



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 694 33 105 T2** 2004.04.01

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 632 292 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **694 33 105.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 109 974.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.06.1994**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.01.1995**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.04.2004**

(51) Int Cl.7: **G01S 17/50**

**G01S 17/06, G01S 17/32, G01S 17/58**

(30) Unionspriorität:

**18442693            29.06.1993        JP**

**11854894            31.05.1994        JP**

(73) Patentinhaber:

**Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336  
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT, NL**

(72) Erfinder:

**Kato, Shigeki, Ohta-ku, Tokyo 146, JP; Kadowaki,  
Hidejiro, Ohta-ku, Tokyo 146, JP; Ishide, Yasuhiko,  
Ohta-ku, Tokyo 146, JP; Takamiya, Makoto,  
Ohta-ku, Tokyo 146, JP; Ashiwa, Jun, Ohta-ku,  
Tokyo 146, JP; Ueda, Shinji, Ohta-ku, Tokyo 146,  
JP**

(54) Bezeichnung: **Geschwindigkeitsmesser und Anlage zur Positionserfassung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Geschwindigkeitsmesser und eine Vorrichtung zur Positionserfassung und im einzelnen einen Geschwindigkeitsmesser und eine Vorrichtung zur Positionserfassung, welche bei einem Doppler-Geschwindigkeitsmesser zur genauen Messung der Bewegungsgeschwindigkeit und der Bewegungsentfernung eines sich bewegenden Objektes oder eines Fluides in einer berührungslosen Weise geeignet angewandt werden können.

## Ähnlicher Stand der Technik

[0002] Es ist wohl bekannt, dass ein Doppler-Geschwindigkeitsmesser eine Vorrichtung zum Messen der Bewegungsgeschwindigkeit und der Bewegungsentfernung eines sich bewegenden Objektes oder eines Fluides ist durch Verwendung der Tatsache, dass ein Lichtstrahl durch bei der Ausstrahlung eines Laserstrahles auf ein sich bewegendes Objekt oder Fluid erzeugte Beugung oder Interferenz moduliert wird.

[0003] Die **Fig. 1A** zeigt ein Beispiel von Beugung, welche auftritt, wenn ein Laserstrahl **1** von einer Laserdiode **1** auf ein Beugungsgitter vom Durchlasstyp **1**) in einer Ausrichtungsrichtung **t** von Gitterlinien bzw. Gitterstrichen mit einem Gitterstrichabstand **dg** einfällt. Wenn **m** die Ordnung (**1, 2, ...**) der Beugung und **λ** die Wellenlänge des Lichtes darstellt, dann ist ein Beugungswinkel **Θ<sub>0</sub>** gegeben durch:

$$\sin \Theta_0 = m\lambda / dg \quad (1)$$

[0004] Der Beugungswinkel der  $\pm n$ -ten Ordnung der Lichtkomponenten ( $n = 1, 2, \dots$ ) ist, mit Ausnahme der 0-ten Ordnung, gegeben durch:

$$\sin \Theta_0 = \pm n \lambda / dg \quad (2)$$

[0005] Die **Fig. 1B** ist eine Ansicht, welche einen Zustand zeigt, wo durch das Beugungsgitter **10** geschickte, gebeugte Lichtkomponenten **5a** und **5b** der  $\pm n$ -ten Ordnung durch Spiegel **6a** und **6b** reflektiert werden, um auf einem zu vermessenden Objekt **7** als ein sich bewegendes Objekt einen Beugungswinkel **Θ<sub>0</sub>** zu haben. Eine Dopplerfrequenz **F**, die mittels eines Photodetektors **9** erfasst wird, welcher von dem zu vermessenden Objekt **7**, das sich mit einer Geschwindigkeit **V** bewegt, divergentes Licht empfängt, ist gegeben durch:

$$F = 2V \sin \Theta_0 / \lambda = 2n V / dg \quad (3)$$

[0006] Von daher hängt die Frequenz **F** nicht von der Wellenlänge **λ** des Laserstrahles **1** ab, ist umgekehrt proportional zu den Gitterlinienabstand **dg** des Beugungsgitters **10** und ist proportional zur Geschwindigkeit **V** des zu vermessenden Objektes **7**. Da der Gitterlinienabstand **dg** hinreichend stabil ist, ist die Dopplerfrequenz **F** eine Frequenz, welche proportional zu lediglich der Geschwindigkeit **V** des zu vermessenden Objektes **7** ist.

[0007] In der **Fig. 1B** fokussiert eine Linse **8** Licht, welches von dem zu vermessenden Objekt **7** auf den Photodetektor **9** reflektiert wird, und ein Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **61** hält die obig genannten, konstituierenden Elemente. Die Spiegel **6A** und **6B** sind voneinander über eine Entfernung **L** getrennt, und das Beugungsgitter **10** und das zu vermessende Objekt **7** sind über eine Mess-Entfernung voneinander getrennt. Das Beugungsgitter **10** kann durch ein Beugungsgitter vom reflektierenden Typ ersetzt werden.

[0008] Ein in der **Fig. 1C** gezeigter herkömmlicher Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser weist ein optisches System auf, welches einen Laserstrahl auf das zu vermessende Objekt **7** ausstrahlt, so dass sich ein Einfallswinkel **Θ** in Übereinstimmung mit einer Veränderung der Wellenlänge **λ** des Laserstrahles abändert und  $\sin \Theta / \lambda$  konstant wird. Das optische System setzt sich aus dem Beugungsgitter **10** zum Ausbilden von gebeugten Lichtkomponenten der  $\pm n$ -ten Ordnung ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) durch Beugung des Laserstrahles, und aus zwei Linsen **11L** und **12L** zusammen, die eine gleiche Brennweite **f** haben. Die Entfernung zwischen den beiden Linsen **11L** und **12L** ist auf das Zweifache der Brennweite **f** gesetzt. Diese konstituierenden Elemente werden auf einem Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** gehalten, wodurch eine bestimmte positionale Beziehung beibehalten wird.

[0009] Mit dieser Anordnung kann eine Verschiebung zwischen zwei sich schneidenden Lichtstrahlen bei einer Variation der Wellenlänge minimalisiert werden. Ein Laserstrahl von der Laserdiode **1** wird mittels einer Kollimatorlinse **2** zu einem kollimierten bzw. parallelen Strahl **3** gebündelt, welcher eine Strahl-Lichtpunktgröße

von 1,2 mm aufweist, und der kollimierte Strahl **3** fällt in die Ausrichtungsrichtung des Beugungsgitters **10** vom Durchlasstyp ein, welches einen Gitterlinienabstand von 3,2 µm aufweist.

[0010] Wenn die von dem Beugungsgitter **10** vom Durchlasstyp erhaltenen, gebeugten Lichtkomponenten **5a** und **5b** der ± 1-ten Ordnung auf die konvexe Linse 11L mit der Brennweite  $f$  einfallen, dann werden, wie in **Fig. 1C** gezeigt, Lichtstrahlen **13a** und **13b** erzielt. Wenn diese Lichtstrahlen **13a** und **13b** in die andere, von der Linse 11L durch den Abstand **2f** separierte, konvexe Linse 12L einfallen, werden erneut kollimierte Strahlen **14a** und **14b** erzielt. Dann werden die kollimierten Strahlen **14a** und **14b**, welche eine Strahl-Lichtpunktgröße von 1,2 mm haben, auf das zu vermessende Objekt **7**, welches sich in die Richtung des Pfeils **7a** in der **Fig. 1C** bewegt, unter einem Winkel ausgestrahlt, der gleich dem Beugungswinkel  $\Theta$  von dem obig erwähnten Beugungsgitter **10** ist.

[0011] Da das von dem zu vermessenden Objekt **7** divergierende Licht effizient auf einen lichtempfindlichen Abschnitt **9a** des Photodetektors **9** über die konvexe Linse 12L und der Fokussierlinse **8** gerichtet wird, kann die Dopplerfrequenz  $F$  über die folgende Gleichung erfasst werden:

$$F = 2V/dg \quad (4)$$

[0012] Es sei angenommen, dass sich die Wellenlänge  $\lambda$  der Laserdiode **1** verändert,  $\Theta$  in Übereinstimmung mit  $dg \sin \Theta = \lambda$  variiert, jedoch ändert sich in der obig erwähnten Vorrichtung nicht das Doppler-Signal. In dieser Vorrichtung kann die Lichtpunktposition der beiden Lichtstrahlen derart gesetzt werden, unbeweglich bzw. unveränderlich zu sein. Im einzelnen tritt keine positionale Verschiebung zwischen den Lichtpunkten auf, da das zu vermessende Objekt **7** unbeweglich bzw. unveränderlich ist, und ein geeigneter Strahlkreuzungszustand wird grundsätzlich bereitgestellt. Da eine Entfernung  $a$  zwischen dem Beugungsgitter **10** und der konvexen Linse 11L kleiner als eine Entfernung  $b$  zwischen der konvexen Linse 12L und dem zu vermessenden Objekt **7** ist, ist die Entfernung  $b$  relativ groß und eine große Arbeitsdistanz kann sichergestellt werden, was in einem hohen Grad der Freiheit hinsichtlich der Geschwindigkeitsauslegung resultiert. Darüber hinaus ist die Temperaturabhängigkeit der Messgenauigkeit sehr gering, und es kann eine hochpräzise Geschwindigkeitsmessung realisiert werden.

[0013] In dem herkömmlichen Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser muss jedoch ein zu vermessendes Objekt innerhalb eines Bereiches, wo Interferenzringe bzw. Interferenz-Streifen bei der Überkreuzung von Laserstrahlen ausgebildet werden, vorhanden sein. In der Anordnung des in der **Fig. 1C** gezeigten herkömmlichen Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers ist die Strahl-Lichtpunktgröße des Laserstrahles auf 1,2 mm und der Laserkreuzungswinkel auf  $12^\circ$  gesetzt. Aus diesem Grund wird ein Bereich ausgebildet, wo Interferenzringe bzw. Interferenzstreifen hinreichend vermessen werden, d. h. der messbare Bereich ist  $20 \pm 1$  mm von der Konvexlinse 12L bei der aktuellen Messung. Wenn beispielsweise die Bewegungsgeschwindigkeit einer Stahlplatte gemessen werden muss, ist eine Uneinheitlichkeit in der Tiefe von lediglich 2 mm gestattet, wenn die Stahlplatte ein dreidimensionales Oberflächengitter bzw. -gestaltung oder eine Verformung aufweist.

[0014] Das aus dem Stand der Technik bekannte Dokument „PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol. 70, Nr. 6, 1982, Seiten 652 bis 658, Stevenson, W. H.“ berichtet von dem gegenwärtigen Status der Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser, wobei ein Laserstrahl mittels eines Strahlteilers aufgeteilt wird, um zwei Lichtstrahlen zu erhalten, die in die Richtung des zu vermessenden Objektes ausgestrahlt werden. Im einzelnen werden die Lichtstrahlen kollimiert und zur Überschneidung gebracht, und das von dem Objekt gestreute, zu erfassende Licht fällt auf eine Erfassungseinrichtung ein. Das optische System stellt ein Zwei-Komponentensystem bereit, welches zur Handhabung bzw. Bearbeitung der gestreuten Lichtstrahlen und zum Richten der Lichtstrahlen auf die Erfassungseinrichtung eine optische Einrichtung aufweist. Das System stellt zwei Ring- bzw. Streifensätze bereit, die normal zu einander liegen, und in dem zweidimensionalen System muss das gestreute Licht von den beiden Ring- bzw. Streifensätzen vor der Erfassung getrennt werden. Da der zweite Ring- bzw. Streifensatz normal zu dem ersten Ring- bzw. Streifensatz liegt, ist eine zweidimensionale Geschwindigkeitsmessung möglich. Im einzelnen wird die Bewegungsgeschwindigkeit des zu vermessenden Objektes in zwei Dimensionen auf der Basis einer Datenauswertung der Ausgabesignale der Erfassungseinrichtung ermittelt.

[0015] Des weiteren betrifft das Dokument US 4,948,257 eine optische Lasermesseinrichtung und ein Verfahren zur Stabilisierung von Ring- bzw. Streifenmusterabständen, wobei auf der Basis eines Strahlteilungsverfahrens zwei Lichtstrahlen bereitgestellt werden, welche kollimiert und miteinander in Überschneidung gebracht werden, um sich kreuzende Lichtstrahlen zu erhalten. Im einzelnen kann der Ring- bzw. Streifenmusterabstand mit der Laserstrahlwellenlänge und der Richtung variiert werden. Die Laserstrahlrichtung ist entsprechend modifiziert, um Wellenlängenveränderungen derart zu kompensieren, dass für eine Messgenauigkeit ein konstanter Ring- bzw. Streifenmusterabstand erzielt wird.

[0016] Das Dokument EP 0 458 276 A offenbart ein Doppler-Geschwindigkeitsmesser, wobei ein optisches System eine Strahlteilung eines einzelnen Lichtstrahles bewirkt, um zwei kollimierte und sich kreuzende Lichtstrahlen zu erzielen. Die Lichtstrahlen werden bei einer bestimmten Position auf ein zu vermessendes Objekt ausgestrahlt, und das von dem zu vermessenden Objekt gestreute Licht wird mittels einer Photodetektorein-

richtung gemessen, und das Ausgabesignal hiervon wird ausgewertet, um Geschwindigkeitsinformationen von diesem Objekt zu erzielen. Des weiteren ist eine Einrichtung zur Erfassung eines Zustandes der Ausstrahlung vorgesehen, um einen Abweichungszustand der Abstrahlungsposition des Lichtstrahles zu erfassen, und in Abhängigkeit von dem Abweichungszustand wird die Abstrahlung für eine optimale Abstrahlung und eine stabile Präzision der Erfassung der Geschwindigkeitsinformation bei einer Hochgeschwindigkeit eingestellt.

