330** der Verlagerungsdetektionsvorrichtung **3000** und dergleichen ausgegeben, wie vorstehend beschrieben.

<Berechnung der absoluten Position in der Y-Richtung>

[0097] Als eines der charakteristischen Merkmale der ersten bis dritten Beispielausführungsform wird die Ursprungsmarkierung in der Y-Richtung nicht detektiert und der Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2330** berechnet nur das inkrementale Signal. Das heißt, der Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßdetektor **2330** kann die Position Y(n) in relativen n Positionen für jede diskrete Position des inkrementalen Signals berechnen. Da der Y-Richtungs-Verlagerungsausmaßrechner **2330** die Interpolationsoperation auf der Basis des Sin-Signals und des Cos-Signals durchführen kann, kann außerdem nicht nur eine Y-Position mit geringer Auflösung, die durch Kreuzverarbeitung detektiert wird, sondern auch eine Y-Position, die durch die Interpolation berechnet wird, als direkter Koordinatenwert einer relativen Position berechnet werden.

[0098] Für die spezifische relative Position Y(n) kann der Ursprungssignaldetektor **2310** die absolute Position von Y(n) gemäß dem Ausdruck (**1**) berechnen.

[0099] Die Abweichung zwischen der relativen Position Y(n) und der absoluten Position Yabs(n) variiert nicht für irgendeinen Wert n. Aus diesem Grund kann, wenn der Rechner **2310** der absoluten Position das Abweichungsausmaß in Bezug auf die relative Y-Richtungs-Position erhält, wenn die absolute Y-Richtungs-Position berechnet wird, und das Abweichungsausmaß auf eine andere relative Y-Richtungs-Position anwendet, die absolute Position Yabs auf der Basis der relativen Position in der Y-Richtung erhalten werden.

<Korrektur der absoluten Position>

[0100] In der zweidimensionalen Skala gemäß dieser Beispielausführungsform wird die Form des Gitters durch eine Näherung einer quadratischen Funktion moduliert, wie in **Fig. 9** gezeigt. Durch die Modulation weist daher die Gitterform einen Fehler zu einem theoretischen Wert auf. Der Fehler ist im Sin-Signal und im Cos-Signal enthalten, die durch die drei Köpfe detektiert werden. Dieser Fehler ist auch in der absoluten XY-Position enthalten, die aus dem Rech-

ner ausgegeben wird, und es ist wesentlich, den Fehler zu entfernen.

[0101] Ein Korrektor **2400** gemäß dieser Beispielausführungsform führt eine Korrektur für absolute Positionsdaten durch den Fehler durch.

[0102] Die Ursache des Auftretens eines Fehlers wird mit Bezug auf **Fig. 12A** und **Fig. 12B** erläutert. Ein Zustand, in dem das Gitterrastermaß eines Gitters mit einem Gitterrastermaß eines vorbestimmten Werts C durch Beugung durch eine Kugelwelle durch eine quadratische Funktion

$$ax^2 + bx + c$$
$$ay^2 + by + c \qquad (3)$$

moduliert wird, wird mit Bezug auf **Fig. 12A** und **Fig. 12B** beschrieben. Mit anderen Worten, wenn das Gitter mit dem vorbestimmten Rastermaß C, das in **Fig. 12A** gezeigt ist, gemäß den Gleichungen (3) moduliert wird, wird das Rastermaß des Gitters durch die quadratische Funktion moduliert und zu einer Nadelkissenform verformt, wie in **Fig. 12B** gezeigt. Die Nadelkissenform ist die verzerrte Form, die durch die gestrichelten Linien in **Fig. 9** angegeben ist. Das quadratische zweidimensionale Gittermuster, das durch die durchgezogenen Linien in **Fig. 9** angegeben ist, entspricht **Fig. 12A** und das verzerrte Gittermuster, das durch die gestrichelten Linien in **Fig. 9** angegeben ist, entspricht dem Gitter des nadelkissenförmigen Verteilungsmusters, das in **Fig. 12B** gezeigt ist. Es ist zu beachten, dass die Näherungsfunktion als Form der nadelkissenförmigen quadratischen Funktion beschrieben wurde. Irgendeine andere Funktionsform kann jedoch verwendet werden. Eine tonnenförmige quadratische Funktion mit einer feinen/groben/feinen Verteilung kann beispielsweise verwendet werden (der Koeffizient des quadratischen Terms ist negativ).

[0103] **Fig. 9** erläutert konzeptionell das Korrekturverfahren.

[0104] Das heißt, in **Fig. 9** sind die Koordinaten auf der zweidimensionalen Skala, die durch ein Inkrement von 10 gezählt werden, aufgetragen. Tatsächlich sind in der zentralen Position (**10**, **10**) die Koordinatenwerte (**10**, **10**) auf der linearen Skala, aber (**8**, **8**) auf der zweidimensionalen Skala. Dies bedeutet, dass die als X = 10 und Y = 10 gezählten Koordinaten auf der zweidimensionalen Skala einer Koordinatenposition von X = 8 und Y = 8 auf der linearen Skala entsprechen. Dies ist äquivalent zum Durchführen einer Abbildung und Umsetzung der Skalen der Koordinatenachsen des Koordinatensystems unter Verwendung der quadratischen Funktion, die die Kugelwelle darstellt.

[0105] Insbesondere da die zweidimensionale Skala zwei Koordinatenachsen aufweist und daher zwei Typen von Skalen (eine X-Skala und eine Y-Skala) aufweist, wird der Skalenwert (der Abstand einer Skala) von jeder der X-Skala und der Y-Skala korrigiert.

[0106] Mit Rückbezug auf **Fig. 10** werden X-Richtungs-Korrekturwertdaten Cx in einem Speicher **2350** im Voraus gespeichert und Y-Richtungs-Korrekturwertdaten Cy werden in einem Speicher **2340** im Voraus gespeichert. Jeder der Speicher **2350** und **2340** umfasst einen Speicheradressenzähler in der Spaltenrichtung (vertikalen Richtung) und einen Adressenzähler in der Zeilenrichtung (horizontalen Richtung) wie ein normaler Speicher. In dieser Beispielausführungsform sind die X- und Y-Richtungen und die Zeilen- und Spaltenrichtungen überhaupt nicht zugeordnet. Die folgenden Kombinationen sind lediglich Beispiele. Das heißt, in der in **Fig. 10** gezeigten Vorrichtung
werden absolute Y-Richtungs-Positionsinformationen Yabs vor der Korrektur in den Spaltenadressenzähler des Y-Korrekturdatenspeichers **2340** eingegeben und
werden absolute X-Richtungs-Positionsinformationen Xabs vor der Korrektur in den Zeilenadressenzähler eingegeben. Ebenso
werden absolute Y-Richtungs-Positionsinformationen Yabs vor der Korrektur in den Spaltenadressenzähler des X-Korrekturdatenspeichers **2350** eingegeben und
absolute X-Richtungs-Positionsinformationen Xabs vor der Korrektur werden in den Zeilenadressenzähler eingegeben. Mit anderen Worten, sowohl die Adressierung des Speichers **2340** für die Korrekturdaten Cy als auch die Adressierung des Speichers **2350** für die Korrekturdaten Cx sind die absolute X-Position Xabs und die absolute Y-Position Yabs vor der Korrektur.

[0107] Korrekturdaten, die aus den (Korrekturdaten-) Speichern **2350** und **2340** der absoluten Positionsinformationen (Xabs, Yabs) vor der Korrektur ausgelesen werden, sind
Cx (Xabs, Yabs)
Cy (Xabs, Yabs)

[0108] Der Korrektor **2400** berechnet die absoluten Positionen nach der Korrektur gemäß
Daten der absoluten X-Position vor der Korrektur + Cx (Xabs, Yabs)
Daten der absoluten Y-Position vor der Korrektur + Cy (Xabs, Yabs)

[0109] Beispiele der Korrekturdatenspeicher, die für das Beispiel der Verzerrung berechnet werden, das in **Fig. 9** gezeigt ist, sind in **Fig. 13A** und **Fig. 13B** gezeigt.

<Modifikation der Datenkorrektur>

[0110] In jedem Datenspeicher gemäß dieser Beispielausführungsform wird eine Abtastung durch ein Inkrement von 10 durchgeführt. Das Intervall kann gemäß einer gewünschten Auflösung feiner oder gröber gemacht werden. Es ist zu beachten, dass, obwohl die zweidimensionale Skala, die durch die Kugelwelle belichtet wird, vorstehend beschrieben wurde, eine zweidimensionale lineare Skala, die durch die ebene Welle belichtet wird, verwendet werden kann.

[Andere Beispielausführungsformen]

[0111] Obwohl die Erfindung mit Bezug auf Beispielausführungsformen davon speziell gezeigt und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht auf diese Beispielausführungsformen begrenzt. Für den Fachmann auf dem Gebiet ist selbstverständlich, dass verschiedene Änderungen in der Form und den Details darin durchgeführt werden können, ohne vom Gedanken und Schutzbereich der vorliegenden Erfindung, wie durch die Ansprüche definiert, abzuweichen.

[0112] Die vorliegende Erfindung ist auf ein System mit mehreren Vorrichtungen oder einer einzelnen Einrichtung anwendbar. Die vorliegende Erfindung ist auch anwendbar, selbst wenn ein Informationsverarbeitungsprogramm zum Implementieren der Funktionen von Beispielausführungsformen zum System oder zur Einrichtung direkt von einem entfernten Ort geliefert wird. Daher beinhaltet die vorliegende Erfindung auch das Programm, das in einem Computer installiert ist, um die Funktionen der vorliegenden Erfindung durch den Computer zu implementieren, ein Medium, das das Programm speichert, und einen WWW-Server (Server des World Wide Web), der bewirkt, dass ein Benutzer das Programm herunterlädt. Insbesondere beinhaltet die vorliegende Erfindung mindestens ein nichttransitorisches computerlesbares Medium, das ein Programm speichert, das bewirkt, dass ein Computer Verarbeitungsschritte ausführt, die in den vorstehend beschriebenen Beispielausführungsformen enthalten sind.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2017088413 [0001]

Patentansprüche

1. Skalenvorrichtung, die Folgendes umfasst:
eine lineare Skala, die abgetastet wird und ein Signal zum Detektieren einer Koordinatenposition in einer X-Achsen-Richtung erzeugt;
eine Referenzursprungsmarkierungsanordnung, die eine Ursprungsmarkierungsanordnung ist, in der mehrere Ursprungsmarkierungen, die detektiert werden, um ein Referenzursprungssignal zu erzeugen, das einen Koordinatenursprung einer X-Achse darstellt, wobei die Referenzursprungsmarkierungsanordnung sich in einer zweiten Ebene parallel zu einer ersten Ebene erstreckt, die durch die lineare Skala gebildet ist und sich in einer Y-Achsen-Richtung orthogonal zur X-Achsen-Richtung erstreckt;
eine erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung, die vorgesehen ist, während sie sich in einem Neigungswinkel, so dass sie zur Referenzursprungsmarkierungsanordnung nicht parallel ist, in der zweiten Ebene erstreckt; und
einen Lesekopf, der auf der linearen Skala abtastet, wobei der Lesekopf sequentiell die Referenzursprungsmarkierungsanordnung und die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung kreuzt und die Ursprungsmarkierungen an der Referenzursprungsmarkierungsanordnung zusammen mit einer Bewegung liest.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die zweite Ebene, in der die Ursprungsmarkierungsanordnung und die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung sich erstrecken, in derselben Ebene wie die erste Ebene liegt, in der die lineare Skala ausgebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei, da die zweite Ebene, in der die Ursprungsmarkierungsanordnung und die erste Neigungsursprungsmarkierungsanordnung sich erstrecken, in einer von einer oberen Position und einer unteren Position liegt, parallel zu und von der ersten Ebene beabstandet ist, in der die lineare Skala ausgebildet ist, eine Bewegungsoperation des Lesekopfs gemäß dem Lesen der linearen Skala die Bewegungsoperation des Lesekopfs gemäß dem Lesen der Referenzursprungsmarkierungsanordnung und der ersten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung nicht stört.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die lineare Skala eine optische lineare Skala umfasst, die eine Interferenzphasendifferenz detektiert.

5. Zweiachsige Verlagerungsdetektionsvorrichtung, mit der eine Skalenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 verbunden ist,
wobei, wenn ein Lesekopf eine lineare Skala in einer X-Achsen-Richtung abtastet, der Lesekopf ein Signal von relativen Positionsinformationen ausgibt, das eine aktuelle Abtastpostion in der X-Achsen-Richtung darstellt, und der Lesekopf beweglich in einer beliebigen Y-Koordinatenposition in einer Y-Achsen-Richtung angeordnet ist, und
die zweiachsige Verlagerungsdetektionsvorrichtung umfasst:
eine Einheit, die einen relativen Abstand zwischen einem Satz einer Referenzursprungsmarkierung und einer Neigungsursprungsmarkierung in einer beliebigen Y-Achsen-Position durch Abtasten in der beliebigen Y-Koordinatenposition zwischen einer Referenzursprungsmarkierungsanordnung und einer ersten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung in der X-Achsen-Richtung zählt; und
eine Einheit, die eine absolute Y-Achsen-Position in der beliebigen Y-Achsen-Position gemäß dem relativen Abstand zwischen dem Satz der Referenzursprungsmarkierung und der Neigungsursprungsmarkierung in der beliebigen Y-Achsen-Position berechnet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, die ferner umfasst:
einen Speicher, der zur Zeit der Herstellung der linearen Skala Korrekturdaten speichert, die einen Fehler, der ein Fehler ist, der durch eine Herstellungstoleranz der linearen Skala verursacht wird, und einen Fehler des Signals der relativen Positionsinformationen, das aus dem Lesekopf ausgegeben wird, korrigieren; und einen Korrektor, der das Signal der relativen Positionsinformationen der X-Achse und/oder der Y-Achse, das durch den Lesekopf durch Abtasten der linearen Skala detektiert wird, in ein Signal von absoluten Positionsinformationen der Y-Achse gemäß einem Ursprungssignal der X-Achse und/oder der Y-Achse, das durch den Lesekopf durch Auslesen der Referenzursprungsmarkierungsanordnung und der ersten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung detektiert wird, umsetzt, Korrekturdaten ausliest, die durch das Signal der absoluten Positionsinformationen unter Verwendung des umgesetzten Signals der absoluten Positionsinformationen als Adressensignal für den Speicher dargestellt werden, die ausgelesenen Korrekturdaten auf das umgesetzte Signal der absoluten Positionsinformationen anwendet und das Signal der absoluten Positionsinformationen korrigiert und das Signal der absoluten Positionsinformationen nach der Korrektur ausgibt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei eine zweite Neigungsursprungsmarkierungsanordnung, die zu jeder der ersten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung und der Referenzursprungsmarkierungsanordnung nicht parallel ist und sich in Bezug auf die Referenzursprungsmarkierungsanordnung neigt, sich weiter auf der linearen Skala erstreckt, und die zweiachsige Veriagerungsdetektionsvorrichtung ferner umfasst:
eine Einheit, die zwei relative Abstände zwischen der Referenzursprungsmarkierungsanordnung und der ersten Neigungsursprungsmarkierungsanord-

nung und der zweiten Neigungsursprungsmarkierungsanordnung berechnet;
eine Speichereinheit, die die zwei relativen Abstände, die zu einem vorbestimmten Zeitpunkt gemessen werden, im Voraus speichert; und
eine Einheit, die auf der Basis der zwei relativen Abstände, die zu einem beliebigen Zeitpunkt berechnet werden, und der zwei relativen Abstände, die im Speicher zum vorbestimmten Zeitpunkt gespeichert werden, bestimmt, ob einer des Lesekopfs und der linearen Skala sich in Bezug auf die X-Achse neigt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei der vorbestimmte Zeitpunkt ein Zeitpunkt ist, wenn bestätigt wird, dass sowohl der Lesekopf als auch die lineare Skala sich nicht in Bezug auf die X-Achse neigen.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, die ferner umfasst:
einen Speicher, der Korrekturdaten speichert, die absolute Positionsinformationen für die X-Achse und/oder die Y-Achse korrigieren; und
eine Adressierungsschaltung, die auf den Speicher zugreift.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