[0017] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, eine Vorrichtung zur Positionsinformationserfassung und einen Geschwindigkeitsmesser bereitzustellen, welche einer Variation in der Richtung der Tiefe eines zu vermessenden Objektes gerecht werden, ohne dass die Anordnung der Vorrichtung groß gemacht wird.

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Ausgabe durch eine Vorrichtung zur Erfassung einer Positionsinformation gelöst, wie sie in den anhängenden Patentansprüchen definiert ist.

[0019] In der vorliegenden Erfindung haben die Interferenzringe bzw. -streifen des ersten und zweiten Erfassungssystems im wesentlichen die gleiche Anordnung, da sich die Interferenzringe bzw. -streifen des zweiten Erfassungssystems im groben in die Intervallrichtung (Tiefenrichtung) zwischen dem Doppler-Geschwindigkeitsmesser und dem zu vermessenden Objekt erstrecken. Genau gesagt, ist nur der mittige bzw. zentrale Interferenzring bzw. -streifen parallel zu der Tiefenrichtung, aber die anderen Interferenzringe bzw. -streifen zur linken und zur rechten Seite des mittigen Interferenzringes bzw. -streifens haben nur den geringen Neigungswinkel, so dass diese Interferenzringe bzw. -streifen im wesentlichen auf die selbe Art und Weise angeordnet sind, wie in dem ersten Erfassungssystem, welches parallele Interferenzringe bzw. -streifen zur Verfügung stellt.

[0020] Zusammenfassend ist in der vorliegenden Erfindung die Anordnungsrichtung der durch das erste Erfassungssystem hervorgerufenen Interferenzringe bzw. -streifen im wesentlichen die gleiche, wie die, die durch das zweite Erfassungssystem hervorgerufen werden. Im einzelnen erstrecken sich die durch das erste Erfassungssystem hervorgerufenen Interferenzringe bzw. -streifen parallel in einer Richtung senkrecht zu der Oberfläche des Objektes, während die durch das zweite Erfassungssystem hervorgerufenen Interferenzringe bzw. -streifen eine derart divergente Konfiguration aufweisen, dass sich der zentrale bzw. mittige Interferenzring bzw. -streifen in einer Richtung senkrecht zu der Oberfläche des Objektes erstreckt, und die an den beiden Seiten bezüglich des zentralen bzw. mittigen Interferenzringes bzw. -streifens angeordneten Interferenzringe bzw. -streifen erstrecken sich derart, um bezüglich des mittigen Interferenzringes bzw. -streifens unter einem Einfallswinkel eingestrahlt zu werden, der in eine Richtung weg von dem mittigen Interferenzring bzw. -streifen größer wird.

[0021] Die obige Aufgabe und andere Aufgaben, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen dargestellt werden, ersichtlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] **Fig. 1A** ist eine Ansicht, welche einen Beugungszustand zeigt, der ausgebildet wird, wenn ein Laserstrahl  $I$  auf ein Beugungsgitter vom Durchlasstyp einfällt, das einen Gitterlinienabstand  $d$  in der Ausrichtungsrichtung der Gitterlinien aufweist;

[0023] **Fig. 1B** ist eine Ansicht, die einen Zustand zeigt, wo mittels des in **Fig. 1A** gezeigten Beugungsgitters gebeugte Lichtkomponenten der  $\pm n$ -ten Ordnung mit einem optischen Spiegelsystem reflektiert werden, um einen Einfallswinkel  $\Theta_0$  auf ein zu vermessendes Objekt zu haben;

[0024] **Fig. 1C** ist eine Ansicht, welche die Anordnung zeigt, die erzielt wird, wenn das in **Fig. 1B** gezeigte optische Spiegelsystem mittels eines optischen Linsensystems aufgebaut wird;

[0025] **Fig. 2A** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von divergentem Licht in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0026] **Fig. 2B** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von kollimiertem Licht in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0027] **Fig. 2C** ist eine Seitenansicht eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers in der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0028] **Fig. 3** setzt sich aus den **Fig. 3A** und **3B** zusammen, welche die Ablaufdiagramme zur Erklärung einer Steuerungsoperation der ersten Ausführungsform zeigen;

[0029] **Fig. 4** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von divergentem Licht in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0030] **Fig. 5** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von kollimiertem Licht in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0031] **Fig. 6** ist eine Seitenansicht eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0032] **Fig. 7** setzt sich aus den **Fig. 7A** und **7B** zusammen, welche Ablaufdiagramme zeigen zum Erklären einer Steuerungsoperation der zweiten Ausführungsform;

[0033] **Fig. 8** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von divergentem Licht in der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0034] **Fig. 9** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von kollimiertem Licht in der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0035] **Fig. 10** setzt sich aus den **Fig. 10A** und **10B** zusammen, welche Ablaufdiagramme zeigen zum Erklären einer Steuerungsoperation der dritten Ausführungsform;

[0036] **Fig. 11** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von kollimiertem Licht in der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0037] **Fig. 12** ist ein optisches Lichtwegdiagramm von divergentem Licht in der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0038] **Fig. 13** setzt sich aus den **Fig. 13A** und **13B** zusammen, welche Ablaufdiagramme zeigen zum Erklären einer Steuerungsoperation in der vierten Ausführungsform.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0039] Die **Fig. 2A** bis **2C** zeigen die Anordnung eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die **Fig. 2A** zeigt den optischen Lichtwegabschnitt des divergenten Lichtes, die **Fig. 2B** zeigt den optischen Lichtwegabschnitt des kollimierten Lichtes und die **Fig. 2C** zeigt eine Seitenansicht des Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers.

[0040] Ein von einer Laserdiode **1** emittierter Laserstrahl mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von etwa  $0,68 \mu\text{m}$  wird mittels einer Kollimatorlinse **2** zu einem kollimierten Strahl **3** gebündelt, welcher eine Lichtpunktgröße von  $1,2 \text{ mm}$  aufweist. Der kollimierte Strahl **3** wird mittels eines Strahlteilers **20** in zwei Strahlen aufgeteilt. Von diesen beiden Strahlen wird, wie in den **Fig. 2A** und **2C** gezeigt, ein unter einem rechten Winkel mittels des Strahlteilers **20** reflektierter Lichtstrahl **3a** durch einen Spiegel **21** in eine Richtung parallel zu einem Lichtstrahl **3b** reflektiert, und fällt auf ein Beugungsgitter **10** vom Durchlasstyp ein, welches einen Gitterlinienabstand  $dg = 3,2 \mu\text{m}$  in einer Richtung senkrecht zu der Gitterlinien-Ausrichtungsrichtung des Beugungsgitters **10** hat. Der einfallende Lichtstrahl **3a** wird in gebeugte Lichtkomponenten **5a** und **5b** der  $\pm 1$ -ten Ordnung geteilt.

[0041] Die gebeugten Lichtkomponenten **5a** und **5b** der  $\pm 1$ -ten Ordnung treten aus dem Beugungsgitter **10** mit einem Beugungswinkel  $\Theta = 12^\circ$  aus und fallen in eine konvexe Linse **11** ein, welche eine Brennweite  $f$  hat, um derart Lichtstrahlen **13a** und **13b**, wie in **Fig. 2B** gezeigt, zu erhalten. Die Lichtstrahlen **13a** und **13b** fallen über ein Prisma **24** auf eine andere konvexe Linse **12** ein, wodurch derart die Lichtstrahlen **14a** und **14b**, wie in **Fig. 2B** gezeigt, erhalten werden. Wenn die Entfernung zwischen den Linsen **11** und **12** derart festgelegt ist, um kollimierte Strahlen **14a** und **14b** zu erhalten, dann fallen die Lichtstrahlen **14a** und **14b** auf ein zu vermessendes Objekt **7** ein, um einen Einfallswinkel zu haben, der gleich dem Beugungswinkel  $\Theta$  des obig genannten Beugungsgitters **10** ist, und um eine Strahllichtpunktgröße von  $1,2 \text{ mm}$  zu haben.

[0042] Mit diesen Strahlen werden Interferenzringe bzw. -streifen auf dem zu vermessenden Objekt **7** bei einem bestimmten Intervall ausgebildet, und wenn der Beugungswinkel  $\Theta$  gleich einem Winkel  $\Theta_n$  ist, welcher die Hälfte des Kreuzungswinkels der beiden Strahlen auf dem zu vermessenden Objekt ist, dann ist ein Interferenzringabstand  $p$  gegeben durch:

$$p = dg/2 \quad (6)$$

[0043] Das Licht, welches durch das zu vermessende Objekt **7** reflektiert wird, wird in zwei Strahlen in entgegengesetzten Richtungen mittels eines Spiegels **23** über die Linse **12** eingeteilt, und diese Lichtstrahlen werden über Fokussierlinsen **40a** und **40b** auf Photodetektoren **60a** und **60b** gerichtet. Wenn sich das zu vermessende Objekt **7** sich mit einer Geschwindigkeit  $V$  bewegt, wird von daher eine Dopplerfrequenz  $F$ , die durch die folgende Gleichung (7) gegeben ist, von einem optischen Signal erzielt, das ein Dopplerfrequenzsignal einschließt, und mittels des Photodetektors **60b** erfasst. Eine Recheneinheit (nicht dargestellt) berechnet eine Geschwindigkeit basierend auf der Gleichung (7)

$$F = 2V/dg \quad (7)$$

[0044] Andererseits wird der andere Lichtstrahl **3b**, der mittels des Strahlteilers **20** aufgespalten wird, durch den Strahlteiler **20**, wie in den **Fig. 2A** und **2C** gezeigt, übertragen und fällt auf das Beugungsgitter **10** in einer Richtung senkrecht zu der Gitterlinien-Anordnungsrichtung des Beugungsgitters **10** auf die selbe Art und Weise wie der Lichtstrahl **3a** ein, und wird in Lichtstrahlen **5c** und **5d** eingeteilt. Die Lichtstrahlen **5c** und **5d** werden durch die konvexen Linsen **11** und **12** übertragen und fallen auf das zu vermessende Objekt als divergentes Strahlen **14c** und **14d** ein. Mit diesen Strahlen werden Interferenzringe abhängig von der Tiefe (in der Auf-und-Ab-Richtung der **Fig. 2A** bis **2C**) ausgebildet, und ein Interferenzabstand  $p_1$  ist gegeben durch die folgende Gleichung (8)

$$p_1 = \lambda/2 \sin \Theta_n \quad (8)$$

wobei  $\Theta_n$  der Kreuzungswinkel der Hauptstrahlen in dem Lichtstrahlkreuzungsabschnitt ist.

[0045] Das von dem zu vermessenden Objekt **7** auf der Basis des Interferenzabstandes  $p_1$  reflektierte Licht wird durch die Linse **12** übertragen und in zwei Strahlen in entgegengesetzte Richtungen mittels des Spiegels **20** geteilt. Diese beiden Strahlen fallen jeweils über die Fokussierungslinsen **40a** und **40b** auf die Photodetektoren **60a** und **60b** ein. Hieraus resultiert ein Dopplerfrequenzsignal, welches durch den Photodetektor **60a** erzielt wird, das heißt, eine Dopplerfrequenz  $F_1$  eines Referenzsignals, gegeben durch die folgende Gleichung (9):

$$F_1 = 2V \sin \Theta_n / \lambda \quad (9)$$

[0046] Der Abstand  $p$  der Interferenzringe, die bei einer Position in der Tiefenrichtung (die Auf-und-Ab-Richtung von **Fig. 2A** bis **2C**) ausgebildet sind, wo der Kreuzungswinkel  $\Theta_n$  der Hauptstrahlen in dem Strahlkreuzungsbereich der beiden Strahlen gleich dem Beugungswinkel  $\Theta$  wird, ist gleich dem Interferenzringabstand, der durch die obige Gleichung (6) gegeben ist, und diese Position ist gleich der Position, wo sich die kollimierten Strahlen, die aus der konvexen Linse **12** heraustreten, gegenseitig schneiden.

[0047] Wenn die Kreuzungsposition der kollimierten Strahlen **14a** und **14b**, die von der konvexen Linse **12** ausgehen, als ein geeigneter Messpunkt definiert ist, erzeugt von daher der Photodetektor **60a**, falls das zu vermessende Objekt **7** beispielsweise vor diesem geeigneten Messpunkt vorhanden ist, als das in Übereinstimmung mit der Geschwindigkeit  $V$  des sich bewegenden, zu vermessenden Objektes **7** erzielte Dopplerfrequenzsignal ein Dopplerfrequenzsignal mit einer Frequenz höher als die des Photodetektors **60b**, d. h. ein Referenzsignal.

[0048] Gewindewellen **102a** und **102b**, die einen Mechanismus zur Bewegung eines Hauptkörpers in die Vor- und Zurückrichtung darstellen, werden mittels einer Antriebsquelle (nicht dargestellt) auf der Basis des Referenzsignals gedreht, wobei dadurch ein Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** in Richtung eines Pfeils in den **Fig. 2A** bis **2C** bewegt wird, an welchem zylindrische Muttern **103a** und **103b** gewaltsam in Eingriff mit diesen an den beiden Seiten herausragenden Gewindewellen **102a** und **102b** stehen, bis die Frequenzen der von den Photodetektoren **60a** und **60b** erlangten Signale miteinander gleich werden. In diesem Fall wird die Entfernung zwischen dem Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** und dem zu vermessenden Objekt **7** mittels einer CPU (nicht dargestellt) als eine Positionsunterscheidungseinrichtung gesteuert.