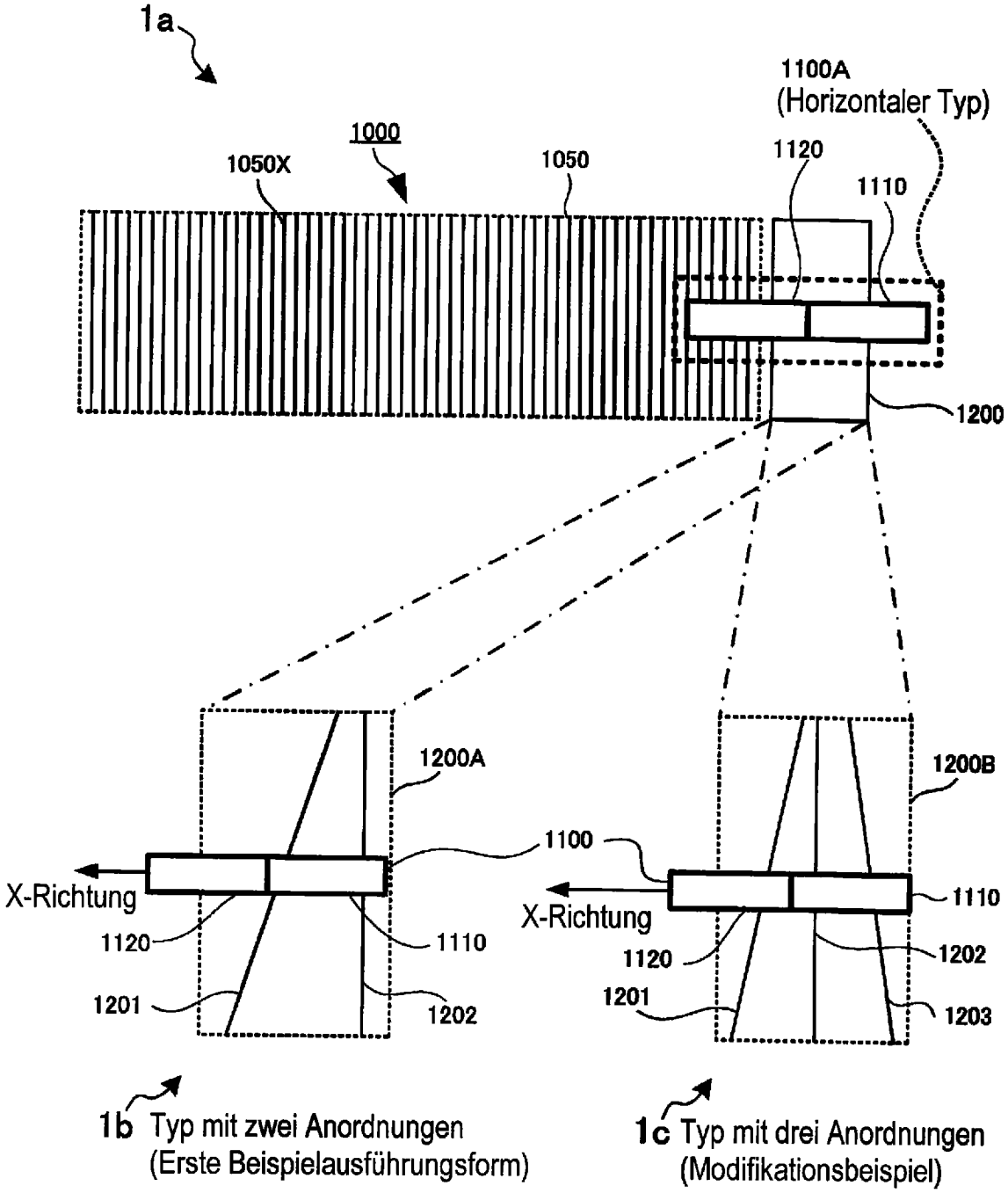


FIG. 1

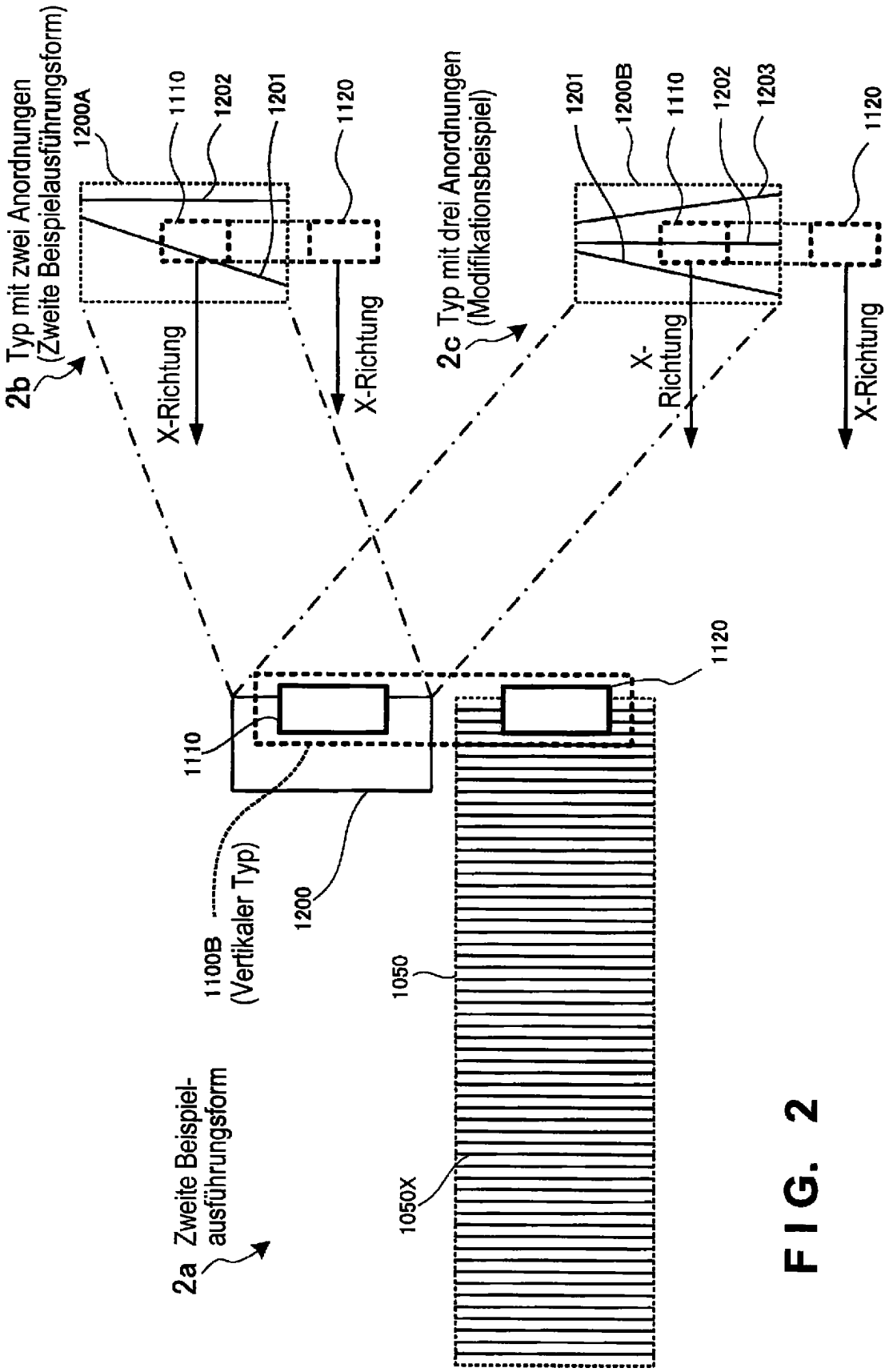

2b Typ mit zwei Anordnungen (Zweite Beispielausführungsform)
1200A
1110
1202
1201
1120
X-Richtung
X-Richtung
2c Typ mit drei Anordnungen (Modifikationsbeispiel)
1201
1200B
1110
1202
1203
1120
X-Richtung
X-Richtung
1120
1110
1100B (Vertikaler Typ)
1200
1050
1050X
2a Zweite Beispiel-ausführungsform

FIG. 2

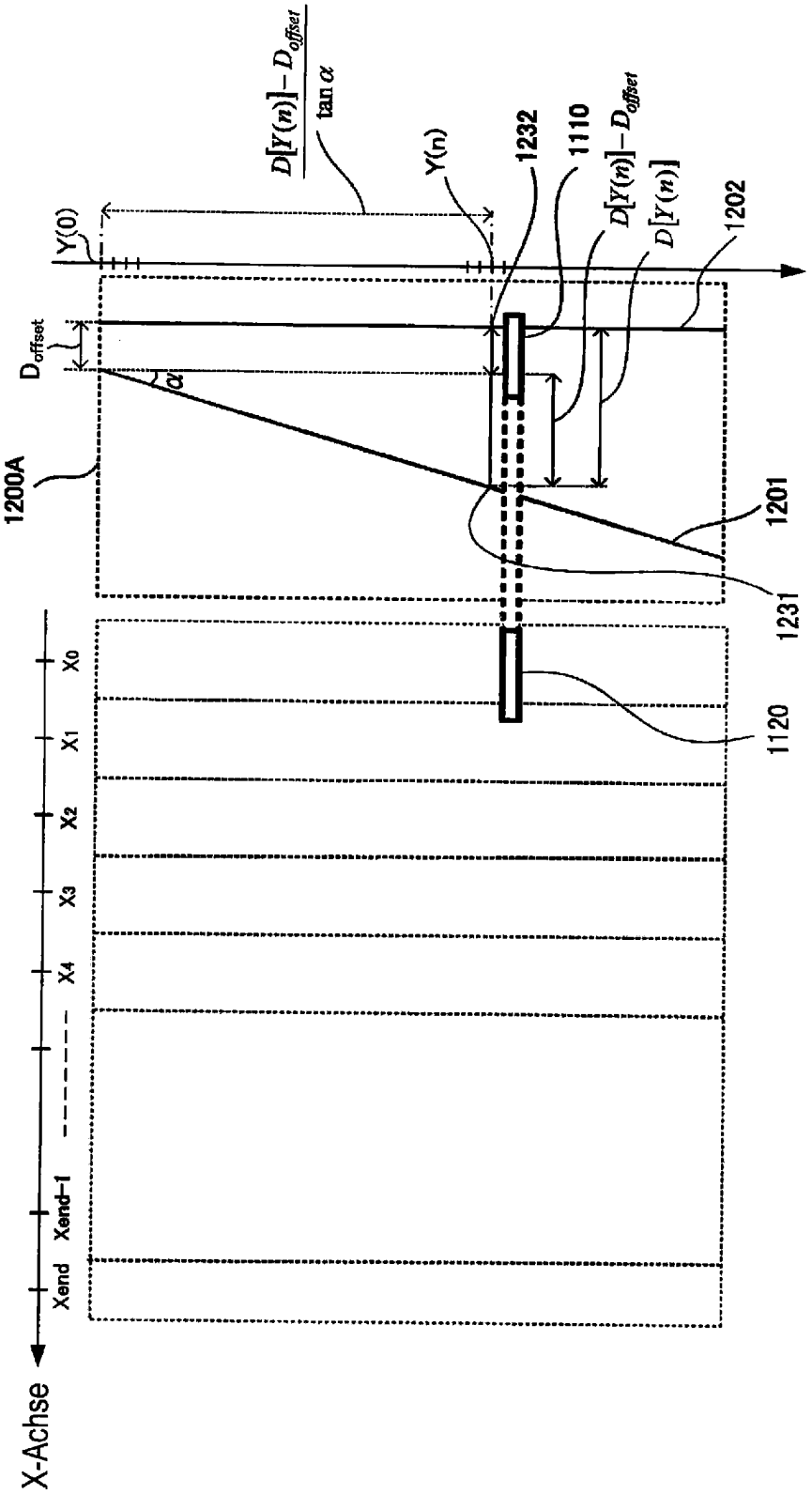

Y(0)
$\frac{D[Y(n)]-D_{offset}}{\tan\alpha}$
Y(n)
1232
1110
$D[Y(n)]-D_{offset}$
$D[Y(n)]$
1202
D_{offset}
α
1200A
1201
1231
1120
X0
X1
X2
X3
X4
Xend-1
Xend
X-Achse

FIG. 3

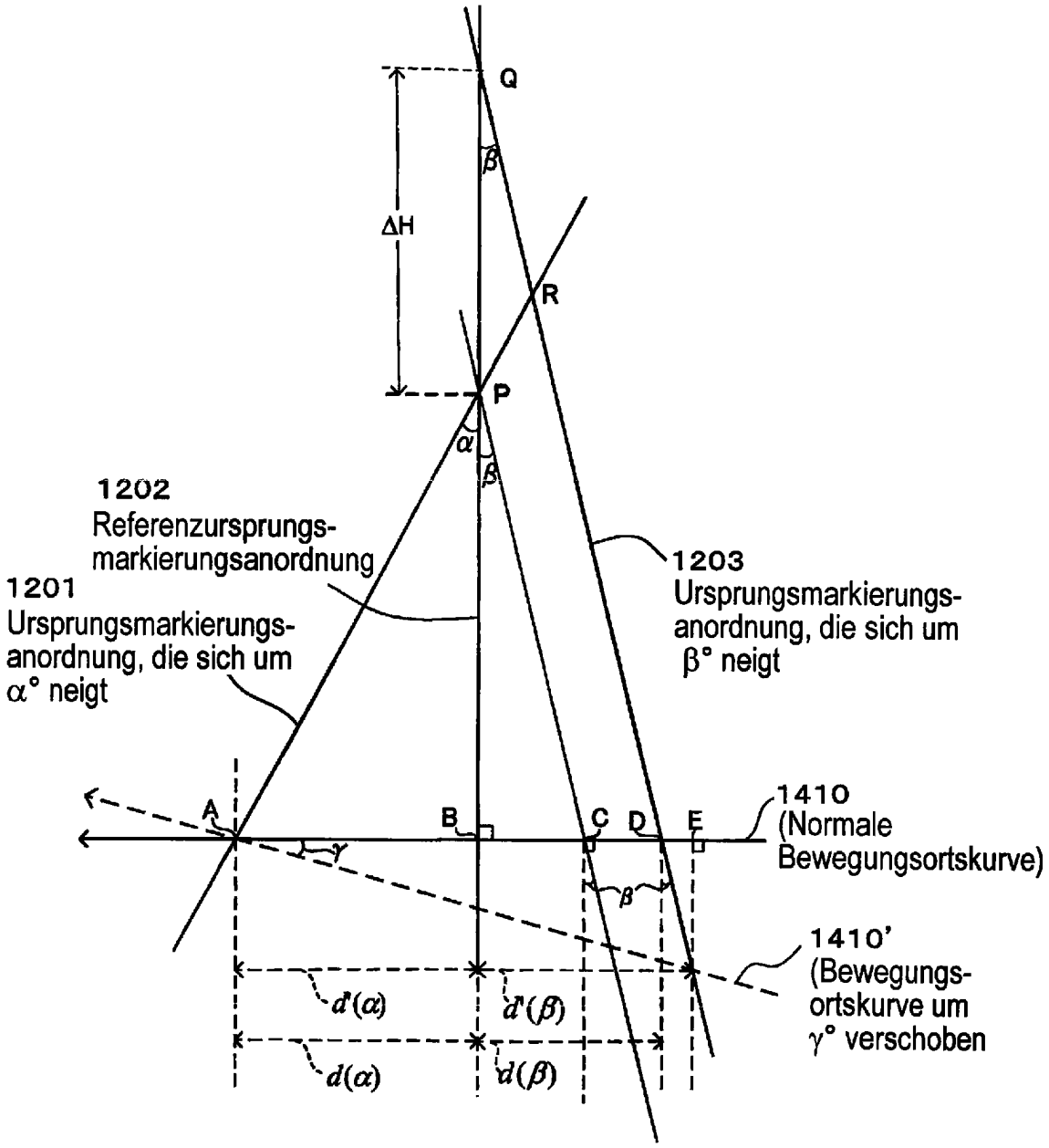

Q
β
ΔH
R
P
α
β
1202
Referenzursprungs-
markierungsanordnung
1201
Ursprungsmarkierungs-
anordnung, die sich um
α° neigt
1203
Ursprungsmarkierungs-
anordnung, die sich um
β° neigt
A
B
C
D
E
γ
β
1410
(Normale
Bewegungsortskurve)
1410'
(Bewegungs-
ortskurve um
γ° verschoben
d'(α)
d'(β)
d(α)
d(β)