[0049] Die Steuerungsoperation der CPU der ersten Ausführungsform wird nachfolgend unter Bezugnahme des Ablaufdiagramme in den **Fig. 3A** und **3B** beschrieben.

[0050] Nachdem in Schritt **ST11-1** die Stromversorgung des Körpers bzw. Gehäuses des Geschwindigkeitsmessers **101** eingeschaltet ist, werden die Gewindewellen **102a** und **102b** in Schritt **ST11-2** gedreht, um den Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** auf (aufwärts) oder herab (abwärts) in Bezug auf das zu vermessende Objekt **7** zu bewegen. In Schritt **ST11-3** wird während der Bewegung des Körpers bzw. Gehäuses des Geschwindigkeitsmessers **101** überprüft, ob die Dopplerfrequenzen der Ausgaben von den Photodetektoren **60a** und **60b** die Beziehung  $F_1 = F$  erfüllen. Wenn in Schritt **ST11-3** ein „JA“ auftritt, wird ermittelt, dass der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** eine geeignete Messposition erreicht hat, und die Gewindewellen **102a** und **102b** werden in Schritt **ST11-4** angehalten, um die Bewegung des Körpers bzw. Gehäuses des Geschwindigkeitsmessers zu stoppen, wodurch dieser Zustand gehalten wird.

[0051] Wenn der Geschwindigkeitsmesser **101** die geeignete Messposition erreicht hat, wird eine Servosteuerung gestartet. Es wird in Schritt **ST11-5** überprüft, ob die Dopplerfrequenz  $F_1$  der Ausgabe von dem Photodetektor **60a** gleich der Dopplerfrequenz  $F$  der Ausgabe von dem Photodetektor **60b** ist. Wenn in Schritt **ST11-5** ein „NEIN“ auftritt, wird in Schritt **ST11-6** überprüft, ob  $F_1$  größer  $F$  gilt. Wenn in Schritt **ST11-6** ein „JA“ auftritt, werden die Gewindewellen **102a** und **102b** in Schritt **ST11-7** gedreht, um den Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** herabzubewegen, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** nahe an das zu vermessende Objekt **7** gebracht wird. In Schritt **ST11-8** wird erneut überprüft, ob  $F_1 = F$  gilt. Wenn in Schritt **ST11-8** ein „JA“ auftritt, werden die Gewindewellen **102a** und **102b** in Schritt **ST11-9** angehalten, und der Geschwindigkeitsmesser **101** wird bei dieser Position gestoppt.

[0052] Wenn andererseits in Schritt **ST11-6** ein „NEIN“ auftritt, fährt das Ablaufdiagramm weiter mit Schritt **ST11-10**, um die Gewindewellen **102a** und **102b** in eine Richtung entgegengesetzt zu der obig beschriebenen zu drehen, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** aufwärts bewegt wird, das heißt, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** weiter weg von dem zu vermessenden Objekt **7** gebracht wird. In Schritt **ST11-11** wird erneut überprüft, ob  $F_1 = F$  gilt. Wenn in Schritt **ST11-11** ein „JA“ auftritt, dann fährt das Ablaufdiagramm weiter mit Schritt **ST11-9**, um die Gewindewellen **102a** und **102b** anzuhalten, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** ge-

stoppt wird. In Schritt **ST11-12** wird überprüft, ob ein Betriebszustand bzw. eine Operation endet. Wenn in Schritt **ST11-12** ein „NEIN“ auftritt, dann kehrt das Ablaufdiagramm zu Schritt **ST11-5** zurück, um die zuvor erwähnte Betriebsweise bzw. Operation zu wiederholen.

[0053] Selbst wenn die Oberfläche des zu vermessenden Objektes **7** ähnlich wie eine Stahlplatte gewellt ist, kann mit dieser Steuerung die Entfernung zu dem zu vermessenden Objekt **7** zuverlässig angeglichen bzw. angepasst werden. Von daher kann ein Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser realisiert werden, welcher zuverlässig die Geschwindigkeit messen kann, selbst wenn sich die Entfernung zu dem zu vermessenden Objekt **7** abändert.

[0054] Die **Fig. 4** bis **6** zeigen die Anordnung eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die **Fig. 4** zeigt den optischen Wegabschnitt des divergenten Lichtes, die **Fig. 5** zeigt den optischen Wegabschnitt des kollimierten Lichtes und die **Fig. 6** ist eine Seitenansicht eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers.

[0055] In der zweiten Ausführungsform sind Paare von Spiegeln **41a** und **42a**, **41b** und **42b**, **41c** und **42c**, und **41d** und **42d** jeweils in die optischen Wege der durch die Linse **12** gesendeten Lichtstrahlen **14a** bis **14d** eingebracht. Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform werden Lichtstrahlen zu divergente Strahlen, wenn sie durch das Prisma **24** gesendet werden, und Lichtstrahlen werden zu kollimierte Strahlen, wenn sie nicht durch das Prisma **24** gesendet werden. Da die anderen Anordnungen die gleichen wie die in ersten Ausführungsform sind, bezeichnen die gleichen Bezugsziffern in dieser Ausführungsform die gleichen Teile wie die in der ersten Ausführungsform, und auf eine wiederholte Beschreibung hiervon wird verzichtet. Die Spiegel **41a** und **42a**, **41b** und **42b**, **41c** und **42c** und **41d** und **42d** sind derart angeordnet, dass ihre reflektierenden Oberflächen parallel zueinander stehen, und die mittels der gleichen Bezugsziffern bezeichneten Spiegel sind symmetrischen über die lichtempfangende optische Achse angeordnet. Jeder der Spiegel **41a** und **41b** und der Spiegel **41b** und **41c** sind integral angeordnet, und die Spiegel **41a** und **41b** und die Spiegel **41c** und **41d** sind bewegbar in der Intervallrichtung, um symmetrisch über die lichtempfangende optische Achse zu sein.

[0056] Nachfolgend wird die Betriebsweise der zweiten Ausführungsform beschrieben. Wenn die Weglängen der Lichtstrahlen **13c** und **13d** gesetzt sind, so dass die beiden fokussierenden Lichtstrahlen **14c** und **14d** auf die Punkte **50c** und **50d** an den Spiegeln **42c** und **42d** über die Spiegel **41c** und **41d** fokussiert werden, dann wird eine Entfernung (Ideal-Entfernung)  $d_1$  zwischen den Punkten **50c** und **50d** auf den Spiegeln **42c** und **42d** und dem zu vermessenden Objekt **7** durch Berechnung der folgenden Gleichung mittels einer CPU (nicht dargestellt) als eine Entfernung-Berechnungseinrichtung und als eine Entfernungs-Steuerungseinrichtung erzielt. Es sei darauf hingewiesen, dass  $X$  das Intervall zwischen den Punkten **50c** und **50d** ist, und durch eine Messeinrichtung (nicht dargestellt) gemessen wird.

$$d_1 = X/2 \tan \Theta_n \quad (10)$$

[0057] Aus den Gleichungen (7) und (8) folgt des weiteren:

$$d_1 = X/2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right) \quad (11)$$

[0058] Wenn  $\Theta$  hinreichend klein ist, und die Variation in der Tiefenrichtung des zu vermessenden Objektes **7** klein ist, dann ist der Abstand der Punkte **50a** und **50b** bei Bewegung der Spiegel **41c** und **41d** in Richtung der lichtempfangenen optischen Achse vernachlässigbar klein. Unter Verwendung der Gleichung (11) kann aus diesem Grund die Entfernung  $d_1$  zwischen den Punkten **50a** und **50b** und dem zu vermessenden Objekt **7** und die Variation dieser Entfernung ermittelt werden. Andererseits ist die Entfernung  $d$  zwischen der Kreuzungsposition der Lichtstrahlen **14a** und **14b** und den Punkten **50a** und **50b** gegeben durch  $d = X/(2 \tan \Theta)$ .

[0059] Die Steuerungsbetriebsweise der CPU der zweiten Ausführungsform wird nachfolgend unter Bezugnahme des Ablaufdiagramms in den **Fig. 7A** und **78** beschrieben.

[0060] Nachdem in Schritt **ST12-1** die Stromversorgung eingeschaltet ist, wird das Intervall  $X$  zwischen Spiegeln **41a** und **41b** mittels einer Erregung, beispielsweise mittels einer Schwinkspule, in Schritt **ST12-2** vergrößert oder verkleinert. In Schritt **ST12-3** wird überprüft, ob die Gleichung

$$d = X/2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right)$$

gilt. Wenn in Schritt **ST12-3** ein „JA“ auftritt, werden in Schritt **ST12-4** die Spiegel **41a** und **41b** angehalten.

[0061] Nachdem die Spiegel **41a** und **41b** bei geeigneten Positionen angeordnet sind, wird die Operation zur

Steuerung der Positionen der Spiegel **41a** und **41b** gestartet, um die Beziehung  $d_1 = d$  zu erfüllen (wobei  $d_1$  die Ideal-Entfernung und  $d$  die Entfernung zwischen der Kreuzungsposition der beiden kollimierten, durch die Linse **12** gesendeten Strahlen **41a** und **41b** und den Punkten **50a** und **50b** auf den Spiegeln **42a** und **42b** ist).  
[0062] In Schritt **ST12-5** wird überprüft, ob die Beziehung

$$d = X/2 \tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg}\right)\right)$$

gilt. Wenn in Schritt **ST12-5** ein „NEIN“ auftritt, wird in Schritt **ST12-6** überprüft, ob die Beziehung

$$d > X/2 \tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg}\right)\right)$$

gilt. Wenn in Schritt **ST-12-6** ein „JA“ auftritt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST12-7** fort, um das Intervall **X** zwischen den Spiegeln **41a** und **41d** anwachsen zu lassen.

[0063] Danach wird erneut in Schritt **ST12-8** überprüft, ob die Beziehung

$$d = X/2 \tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg}\right)\right)$$

gilt. Wenn in Schritt **ST12-8** ein „JA“ auftritt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST12-9** fort, um die Spiegel **41a** und **41b** anzuhalten.

[0064] Wenn andererseits in Schritt **ST12-6** ein „NEIN“ auftritt, dann wird das Intervall **X** zwischen den Spiegeln **41a** und **41b** in Schritt **ST12-10** herabgesetzt, und es wird in Schritt **ST12-11** überprüft, ob die Beziehung

$$d = X/2 \tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg}\right)\right)$$

gilt. Wenn in Schritt **ST12-11** ein „JA“ auftritt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST12-9** fort, um die Spiegel **41a** und **41b** anzuhalten. Es wird dann in Schritt **ST12-12** überprüft, ob eine Operation bzw. ein Betriebszustand endet. Wenn in Schritt **ST12-12** ein „NEIN“ auftritt, dann kehrt das Ablaufdiagramm zu Schritt **ST12-5** zurück, um die zuvor genannte Operation bzw. Betriebsweise zu wiederholen.

[0065] Selbst wenn die Oberfläche des zu vermessenden Objektes ähnlich wie eine Stahlplatte gewölbt ist, kann mit dieser Steuerung die Entfernung  $d_1$  zu dem zu vermessenden Objekt zuverlässig angepasst bzw. eingestellt werden, und selbst wenn die Entfernung zu dem zu vermessenden Objekt sich abändert, kann die Geschwindigkeit zuverlässig gemessen werden.

[0066] Die **Fig. 8** und **9** zeigen die Anordnung eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die **Fig. 8** zeigt den optischen Lichtwegabschnitt des kollimierten Lichtes, und die **Fig. 9** zeigt den optischen Lichtwegabschnitt des divergenten Lichtes.

[0067] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von etwa  $0,68 \mu\text{m}$  und von einer Laserdiode **1b** emittiert, wird mittels einer Kollimatorlinse **2b** in einen kollimierten Strahl **3b** kollimiert, welcher eine Strahllichtpunktgröße von  $1,2 \text{ mm}$  hat, und der kollimierte Strahl **3b** wird durch einen dichroitischen Spiegel **20a** gesendet, welcher eingesetzt wird, um Licht zu reflektieren, welches eine Wellenlänge aufweist, die innerhalb eines Bereiches von  $0,78 \pm 10 \mu\text{m}$  fällt. Der kollimierte Strahl **3b** fällt dann auf ein Beugungsgitter vom Durchlasstyp, welches einen Gitterlinienabstand  $dg = 3,2 \mu\text{m}$  in einer Richtung senkrecht zu der Gitterlinien-Ausrichtungsrichtung des Beugungsgitters **10** hat, und wird in gebeugte Lichtkomponenten **5a** und **5b** der  $\pm 1$ -ten Ordnung geteilt.

[0068] Die gebeugten Lichtkomponenten **5a** und **5b** der  $\pm 1$ -ten Ordnung treten von dem Beugungsgitter **10** unter einem Beugungswinkel  $\Theta = 12^\circ$  aus und fallen auf eine konvexe Linse **11**, welche eine Brennweite  $f$  hat, wodurch Lichtstrahlen **13a** und **13b**, wie in **Fig. 8** gezeigt, erzielt werden. Die Lichtstrahlen **13a** und **13b** fallen auf eine konvexe Linse **12**, von daher werden Lichtstrahlen **14a** und **14b**, wie in **Fig. 8** gezeigt, erzielt. Wenn die Entfernung zwischen den Linsen **11** und **12** so gesetzt ist, um diese Lichtstrahlen **14a** und **14b** in kollimierte Strahlen zu konvertieren bzw. umzuwandeln, dann fallen die Lichtstrahlen **14a** und **14b** auf ein zu vermessendes Objekt **7**, um einen Einfallswinkel zu haben, welcher gleich dem Beugungswinkel  $\Theta$  von dem zuvor genannten Beugungsgitter **10** ist, und um eine Lichtpunktgröße von  $1,2 \text{ mm}$  zu haben.