FIG. 4

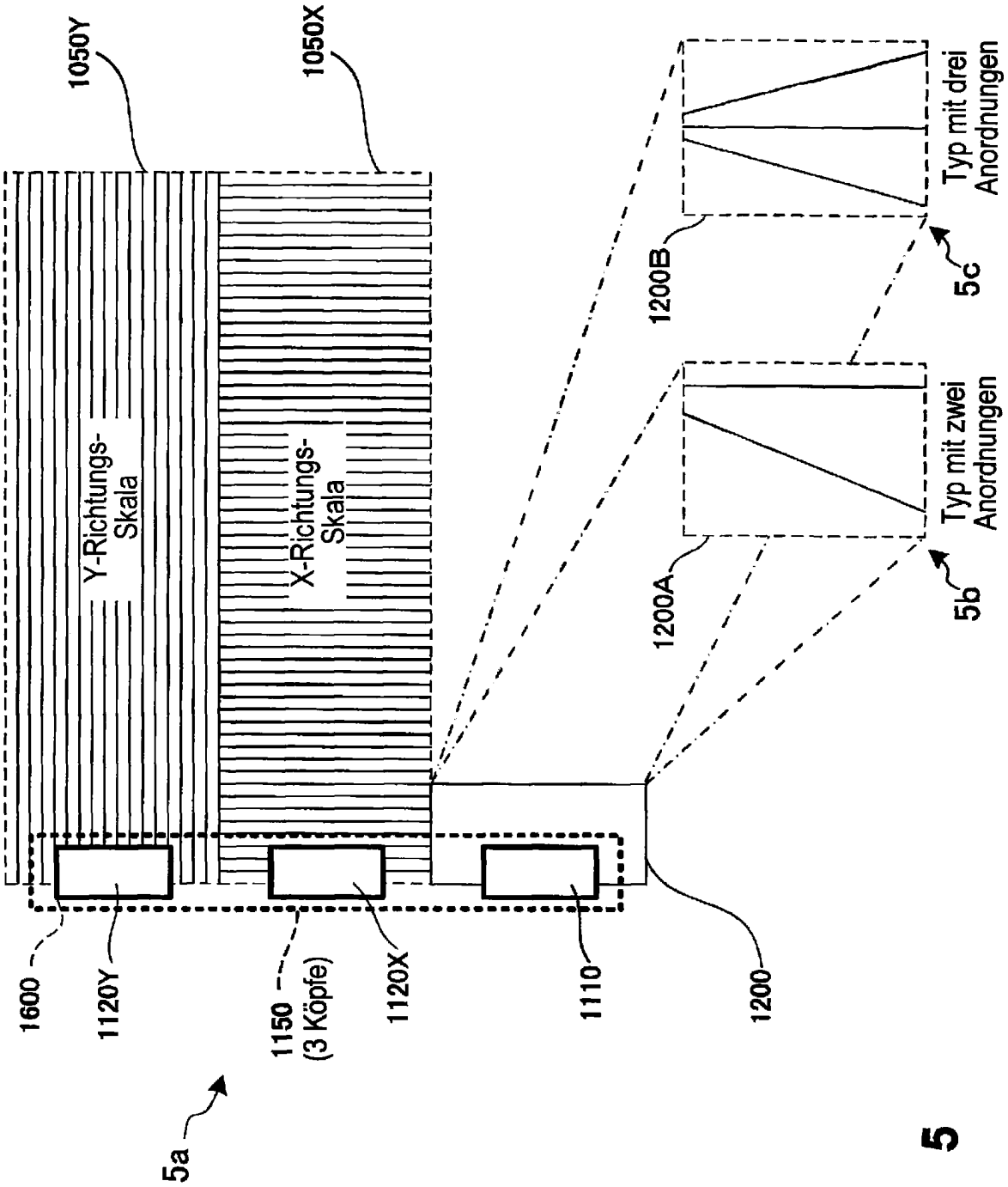

1050Y
1050X
Y-Richtungs-Skala
X-Richtungs-Skala
1600
1120Y
1150 (3 Köpfe)
1120X
1110
1200
5a
1200A
1200B
Typ mit zwei Anordnungen
Typ mit drei Anordnungen
5b
5c