[0069] Mit diesen Strahlen werden Interferenzringe auf dem zu vermessenden Objekt **7** bei einem bestimmten Intervall ausgebildet, und wenn der Beugungswinkel  $\Theta$  gleich einem Winkel  $\Theta_n$  ist, der die Hälfte des Kreuz-

zungswinkels der beiden Lichtstrahlen auf dem zu vermessenden Objekt ist, dann ist, wie obig beschrieben, ein Interferenzabstand  $p$  durch die folgende Gleichung gegeben:

$$p = dg/2 \quad (6)$$

[0070] Das durch das zu vermessende Objekt **7** auf der Basis des Interferenzringabstandes  $p$  reflektierte Licht wird durch die Linse **12** und dann über eine Fokussierlinse **40** durch einen dichroitischen Spiegel **23a** geschickt, welcher eingesetzt wird, um den gleichen Reflektionswellenlängenbereich zu haben, wie der des dichroitischen Spiegels **20a**. Das reflektierte Licht fällt dann auf einen Photodetektor **60**. Wenn von daher das zu vermessende Objekt **7** sich mit einer Geschwindigkeit  $V$  bewegt, kann eine durch die obige Gleichung (7) gegebene Dopplerfrequenz  $F$  von einem optischen Signal erzielt werden, welches ein mittels des Photodetektors **60A** erzieltetes Dopplerfrequenzsignal enthält, das heißt, ein Messsignal. Eine CPU **100** berechnet die Geschwindigkeit basierend auf der Gleichung (7):

$$F = 2V/dg \quad (7)$$

[0071] Andererseits wird ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge  $\lambda_1 = 780$  nm und emittiert von einer Laserdiode **1a** mittels einer Kollimatorlinse **2a** in einen kollimierten Strahl **3a** kollimiert, und wird unter einem rechten Winkel mittels des dichroitischen Spiegels **20a** reflektiert. Der kollimierte Strahl **30a** trifft auf das Beugungsgitter **10** in einer Richtung senkrecht zu der Gitterlinien-Anordnungsrichtung des Beugungsgitters **10**, wie bei dem Lichtstrahl **3b**, und wird in Lichtstrahlen **5c** und **5d** geteilt. Die Lichtstrahlen **5c** und **5d** werden über die konvexen Linsen **11** und **12** gesendet und in divergente Strahlen **14c** und **14d** umgewandelt. Die divergenten Strahlen **14c** und **14d** fallen bei im wesentlichen den gleichen Positionen (an der optischen Lichtempfangsachse) als die einfallenden Positionen der kollimierten Lichtstrahlen **14a** und **14b** ein. Mit diesen Strahlen werden Interferenzringe auf dem zu vermessenden Objekt **7** ausgebildet, deren Ringintervall von der Tiefe (die Auf- und Abrichtung in den **Fig.** 8 und 9) abhängt. Ein Interferenzringabstand  $p_1$  der Interferenzringe ist gegeben durch die folgende Gleichung (8)', wobei  $\Theta_n$  der Kreuzungswinkel der Mittelstrahlen in dem Lichtstrahlkreuzungsabschnitt ist:

$$p_1 = \lambda_1/2 \sin \Theta_n \quad (8)'$$

[0072] Das Licht, welches durch das zu vermessende Objekt auf der Basis des Interferenzringabstandes  $p_1$  reflektiert wird, wird durch die Linse **12** gesendet und durch den dichroitischen Spiegel **23a** über die Fokussierlinse **40** reflektiert. Das reflektierte Licht trifft dann auf einen Photodetektor **60a**. Eine Dopplerfrequenz  $F_1$  eines durch den Photodetektor **60a** erzielten Dopplerfrequenzsignals, d. h. eines Referenzsignals, ist gegeben durch die folgende Gleichung (9)':

$$F_1 = 2V \sin \Theta_n/\lambda_1 \quad (9)'$$

[0073] Der Abstand  $p_1$  der Interferenzringe, die bei einer Position in der Tiefenrichtung (die Auf- und Abrichtung in den **Fig.** 8 und 9) ausgebildet sind, wo der Kreuzungswinkel  $\Theta_n$  der Hauptstrahlen in dem Lichtstrahl-Kreuzungsabschnitt gleich dem Beugungswinkel  $\Theta$  wird, ist  $\lambda_1/\lambda$ -mal dem durch die Gleichung (6) gegebenen Interferenzringabstand  $p$ , und die Position in der Tiefenrichtung ist im wesentlichen gleich einer Position, wo sich die kollimierten Lichtstrahlen schneiden, die von der konvexen Linse **12** ausgehen.

[0074] Wenn die Kreuzungsposition der kollimierten Strahlen **14a** und **14b**, die von der konvexen Linse **12** ausgehen, als ein geeigneter Messpunkt definiert ist, erzeugt von daher der Photodetektor **60a**, falls das zu vermessende Objekt **7** beispielsweise vor diesem geeigneten Messpunkt (die untere Seite in den **Fig.** 8 und 9) vorhanden ist, als das in Übereinstimmung mit der Geschwindigkeit  $V$  des sich bewegenden, zu vermessenden Objektes **7** erzielte Dopplerfrequenzsignal ein Dopplerfrequenzsignal mit einer Frequenz höher als die des Photodetektors **60b**, d. h. ein Referenzsignal.

[0075] Basierend auf dem Referenzsignal werden Gewindewellen **102a** und **102b**, welcher einen Mechanismus zur Bewegung eines Hauptkörpers darstellen, mittels einer Antriebsquelle (nicht dargestellt) gedreht und ein Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** in Richtung eines Pfeils in den **Fig.** 8 und 9 bewegt, an welchem zylindrische Muttern **103a** und **103b** gewaltsam mit den von den beiden Seiten hervorstehenden Gewindewellen **102a** und **102b** in Eingriff stehen, bis die von dem Photodetektor **60a** erzielte Dopplerfrequenz des Referenzsignals  $\lambda_1/\lambda$ -mal der Dopplerfrequenz des von dem Photodetektor **60b** erzielten Messsignals wird. Wenn das zu vermessende Objekt **7** hinter dem geeigneten Messpunkt (die obere Seite der **Fig.** 8 und 9) vorhanden ist, dann wird eine Steuerung entgegengesetzt der obig beschriebenen Steuerung durchgeführt. Diese Steuerung wird mittels der CPU **100** durchgeführt. Im einzelnen wird das Intervall zwischen dem Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** und dem zu vermessenden Objekt **7** durch die CPU

**100** unterschieden und gesteuert.

[0076] Die Steuerungsbetriebsweise der CPU **100** der dritten Ausführungsform wird nachfolgend unter Bezugnahme des Ablaufdiagramms in den **Fig. 10A** und **10B** beschrieben.

[0077] Nachdem die Stromversorgung des Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** in Schritt **ST11-1** eingeschaltet ist, wird in Schritt **ST11-2** die Gewindewelle **102a** gedreht, um den Körper bzw. Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **111** nach oben (aufwärts) oder nach unten (abwärts) in Bezug auf das zu vermessende Objekt **7** zu bewegen. In Schritt **ST11-3** wird überprüft, ob die Dopplereffrequenzen der Ausgaben von den Photodetektoren **60a** und **60b** die Beziehung  $F_1 = (\lambda_1/\lambda) \times F$  während der Bewegung des Körpers bzw. Gehäuses des Geschwindigkeitsmessers **101** erfüllen. Wenn in Schritt **ST11-3** ein „JA“ vorliegt, wird ermittelt, dass der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** die geeignete Messposition erreicht hat, und die Gewindewelle **102a** wird in Schritt **ST11-4** angehalten, um den Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers zu stoppen, um dadurch den Zustand zu halten.

[0078] Wenn der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** die geeignete Position erreicht hat, wird die Servosteuerung gestartet. In Schritt **ST11-5** wird überprüft, ob die Dopplereffrequenz  $F_1$  der Ausgabe von dem Photodetektor **60b** eine bestimmte proportionale Beziehung, d. h.  $(\lambda_1/\lambda) \times F$ , mit der Dopplereffrequenz der Ausgabe von dem Photodetektor **60a** aufweist. Wenn in Schritt **ST11-5** ein „NEIN“ vorliegt, wird in Schritt **ST11-6** überprüft, ob die Beziehung  $F_1 > (\lambda_1/\lambda) \times F$  gilt. Wenn in Schritt **ST11-6** ein „JA“ vorliegt, wird die Gewindewelle **102a** in Schritt **ST11-7** gedreht, um den Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** herabzubewegen, wodurch er nahe an das zu vermessende Objekt **7** gebracht wird. In Schritt **ST11-8** wird erneut überprüft, ob die Beziehung  $F_1 = (\lambda_1/\lambda) \times F$  gilt. Wenn in Schritt **ST11-8** ein „JA“ vorliegt, wird die Gewindewelle **102a** in Schritt **ST11-9** angehalten, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** bei dieser Position angehalten wird.

[0079] Wenn andererseits in Schritt **ST11-6** ein „NEIN“ auftritt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST11-10** fort, um die Gewindewelle **102a** in eine Richtung entgegengesetzt zu der obig beschriebenen zu drehen, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** aufwärts bewegt wird und dieser weiter von dem zu vermessenden Objekt **7** weggebracht wird. In Schritt **ST11-11** wird erneut überprüft, ob die Beziehung  $F_1 = (\lambda_1/\lambda) \times F$  erfüllt ist. Wenn in Schritt **ST11-11** ein „JA“ vorliegt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST11-9** fort, um die Gewindewelle **102a** anzuhalten, wodurch der Körper bzw. das Gehäuse des Geschwindigkeitsmessers **101** angehalten wird. In Schritt **ST11-12** wird überprüft, ob eine Operation bzw. ein Betriebszustand endet. Wenn in Schritt **ST11-12** ein „NEIN“ auftritt, dann kehrt das Ablaufdiagramm zu Schritt **ST11-5** zurück, um die obig erwähnte Operation zu wiederholen.

[0080] Selbst wenn die Oberfläche des zu vermessenden Objektes **7** ähnlich wie eine Stahlplatte wellig bzw. gewölbt ist, kann mit dieser Steuerung die Entfernung zu dem vermessenden Objekt **7** zuverlässig eingestellt werden. Von daher kann ein Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmesser realisiert werden, welcher zuverlässig die Geschwindigkeit messen kann, selbst wenn sich die Entfernung zu dem zu vermessenden Objekt **7** ändert.

[0081] Die **Fig. 11** und **12** zeigen die Anordnung eines Laser-Doppler-Geschwindigkeitsmessers gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die **Fig. 11** zeigt den optischen Lichtwegabschnitt des kollimierten Lichtes, und die **Fig. 12** zeigt den optischen Lichtwegabschnitt des divergenten Lichtes.

[0082] In der vierten Ausführungsform sind, ungleich zu der dritten Ausführungsform, Paare von Spiegeln **41a** und **42a**, und **41b** und **42b** jeweils in die optischen Lichtwege der durch die Linse **12** hindurchlaufenden Lichtstrahlen **14a** und **14b** eingebracht. Die Spiegel **41a** und **42a** und die Spiegel **41b** und **42b** sind derart angeordnet, dass ihre Reflektionsoberflächen parallel zueinander stehen, und die mittels der gleichen Bezugsziffern bezeichneten Spiegel sind derart angeordnet, um symmetrisch zur optischen Lichtempfangsachse zu sein. Die Spiegel **41a** und **41b** sind in die Intervallrichtung bewegbar, um symmetrisch über die optische Lichtempfangsachse zu sein. Im Gegensatz zu der obigen Ausführungsform wird Licht in konvergentes Licht umgewandelt, wenn es durch einen dichroitischen Spiegel **20b** geschickt wird; und es wird in kollimiertes Licht umgewandelt, wenn es mittels des dichroitischen Spiegels **20b** reflektiert wird. Auch ist die Anordnung eines dichroitischen Spiegels **23b** und der Photodetektoren **60a** und **60b** entgegengesetzt zu der in der dritten Ausführungsform. Da die anderen Anordnungen die gleichen wie die in der dritten Ausführungsform sind, bezeichnen die gleichen Bezugsziffern in dieser Ausführungsform die gleichen Teile wie in der dritten Ausführungsform, und auf eine wiederholte Beschreibung hiervon wird verzichtet.