FIG. 5

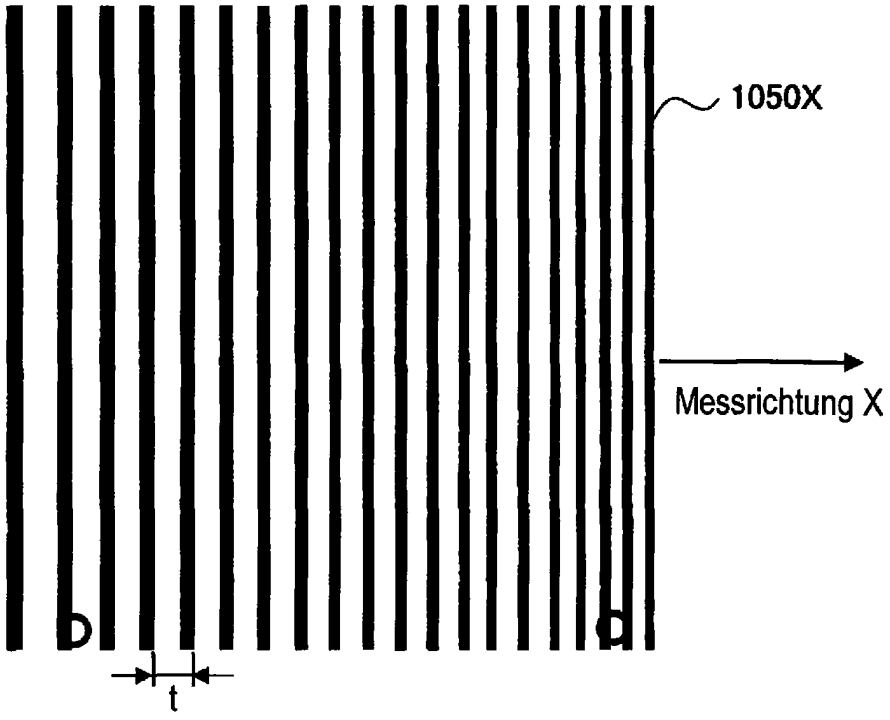


FIG. 6A

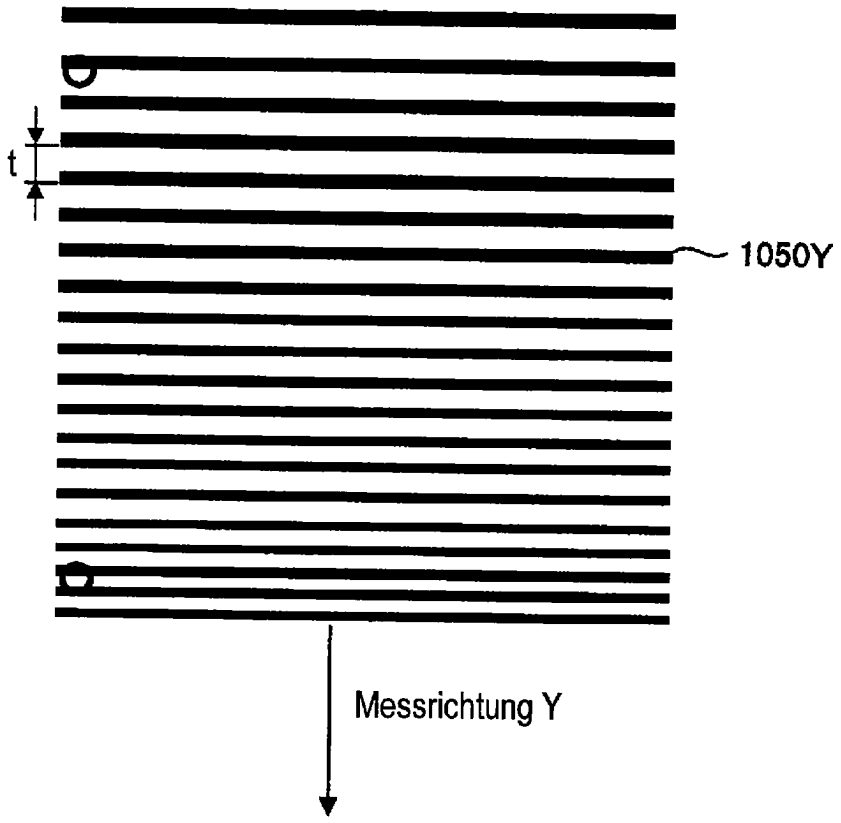


FIG. 6B

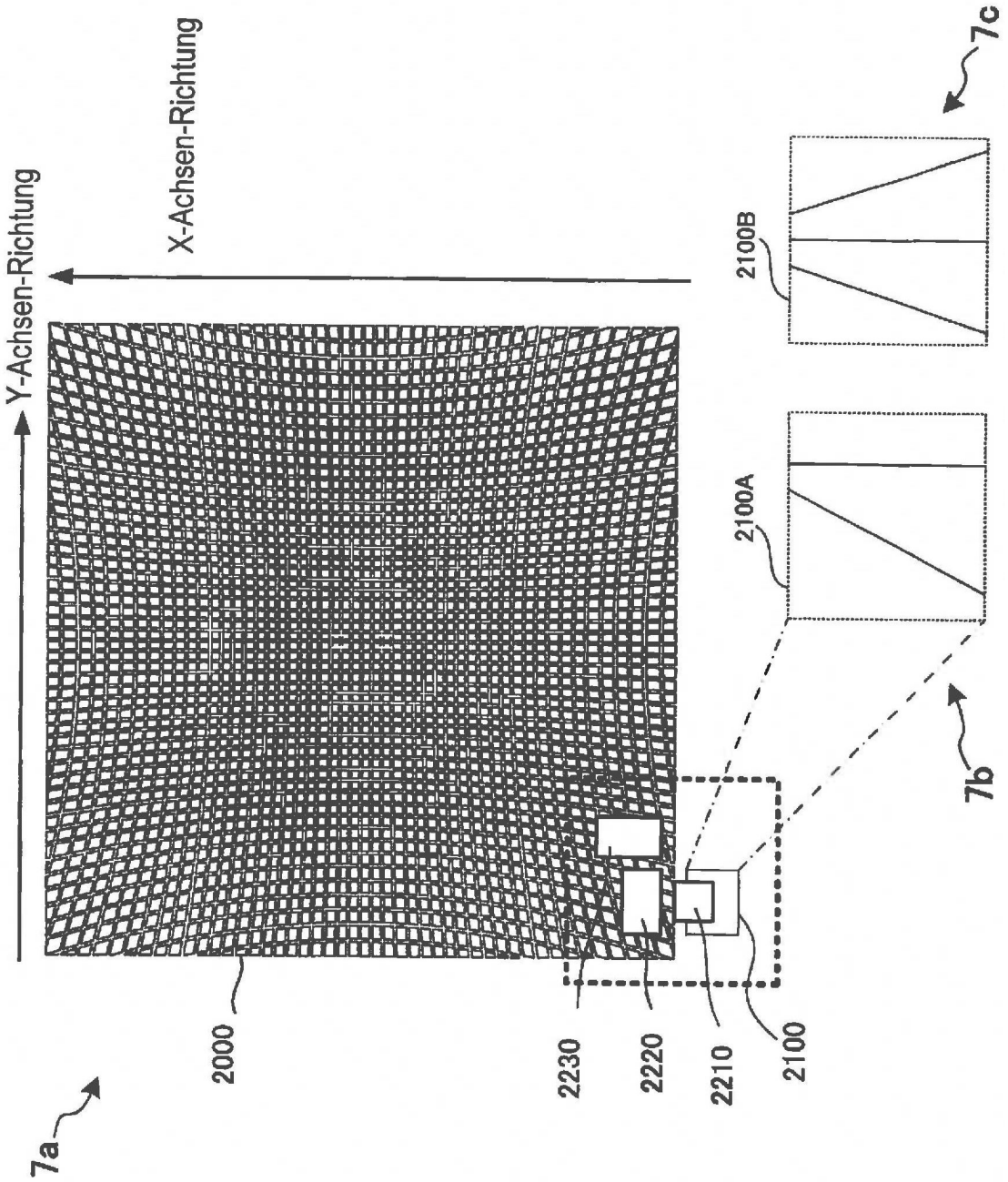

Y-Achsen-Richtung
X-Achsen-Richtung
7c
2100B
2100A
7b
7a
2000
2230
2220
2210
2100