[0083] Die Betriebsweise der vierten Ausführungsform wird nachfolgend beschrieben. Da sich die beiden kollimierten Strahlen **14a** und **14b** in einer im wesentlichen gleichen Weise wie in der dritten Ausführungsform fortpflanzen, mit der Ausnahme, dass sie sich über die Spiegel **41a**, **42a**, **41b** und **42b** fortpflanzen, wird auf eine Beschreibung hiervon verzichtet. Die Positionen der Prismen sind derart gesetzt, dass zwei konvergente, durch die Linse **12** gesendete Strahlen **14c** und **14d** über die Spiegel **41a** und **41b** auf die Punkte **50a** und **50b** auf den Spiegeln **42a** und **42b** fokussiert werden. Eine Entfernung (Ideal-Entfernung)  $d_1$  zwischen den Punkten **50a** und **50b** auf den Spiegeln **42a** und **42b** und dem zu vermessenden Objekt **7** wird mittels Berechnung der folgenden Gleichung durch die CPU **100** erzielt. Es sei darauf hingewiesen, dass **X** die Entfernung zwischen

den Punkten **50a** und **50b** ist, welche mittels einer Messeinrichtung (nicht dargestellt) gemessen wird:

$$d_1 = X / (2 \tan \Theta_n) \quad (10)$$

[0084] Aus den Gleichungen (7) und (8)' folgt des weiteren:

$$d_1 = X / 2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right) \quad (11)'$$

[0085] Wenn  $\Theta$  hinreichend klein ist und die Variation in der Tiefenrichtung des zu vermessenden Objektes **7** klein ist, ist die Entfernung in der Richtung der optischen Lichtempfangsachse von den Punkten **50a** und **50b** bei Bewegung der Spiegel **41a** und **41b** vernachlässigbar klein. Unter Verwendung von Gleichung (11)' kann aus diesem Grund die Entfernung  $d_1$  zwischen den Punkten **50a** und **50b** und dem zu vermessenden Objekt **7** und die Variation dieser Entfernung erlangt werden. Andererseits ist die Entfernung  $d$  zwischen der Kreuzungsposition der Lichtstrahlen **14a** und **14b** und der Punkte **50a** und **50b** gegeben durch  $D = X / (2 \tan \Theta)$ .

[0086] Die Steuerungsoperation der CPU **100** der vierten Ausführungsform wird nachfolgend unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm in den **Fig. 13A** und **13B** beschrieben.

[0087] Nachdem die Stromversorgung in Schritt **ST12-1** eingeschaltet ist, wird das Intervall  $X$  zwischen den Spiegeln **41a** und **41b** durch Erregung, beispielsweise einer Erregerspule, in Schritt **ST12-2** erhöht oder herabgesetzt. In Schritt **ST12-3** wird überprüft, ob die folgende Gleichung erfüllt ist:

$$d_1 = X / 2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right)$$

[0088] Wenn in Schritt **ST12-3** ein „JA“ vorliegt, werden in Schritt **ST12-4** die Spiegel **41a** und **41b** angehalten.

[0089] Nachdem die Spiegel **41a** und **41b** bei geeigneten Positionen angeordnet sind, wird die Betriebsweise zur Steuerung der Positionen der Spiegel **41a** und **41b** gestartet, um die Beziehung  $d_1 = d$  zu erfüllen (,wobei  $d_1$  die Ideal-Entfernung und  $d$  die Entfernung zwischen der Kreuzungsposition der beiden kollimierten, durch die Linse **12** gesendeten Strahlen **14a** und **14b** und den Punkten **50a** und **50b** auf den Spiegeln **42a** und **42b** sind).

[0090] In Schritt **ST12-5** wird überprüft, ob die folgende Gleichung gilt.

$$d = X / 2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right)$$

[0091] Wenn in Schritt **St12-5** ein „NEIN“ auftritt, wird in Schritt **ST12-6** überprüft, ob die folgende Beziehung gilt:

$$d > X / 2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right)$$

[0092] Wenn in Schritt **ST12-6** ein „JA“ auftritt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST12-7** fort, um die Entfernung  $X$  zwischen den Spiegeln **41a** und **41b** anwachsen zu lassen. Danach wird erneut in Schritt **ST12-8** überprüft, ob die folgende Beziehung erfüllt ist:

$$d = X / 2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right)$$

[0093] Wenn in Schritt **ST12-8** ein „JA“ vorliegt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST12-9** fort, um die Spiegel **41a** und **41b** anzuhalten.

[0094] Wenn andererseits ein „NEIN“ in Schritt **ST12-6** auftritt, dann wird die Entfernung  $X$  zwischen den Spiegeln **41a** und **41b** in Schritt **ST12-1** herabgesetzt, und in Schritt **ST12-11** wird überprüft, ob die folgende Bedingung gilt:

$$d = X/2 \tan \left( \sin^{-1} \left( \frac{F_1}{F} \cdot \frac{\lambda}{dg} \right) \right)$$

[0095] Wenn in Schritt **ST12-11** ein „JA“ vorliegt, dann fährt das Ablaufdiagramm mit Schritt **ST12-9** fort, um die Spiegel **41a** und **41b** anzuhalten. Es wird dann in Schritt **ST12-12** überprüft, ob eine Operation bzw. ein Betriebszustand endet. Wenn in Schritt **ST12-12** ein „NEIN“ auftritt, dann kehrt das Ablaufdiagramm zu Schritt **ST12-5** zurück, um die obig genannte Betriebsweise zu wiederholen. Selbst wenn die Oberfläche des zu vermessenden Objektes **7** wie eine Stahlplatte gewellt bzw. gewölbt ist, kann mit dieser Steuerung die Entfernung  $d$  zu dem zu vermessenden Objekt zuverlässig eingestellt werden, und selbst wenn sich die Entfernung zu dem zu vermessenden Objekt ändert, kann die Geschwindigkeit zuverlässig gemessen werden.

[0096] Zusätzlich zu der Anordnung, welche die beiden Lichtquellen wie in der obigen Ausführungsform verwendet, können die Lichtquellen durch einen einzelnen Zwei-Frequenzlaser ersetzt werden. In diesem Fall brauchen die optischen Lichtwege der Lichtquellen nicht mittels des dichroitischen Spiegels **20a** oder **20b** aufgeteilt werden. Lichtkomponenten mit verschiedenen Wellenlängen werden in verschiedene Richtungen mittels des dichroitischen Spiegels **23** vor der Fokussierlinse geführt, und der gleiche Effekt, wie obig beschrieben, kann erzielt werden.

[0097] In der Beschreibung der obigen Ausführungsform sind die Lichtstrahlen **14c** und **14d** divergente Strahlen. Jedoch können diese Strahlen konvergente Strahlen sein. In diesem Fall ist die Bewegungsrichtung des Hauptkörpers oder der Spiegel umgekehrt zu der in der obigen Ausführungsform.

[0098] Eine Positionsinformations-Erfassungsvorrichtung weist folgendes auf: ein erstes Erfassungssystem zum Aussenden von zwei kollimierten Lichtstrahlen auf ein zu vermessendes Objekt bei einem bestimmten Kreuzungswinkel, um Interferenzringe bzw. -streifen bei einem bestimmten Intervall auszubilden, und zum Erfassen von gestreutem Licht, welches von dem zu vermessenden Objekt durch die Interferenzringe bei dem bestimmten Intervall ausgeht; und ein zweites Erfassungssystem zum Ausstrahlen von zwei Lichtstrahlen auf das zu vermessende Objekt bei einem bestimmten Kreuzungswinkel, um Interferenzringe bzw. Interferenzstreifen auszubilden, welche einen Gradienten in einer Richtung senkrecht zu der Anordnungsrichtung der Ringe bzw. Streifen aufweisen, und zum Erfassen von gestreutem Licht, welches von dem zu vermessenden Objekt durch die den Gradienten aufweisenden Interferenzringe bzw. Interferenzstreifen ausgeht; und eine Erfassungseinheit zum Vergleichen von Ausgabesignalen von dem ersten und dem zweiten Erfassungssystem, und zum Erfassen einer relativen Positionsinformation entlang der entgegengesetzten Richtung der ersten und zweiten Erfassungssysteme des zu vermessenden Objektes.

### Patentansprüche

1. Eine Positionserfassungsvorrichtung, die folgendes aufweist:

ein erstes Erfassungssystem (**1, 2, 10, 12, 20, 21, 23, 24, 60b**) zum Aussenden von zwei parallelen bzw. kollimierten Lichtstrahlen (**14a, 14b**) auf ein zu vermessendes Objekt (**7**) unter einem Kreuzungswinkel, um Interferenzringe bzw. Interferenzstreifen bei einem bestimmten Intervall auszubilden, wobei das erste Erfassungssystem gestreutes Licht erfasst, welches von dem zu vermessenden Objekt durch die Interferenzstreifen bei dem bestimmten Intervall ausgeht, ein zweites Erfassungssystem (**1, 2, 10, 12, 20, 23, 60a**) zum Aussenden von zwei divergenten Lichtstrahlen (**14c, 14d**) auf das zu vermessende Objekt (**7**) unter einem Kreuzungswinkel, um Interferenzstreifen auszubilden, welche ein Intervall zwischen angrenzenden Interferenzstreifen aufweisen, das sich in Übereinstimmung mit einer Position entlang einer entgegengesetzten Richtung zu dem zu vermessenden Objekt abändert, wobei das zweite Erfassungssystem gestreutes Licht erfasst, welches von dem zu vermessenden Objekt durch die Interferenzstreifen ausgeht, wobei die Anordnungsrichtung der Interferenzstreifen, die durch die beiden sich kreuzenden Lichtstrahlen (**14a, 14b**) in dem ersten Erfassungssystem verursacht werden, im wesentlichen die gleiche wie die in dem zweiten Erfassungssystem ist, und das erste und zweite Erfassungssystem jeweils Ausgabesignale ausgeben, welche die Dopplerfrequenz durch die Erfassung des gestreuten Lichtes von dem Objekt (**7**) enthalten, und eine Erfassungseinrichtung (**100**) ist entlang der entgegengesetzten Richtung zu dem Objekt vorgesehen zur Erfassung der relativen Positionsinformation des zu vermessenden Objektes (**7**) mittels Vergleich der jeweils mittels des ersten und zweiten Erfassungssystems erlangten Doppler-Frequenzsignale.

2. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, ferner folgendes aufweisend: eine Geschwindigkeitsinformations-Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Bewegungsgeschwindigkeitsinformation relativ zu dem zu vermessenden Objekt (**7**) auf der Basis eines Ausgabesignals von dem ersten Erfassungssystem (**1, 2, 10, 12, 20, 21, 23, 24, 60b**).

3. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das erste und das zweite Erfassungssystem einen Lichtstrahl von einer gemeinsamen Lichtquelle (**1**) aufspalten, um zwei Paare von Lichtstrahlen (**14a**, **14b**, **14c**, **14d**) auszubilden, welche sich bei verschiedenen Positionen schneiden.

4. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, ferner eine Intervallsteuerungseinrichtung (**102a**, **102b**, **103a**, **103b**) aufweisend zur Steuerung eines Intervalls zwischen dem ersten und zweiten Erfassungssystem und dem zu vermessenden Objekt (**7**) auf der Basis eines Erfassungsergebnisses von der Erfassungseinrichtung (**100**).

5. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, ferner eine Kreuzungspositions-Steuerungseinrichtung aufweisend zum Abändern einer Beziehung zwischen dem Erfassungssystem und der Kreuzungsposition der beiden Strahlen in jedem der ersten und zweiten Erfassungssysteme auf der Basis eines Erfassungsergebnisses von der Erfassungseinrichtung (**100**).

6. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei jeweils das erste und das zweite Erfassungssystem Lichtquellen (**1a**, **1b**) aufweisen, die verschiedene Ausgabelichtwellenlängen haben, und jedes zwei Lichtstrahlen führt, die von einem von der entsprechenden Lichtquelle (**1a**, **1b**) emittierten Lichtstrahl ausgebildet sind, um sich gegenseitig zu schneiden.

7. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei das erste und zweite Erfassungssystem die Lichtstrahlen von den entsprechenden Lichtquellen (**1a**, **1b**) zu dem zu vermessenden Objekt (**7**) über ein gemeinsames optisches System (**10**, **11**, **12**, **20a**) führen.

8. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei jeweils das erste und das zweite Erfassungssystem die beiden Lichtstrahlen führen, um sie bei einer im wesentlichen der gleichen Position an dem zu vermessenden Objekt (**7**) zu kreuzen.

9. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Erfassungseinrichtung (**100**) eine Entfernung zu dem zu vermessenden Objekt (**7**) entlang der entgegengesetzten Richtung erfasst.

10. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Erfassungseinrichtung (**100**) erfasst, ob oder ob nicht das zu vermessende Objekt (**7**) an einer geeigneten Position in der entgegengesetzten Richtung vorhanden ist.

11. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei das erste und dass zweite Erfassungssystem einen Lichtstrahl von einer gemeinsamen Lichtquelle (**1**) aufteilen, um zwei Paare von Lichtstrahlen (**14a**, **14b**, **14c**, **14d**) auszubilden, welche sich bei verschiedenen Positionen kreuzen.

12. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, ferner eine Intervallsteuerungseinrichtung (**102a**, **102b**, **103a**, **103b**) aufweisend zum Steuern eines Intervalls zwischen dem ersten und zweiten Erfassungssystem und dem zu vermessenden Objekt (**7**) auf der Basis eines Erfassungsergebnisses von der Erfassungseinrichtung (**100**).

13. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, ferner eine Kreuzungspositions-Steuerungseinrichtung aufweisend zum Abändern einer Beziehung zwischen dem Erfassungssystem und der Kreuzungsposition der beiden Strahlen in jedem der ersten und zweiten Erfassungssysteme auf der Basis eines Erfassungsergebnisses von der Erfassungseinrichtung (**100**).

14. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei jeweils das erste und zweite Erfassungssystem Lichtquellen (**1a**, **1b**) aufweisen, die verschiedene Ausgabelichtwellenlängen haben, und jedes zwei Lichtstrahlen (**13a**, **13b**, **13c**, **13d**) führen, die von einem der entsprechenden Lichtquelle (**1a**, **1b**) emittierten Lichtstrahlen ausgebildet sind, um sich gegenseitig zu kreuzen.

15. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei das erste und zweite Erfassungssystem die Lichtstrahlen (**13a**, **13b**, **13c**, **13d**) von den entsprechenden Lichtquellen (**1a**, **1b**) zu dem zu vermessenden Objekt (**7**) über ein gemeinsames optisches System (**10**, **11**, **12**, **20a**) führen.

16. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei jeweils das erste und zweite Erfassungssystem die beiden Lichtstrahlen führen, um sie bei im wesentlichen der gleichen Position an dem zu vermessenden Objekt (**7**) zu schneiden.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

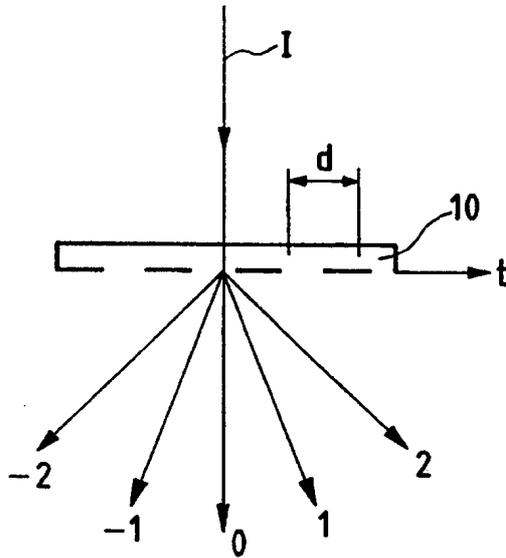


FIG. 1B

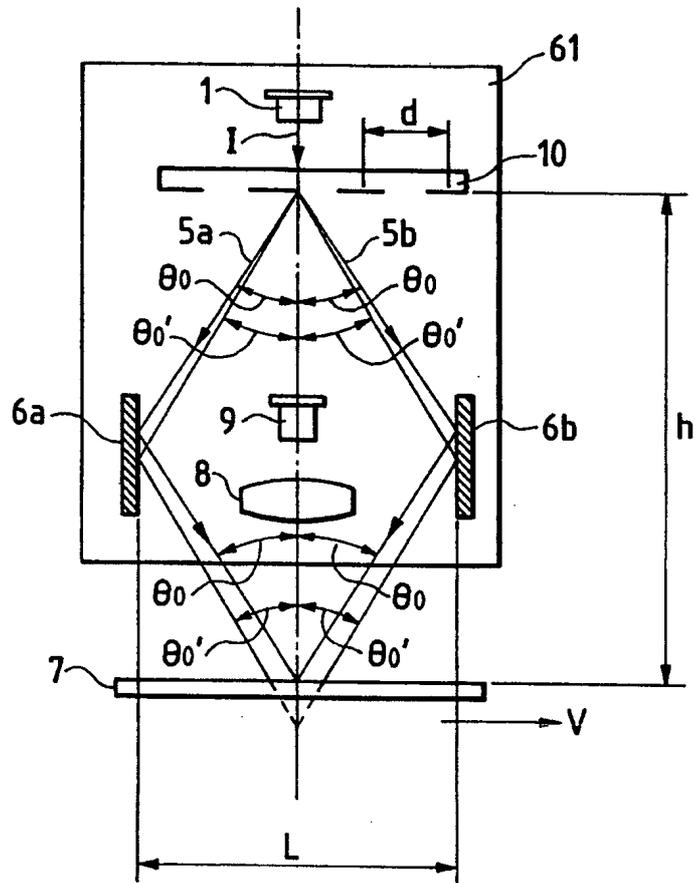


FIG. 1C