FIG. 7

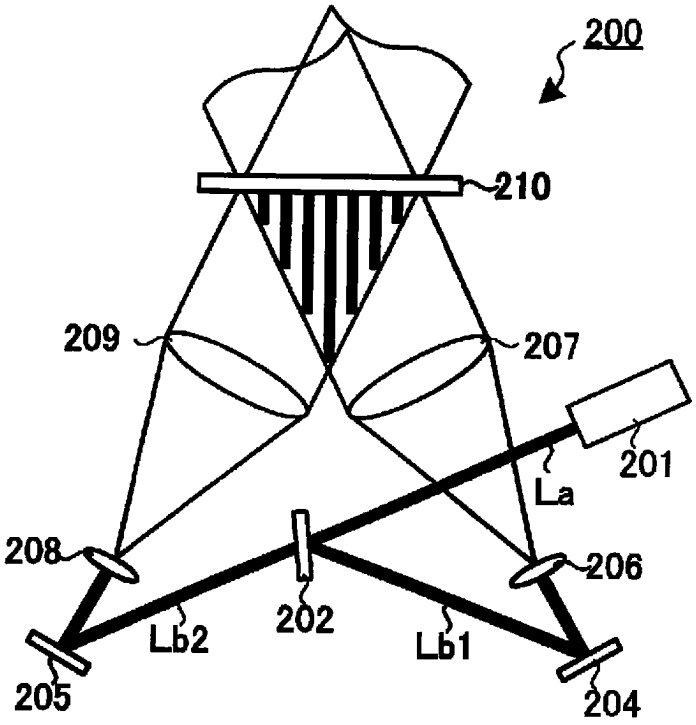


FIG. 8

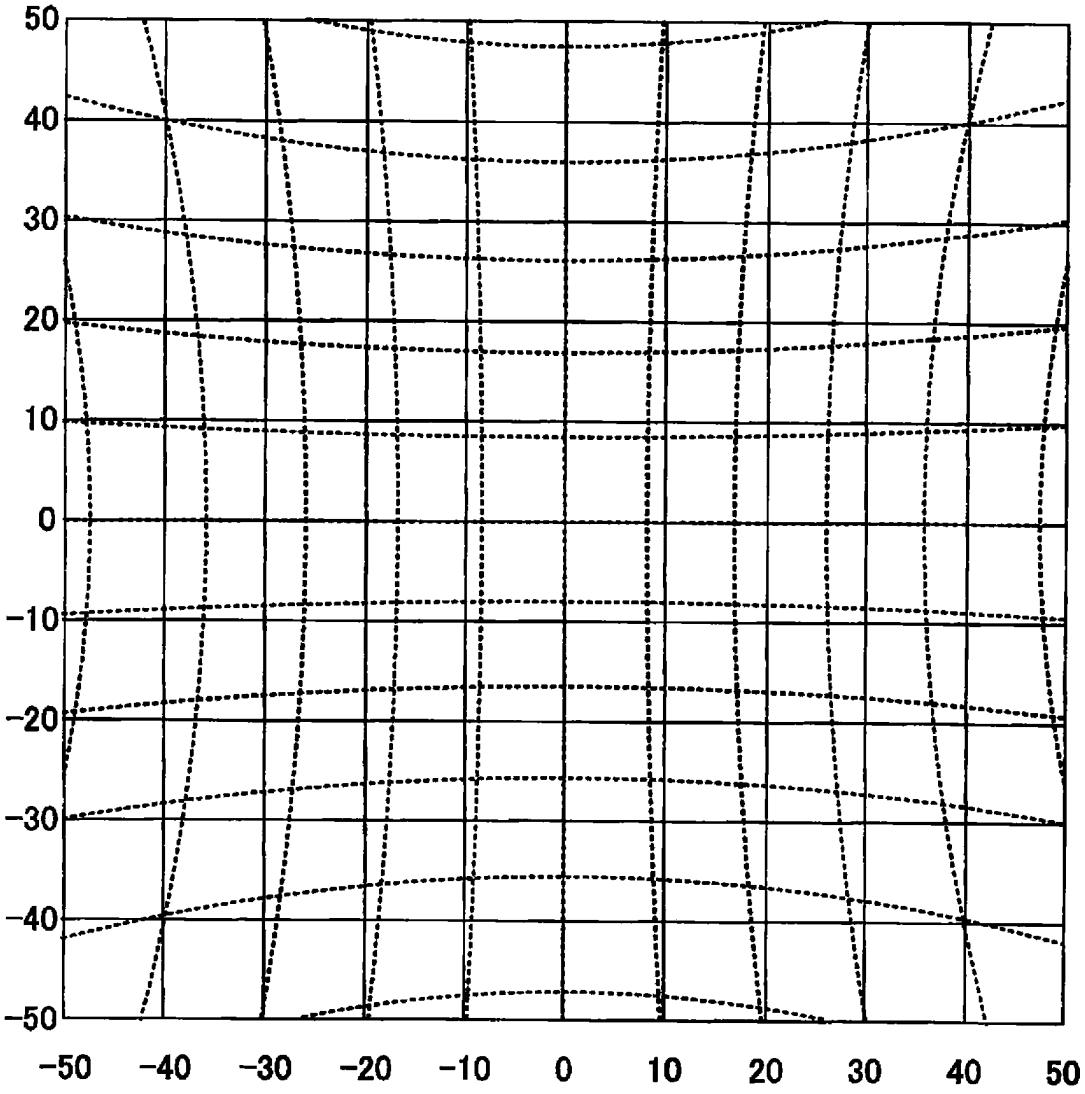


FIG. 9

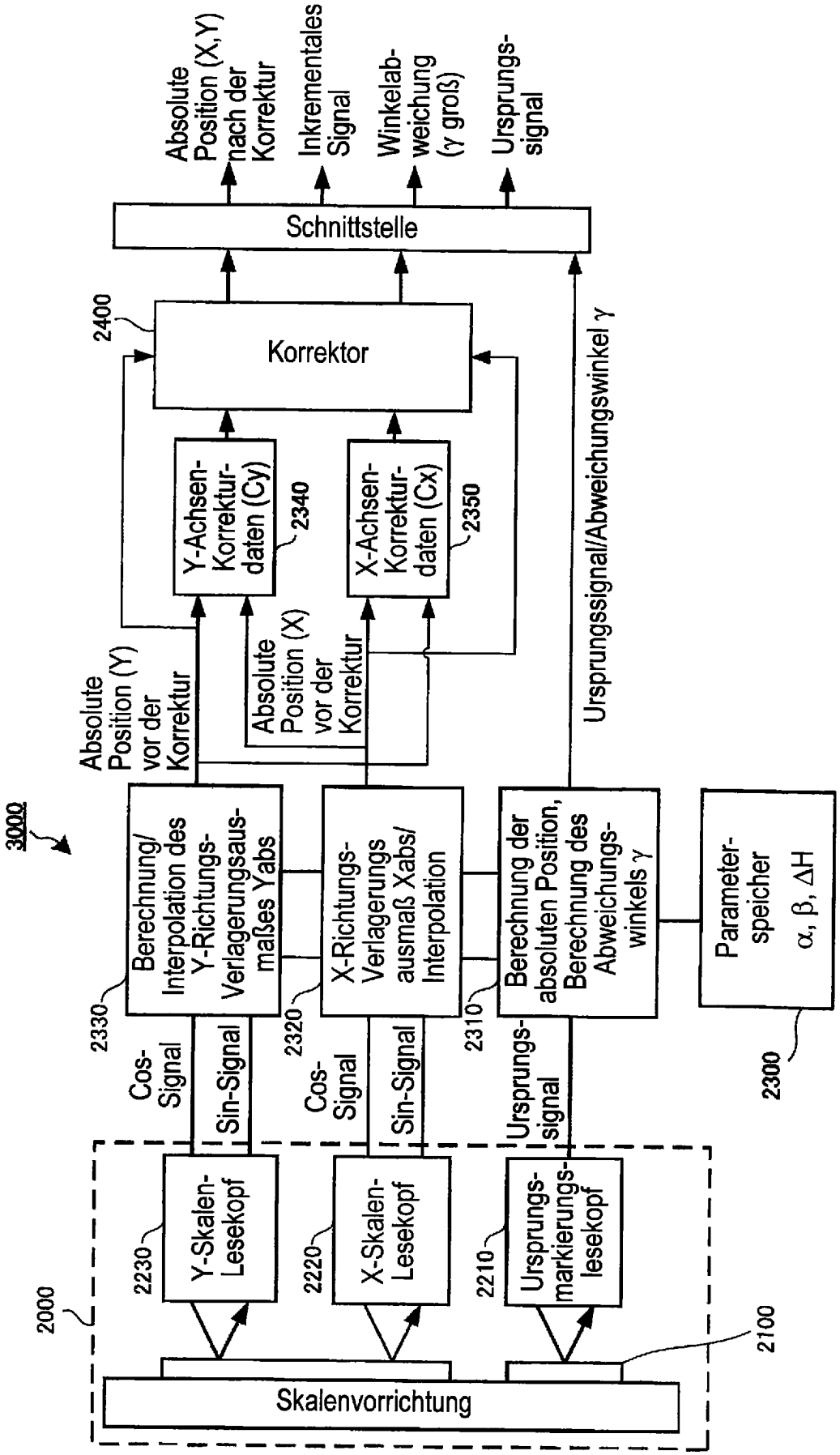

Absolute Position (X,Y) nach der Korrektur
Inkrementales Signal
Winkelab-weichung (γ groß)
Ursprungs-signal
Schnittstelle
2400
Korrektor
Y-Achsen-Korrektur-daten (Cy)
2340
X-Achsen-Korrektur-daten (Cx)
2350
Absolute Position (Y) vor der Korrektur
Absolute Position (X) vor der Korrektur
Ursprungssignal/Abweichungswinkel γ
3000
Berechnung/ Interpolation des Y-Richtungs-Verlagerungsaus-maßes Yabs
2330
X-Richtungs-Verlagerungs ausmaß Xabs/ Interpolation
2320
Berechnung der absoluten Position, Berechnung des Abweichungs-winkels γ
2310
Parameter-speicher α, β, ΔH
2300
Cos-Signal
Sin-Signal
Cos-Signal
Sin-Signal
Ursprungs-signal
2000
Y-Skalen-Lesekopf
2230
X-Skalen-Lesekopf
2220
Ursprungs-markierungs-lesekopf
2210
2100
Skalenvorrichtung

FIG. 10

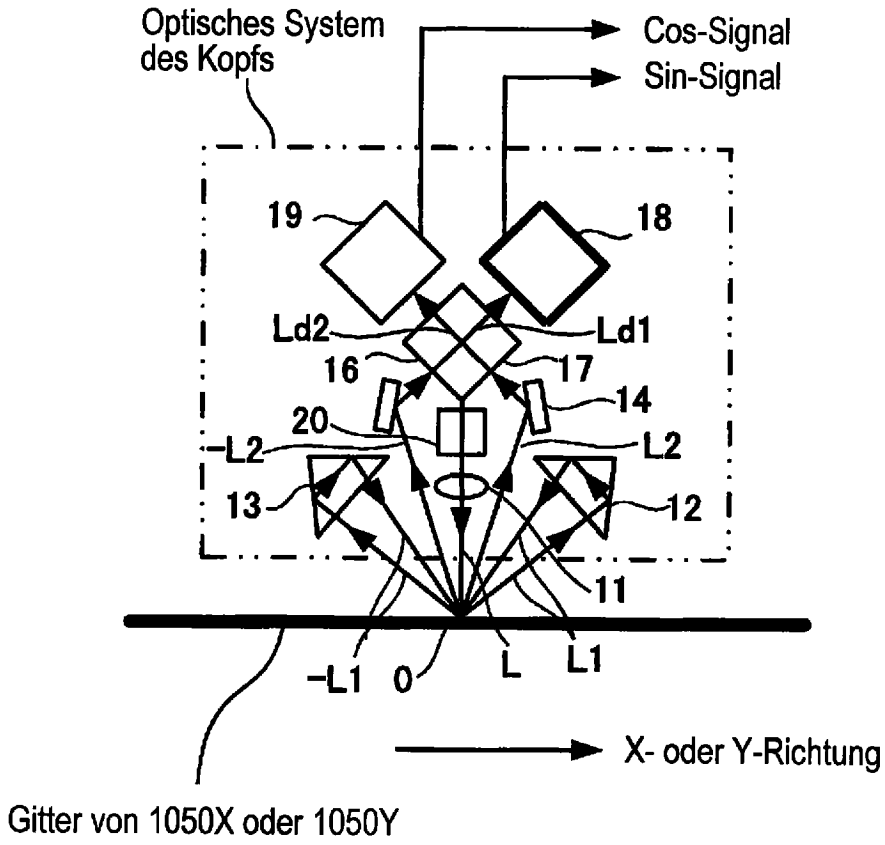

Optisches System
des Kopfs
Cos-Signal
Sin-Signal
19
18
Ld2
Ld1
16
17
14
20
L2
L2
13
12
11
-L1
0
L
L1
X- oder Y-Richtung
Gitter von 1050X oder 1050Y

FIG. 11

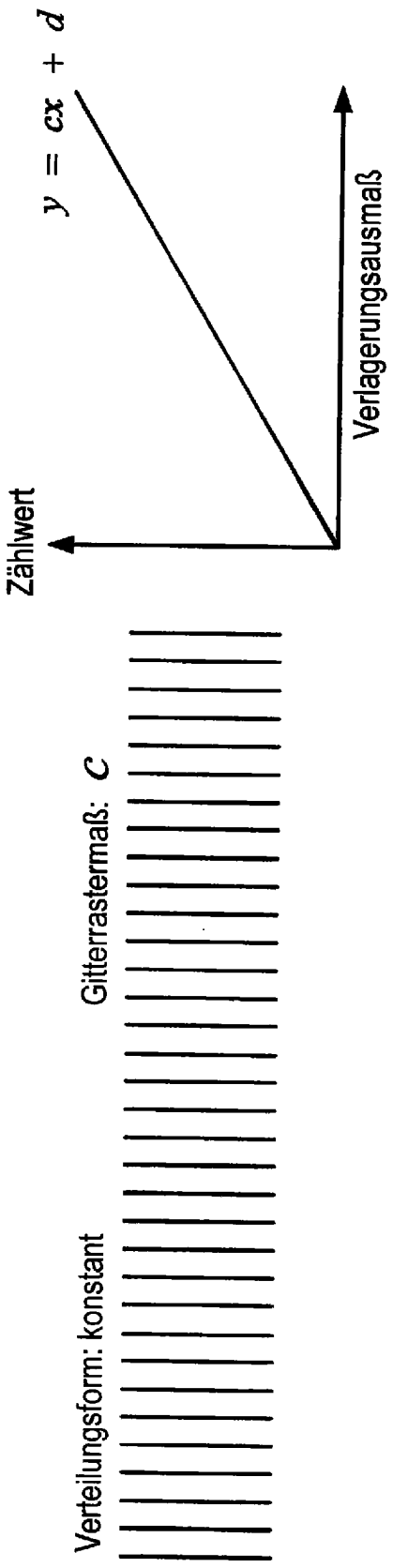

$y = cx + d$
Zählwert
Verlagerungsausmaß
Gitterrastermaß: c
Verteilungsform: konstant

FIG. 12A

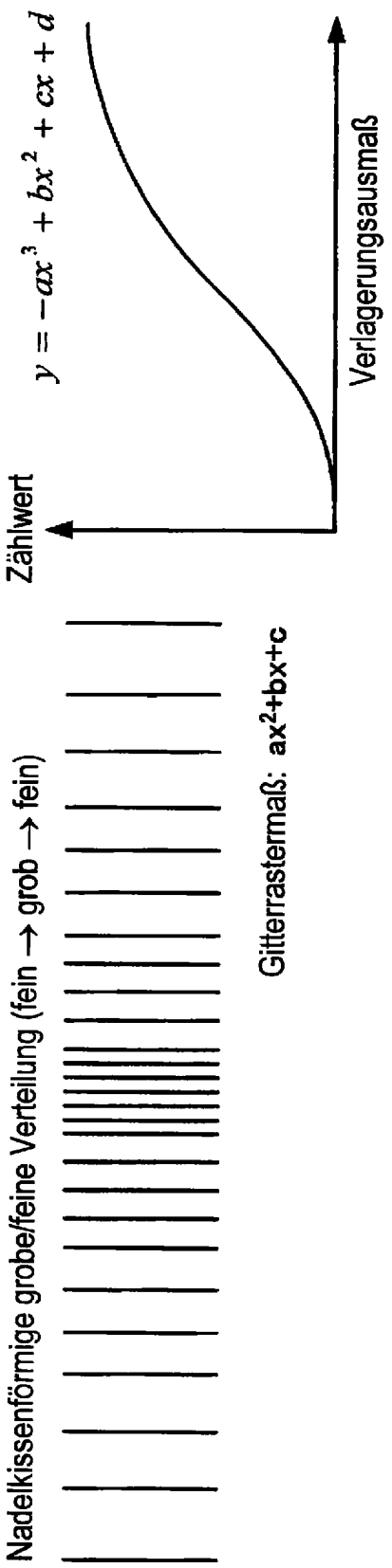

Nadelkissenförmige grobe/feine Verteilung (fein → grob → fein)
Gitterrastermaß: ax²+bx+c
Zählwert
y = −ax³ + bx² + cx + d
Verlagerungsausmaß

FIG. 12B

Zum Zeilenrichtungs-adressenzähler

X-Achsen-Korrekturtabelle

Spaltenrichtungs-adressenzähler

	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
40	0	2	1	0	0	0	-1	-2	0
30	2	2	2	1	0	-1	-2	-2	-2
20	3	3	3	1	0	-1	-3	-3	-3
10	3	4	3	2	0	-2	-3	-4	-3
0	4	4	3	2	0	-2	-3	-4	-4
-10	3	4	3	2	0	-2	-3	-4	-3
-20	3	3	3	1	0	-1	-3	-3	-3
-30	2	2	2	1	0	-1	-2	-2	-2
-40	0	2	1	0	0	0	-1	-2	0

FIG. 13A

Zum Zeilenrichtungs-adressenzähler

Y-Achsen-Korrekturtabelle

Spaltenrichtungs-adressenzähler

	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40
40	0	−2	−3	−3	−4	−3	−3	−2	0
30	−2	−2	−3	−4	−4	−4	−3	−2	−2
20	−1	−2	−3	−3	−3	−3	−3	−2	−1
10	0	−1	−1	−2	−2	−2	−1	−1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
−10	0	1	1	2	2	2	1	1	0
−20	1	2	3	3	3	3	3	2	1
−30	2	2	3	4	4	4	3	2	2
−40	0	2	3	3	4	3	3	2	0

FIG. 13B