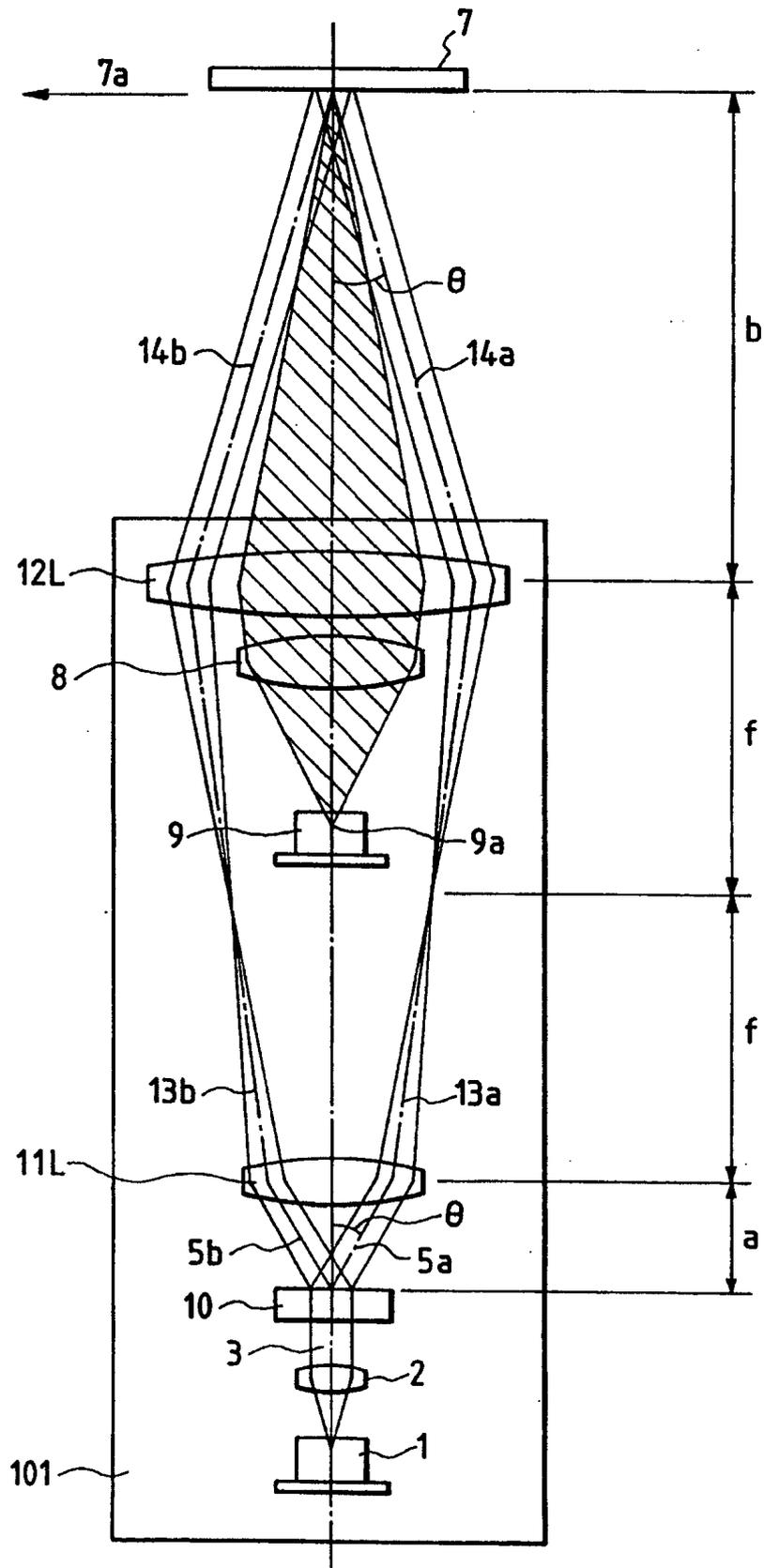


FIG. 2A

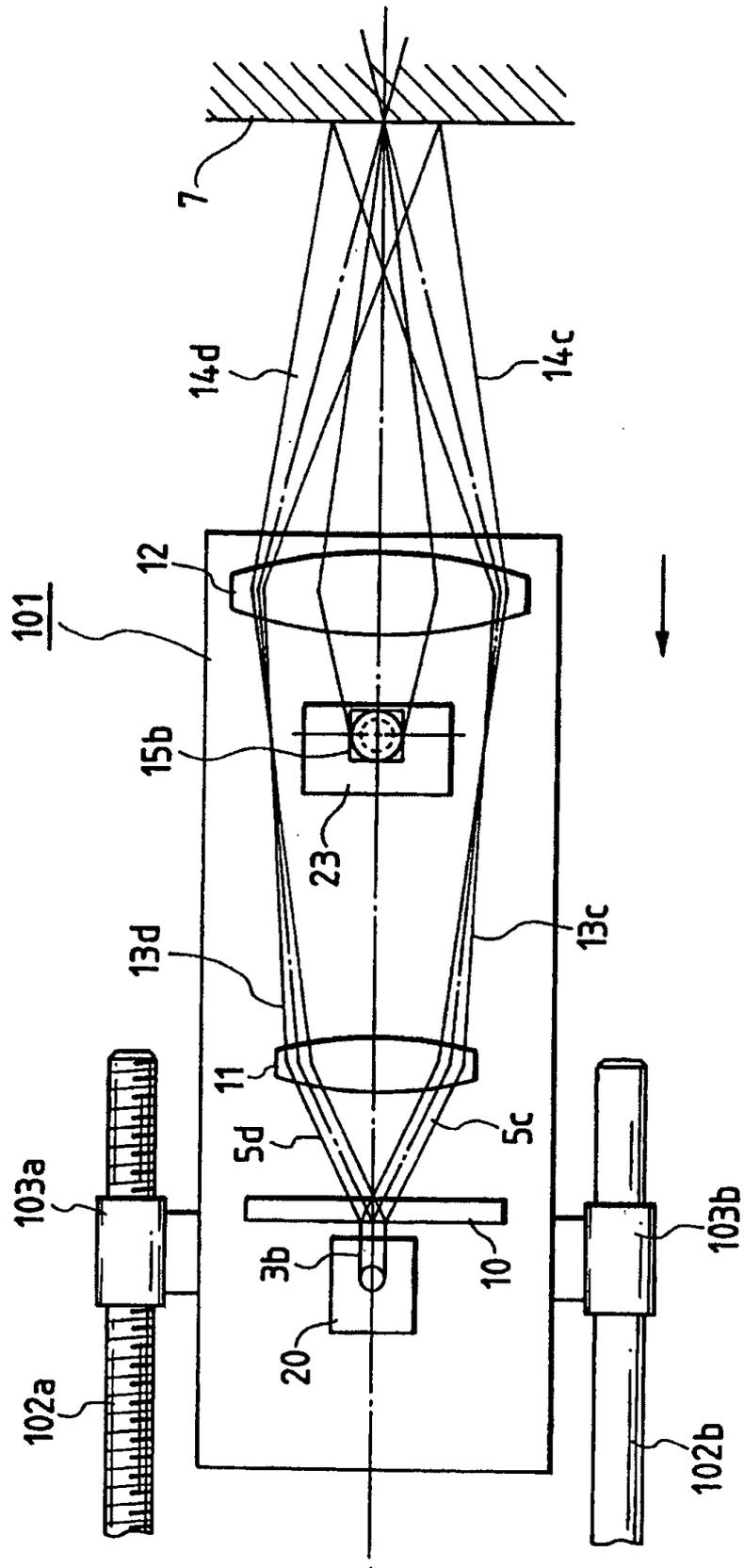


FIG. 2B

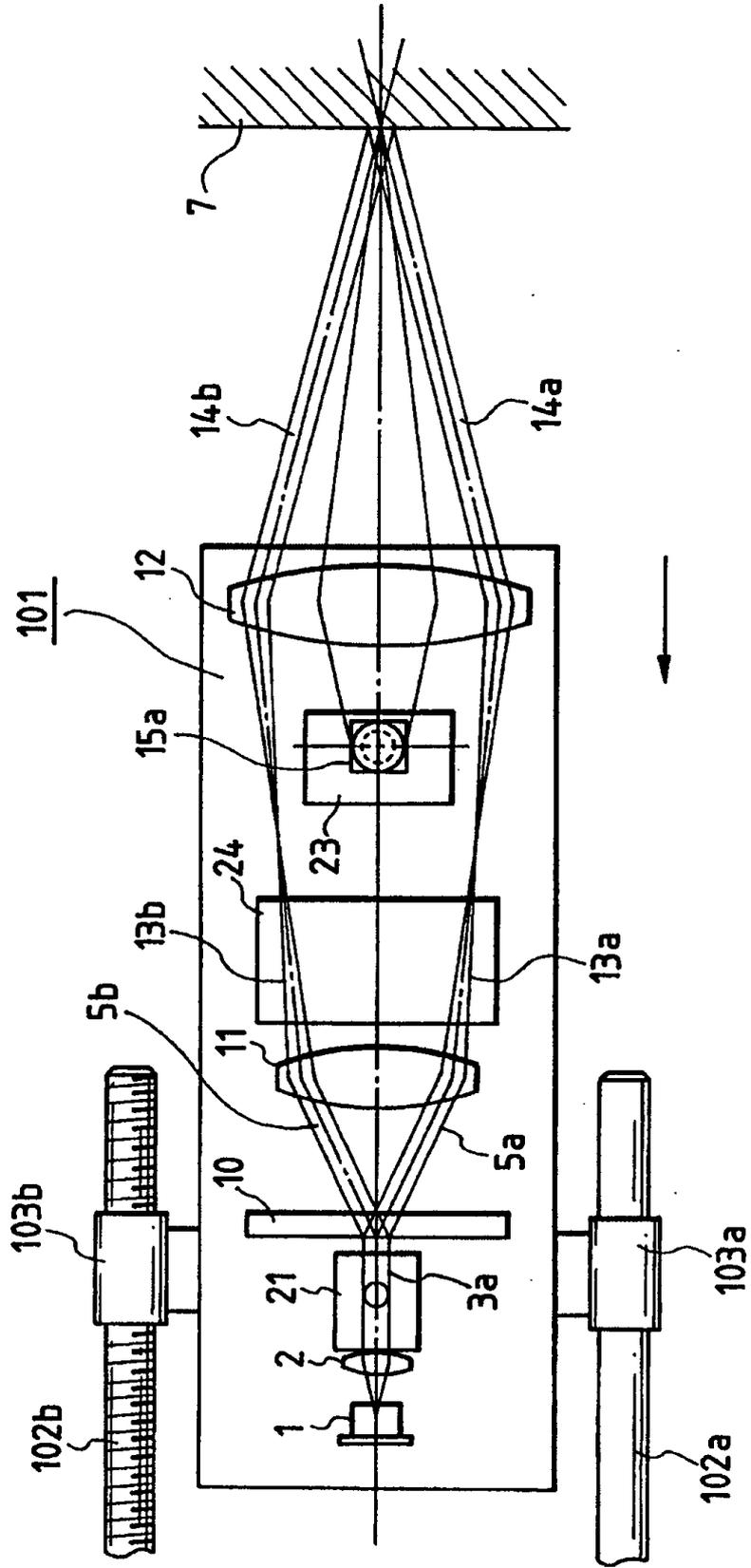


FIG. 2C

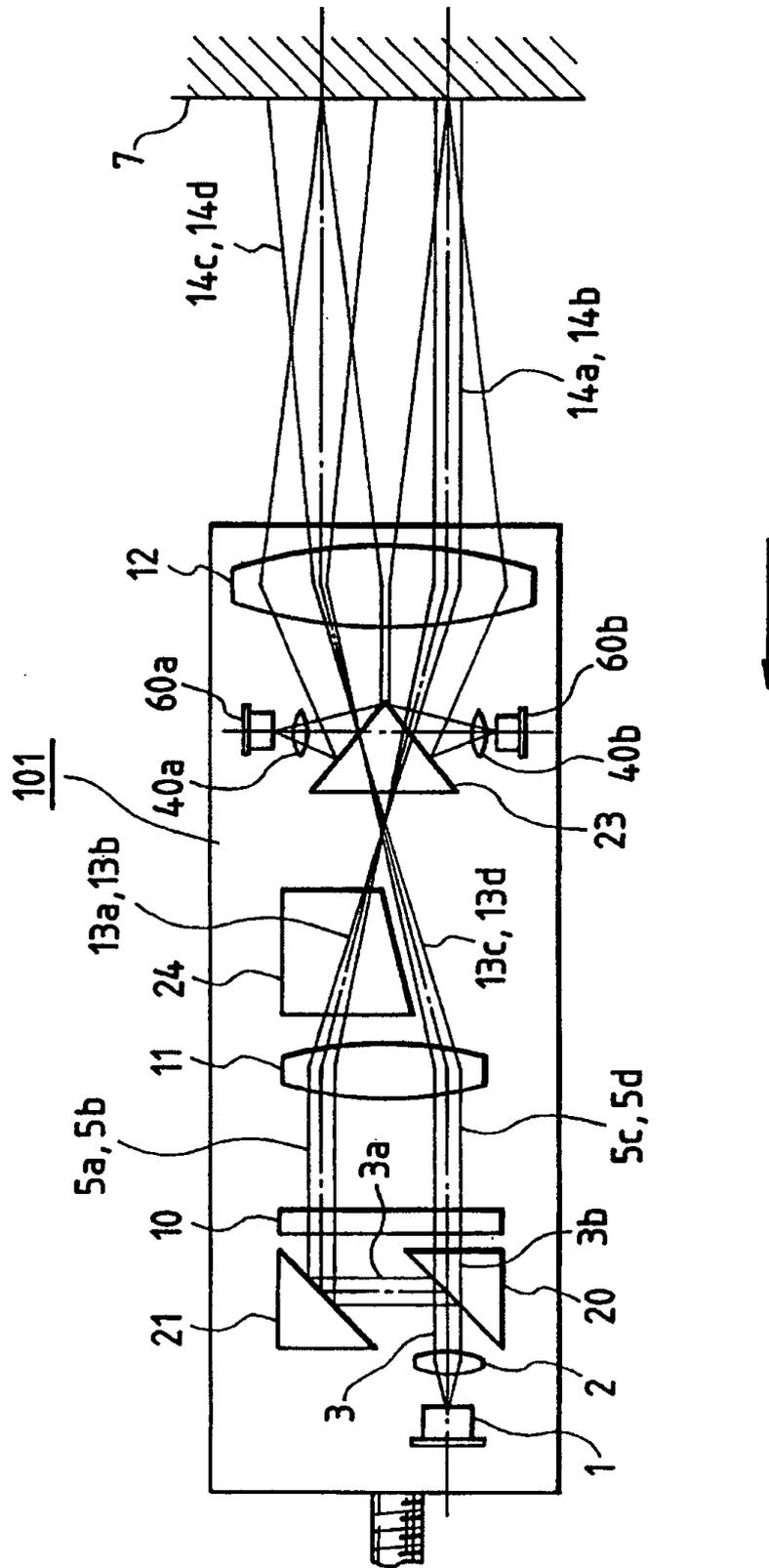


FIG. 3

FIG. 3A
FIG. 3B

FIG. 3A

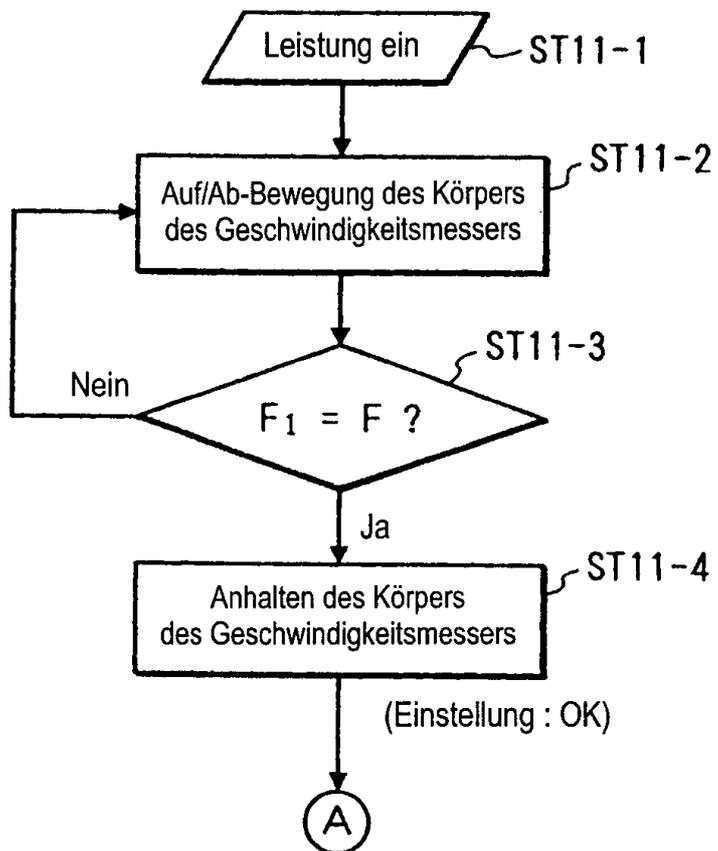


FIG. 3B

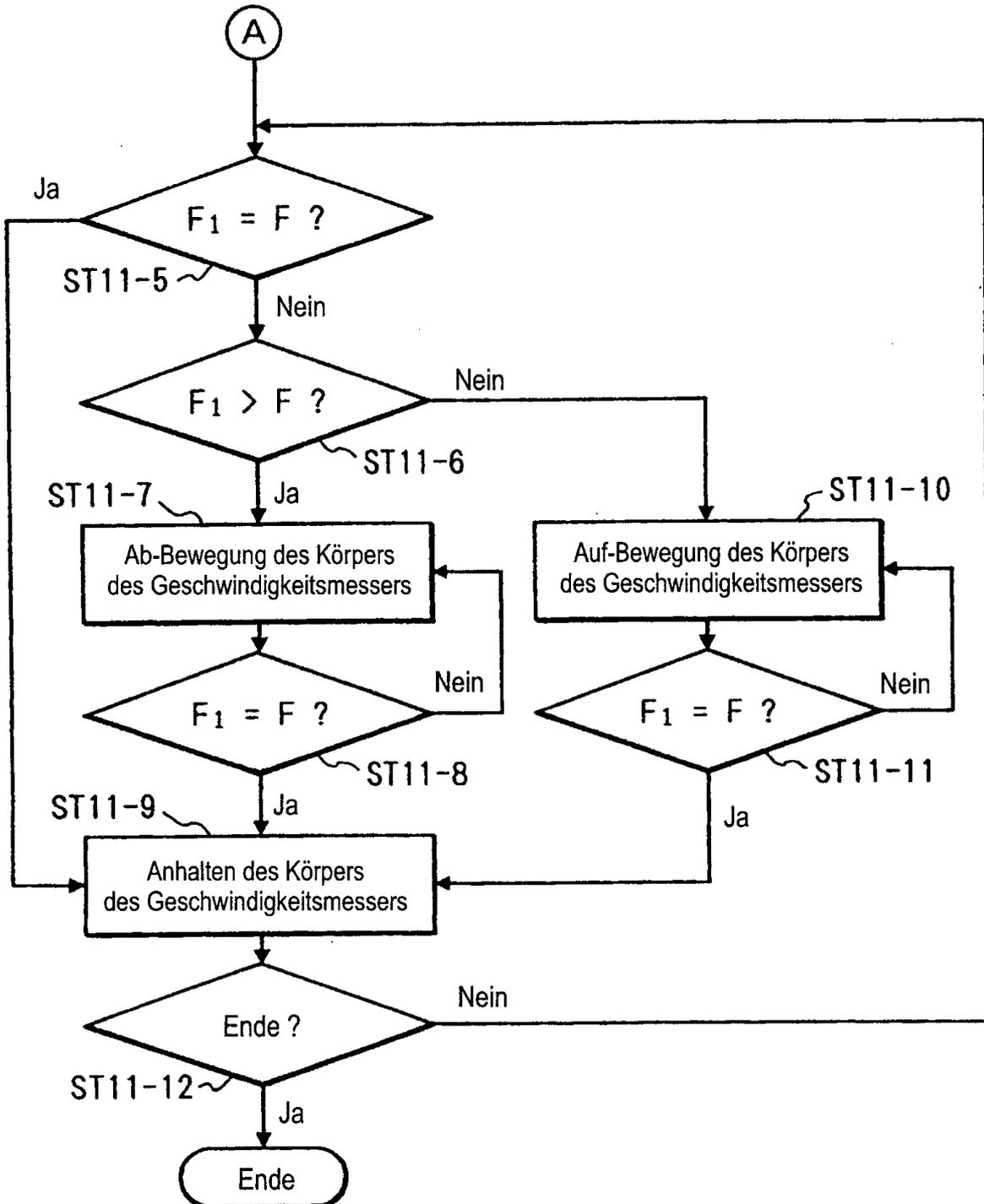




FIG. 5

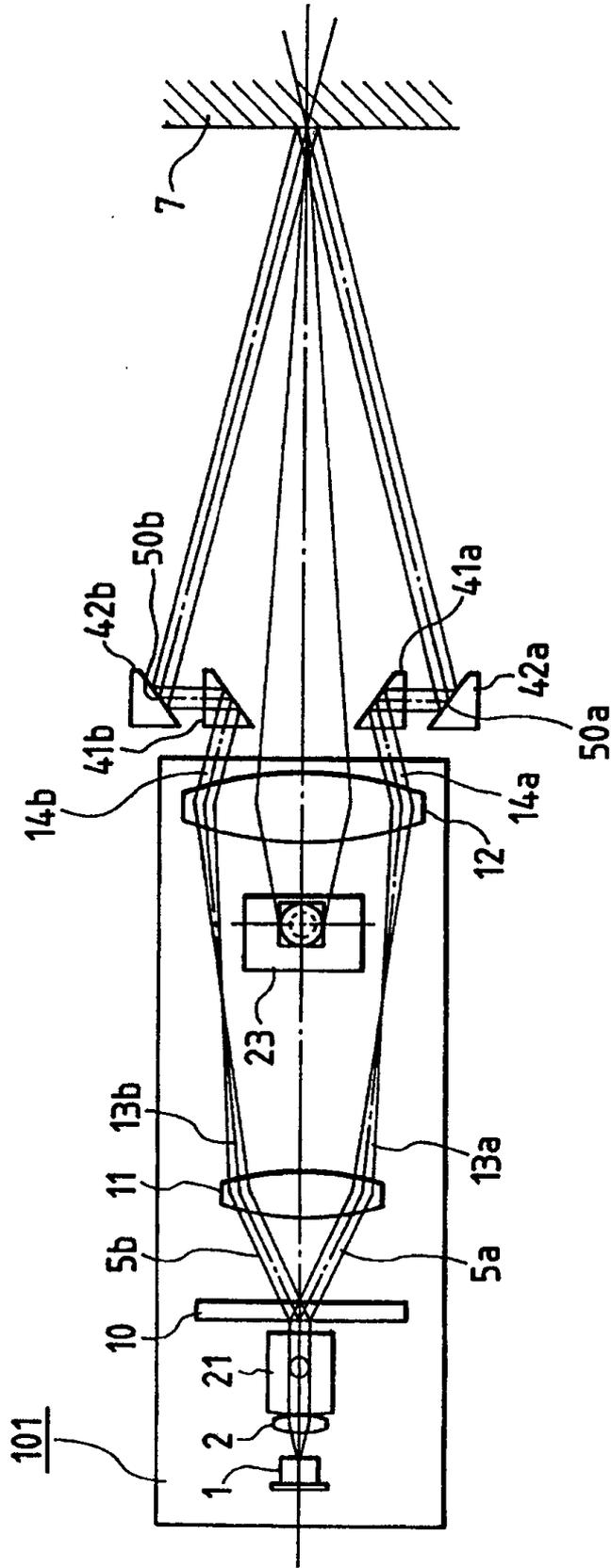
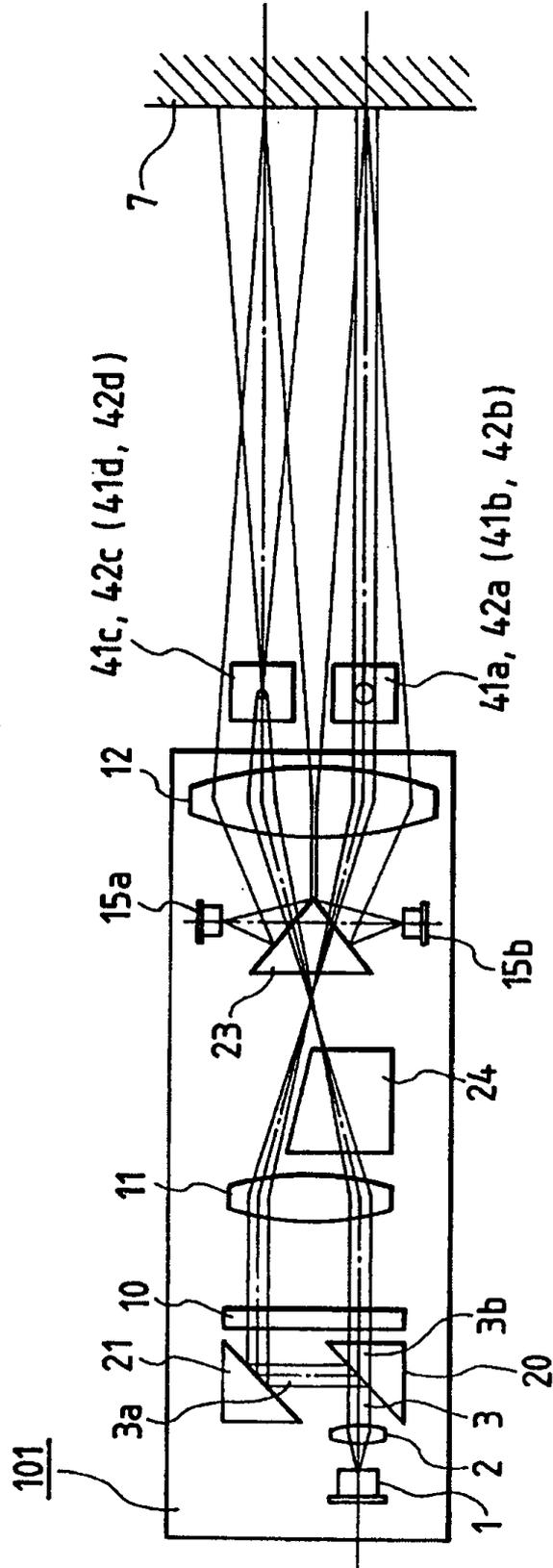


FIG. 6



**FIG. 7**

FIG. 7A
FIG. 7B

**FIG. 7A**

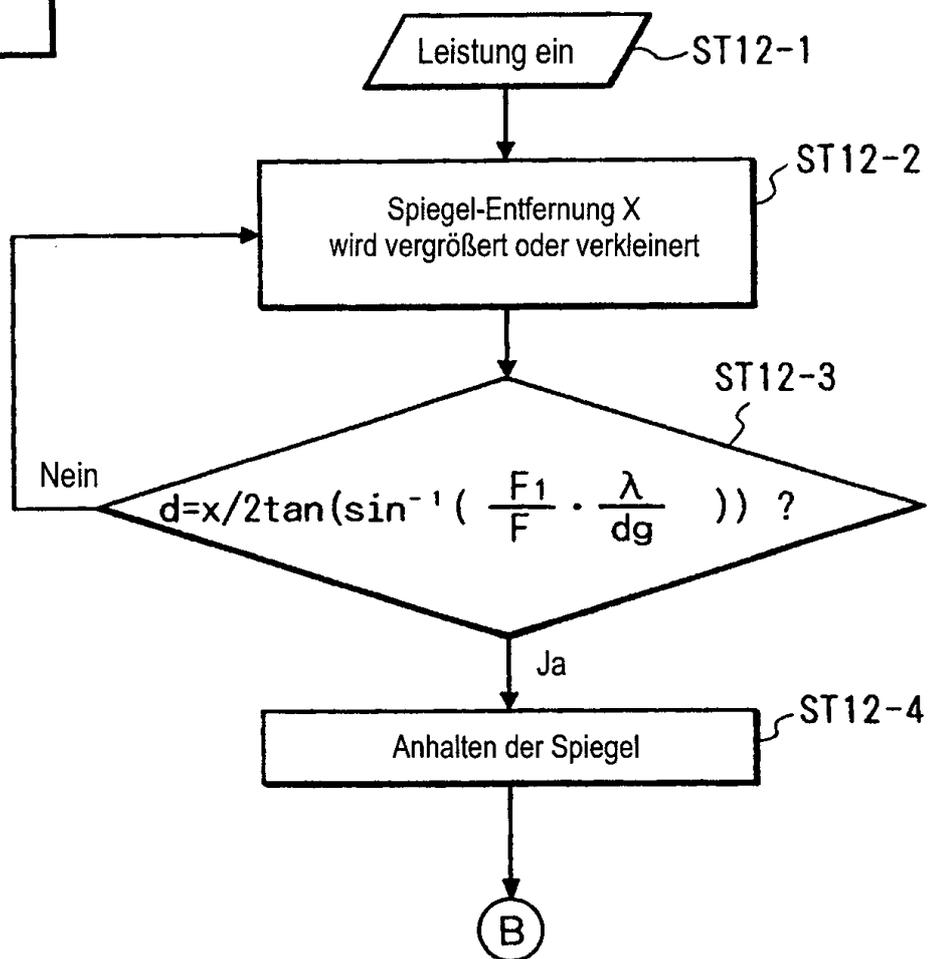


FIG. 7B

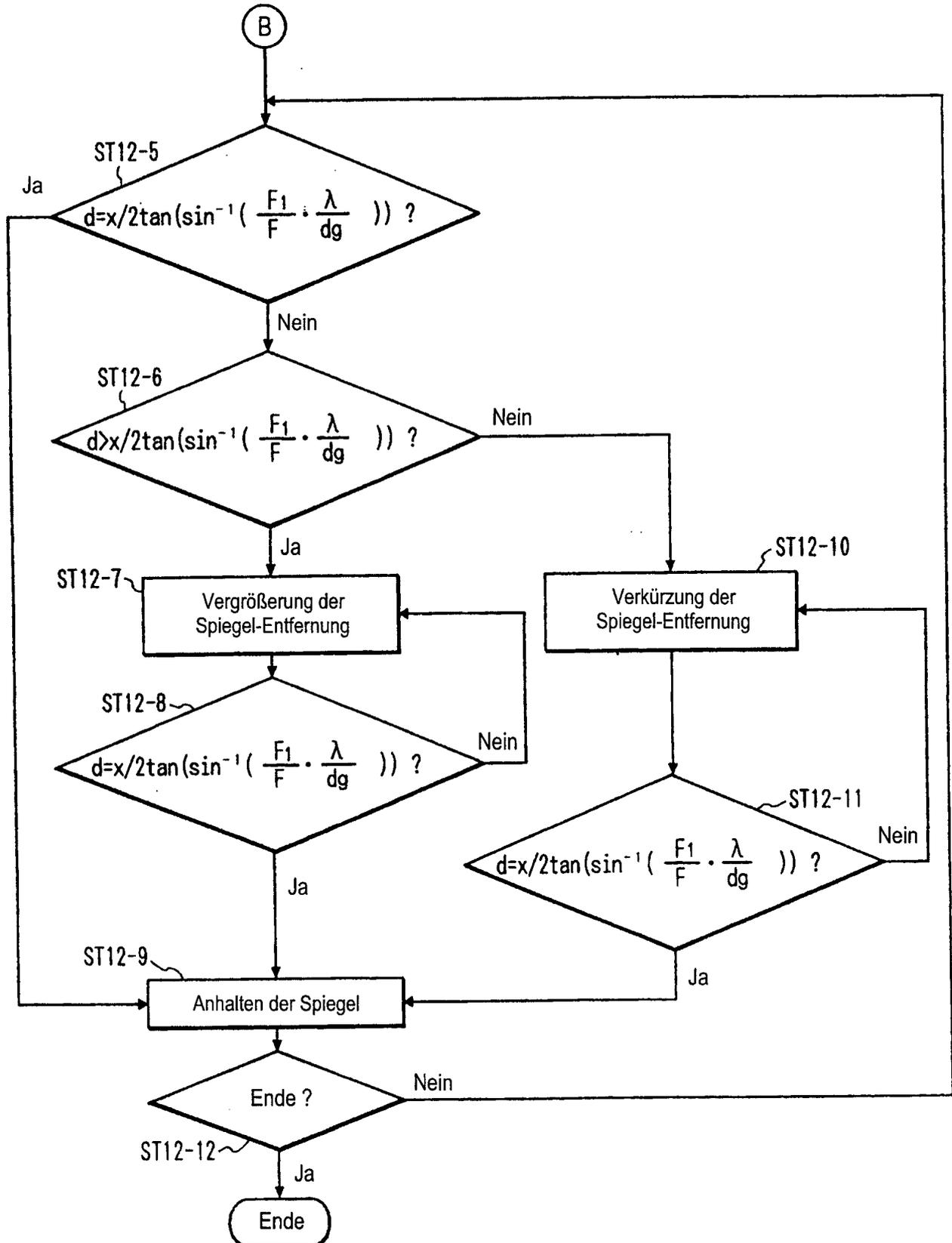


FIG. 8

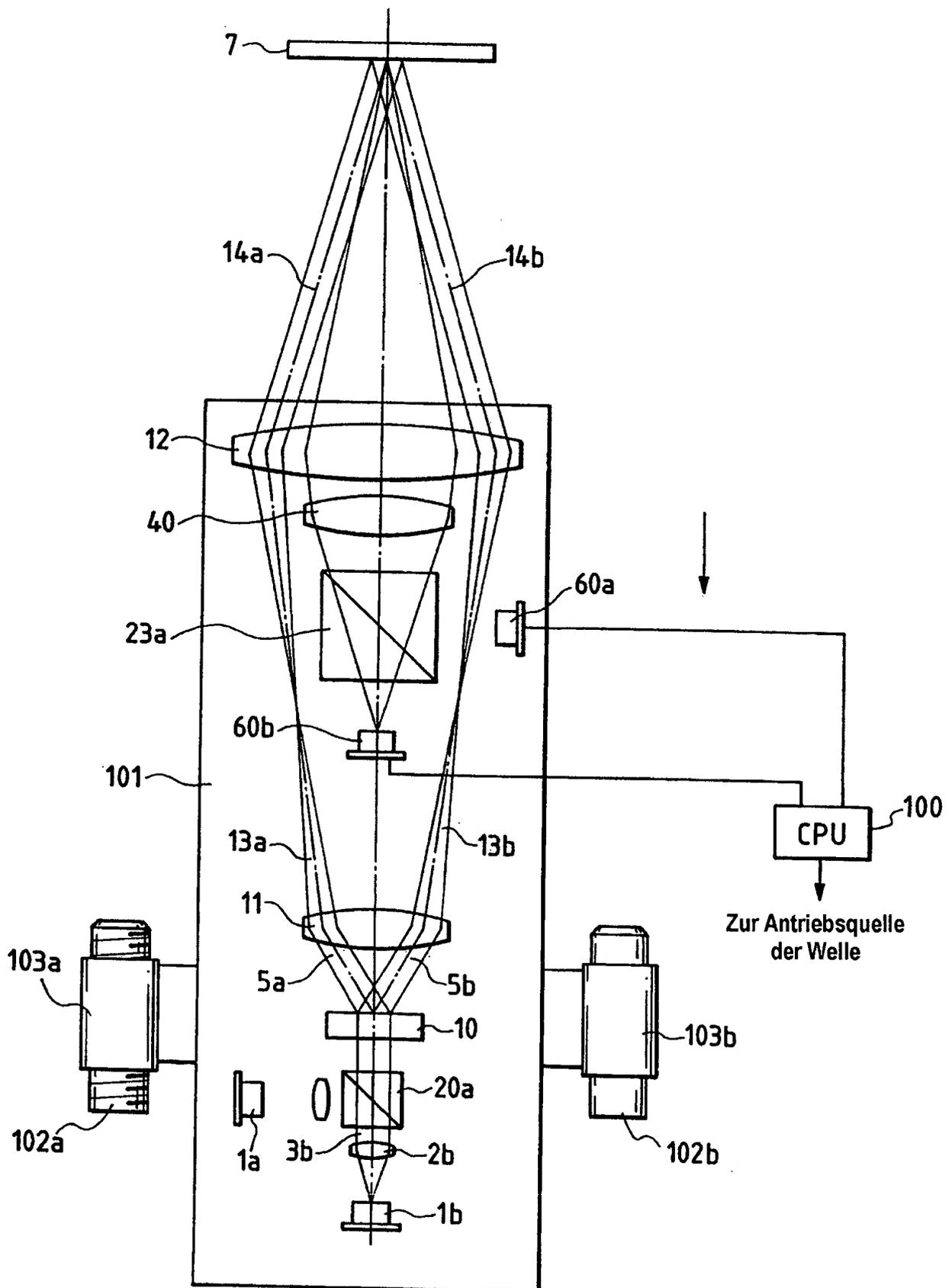


FIG. 9

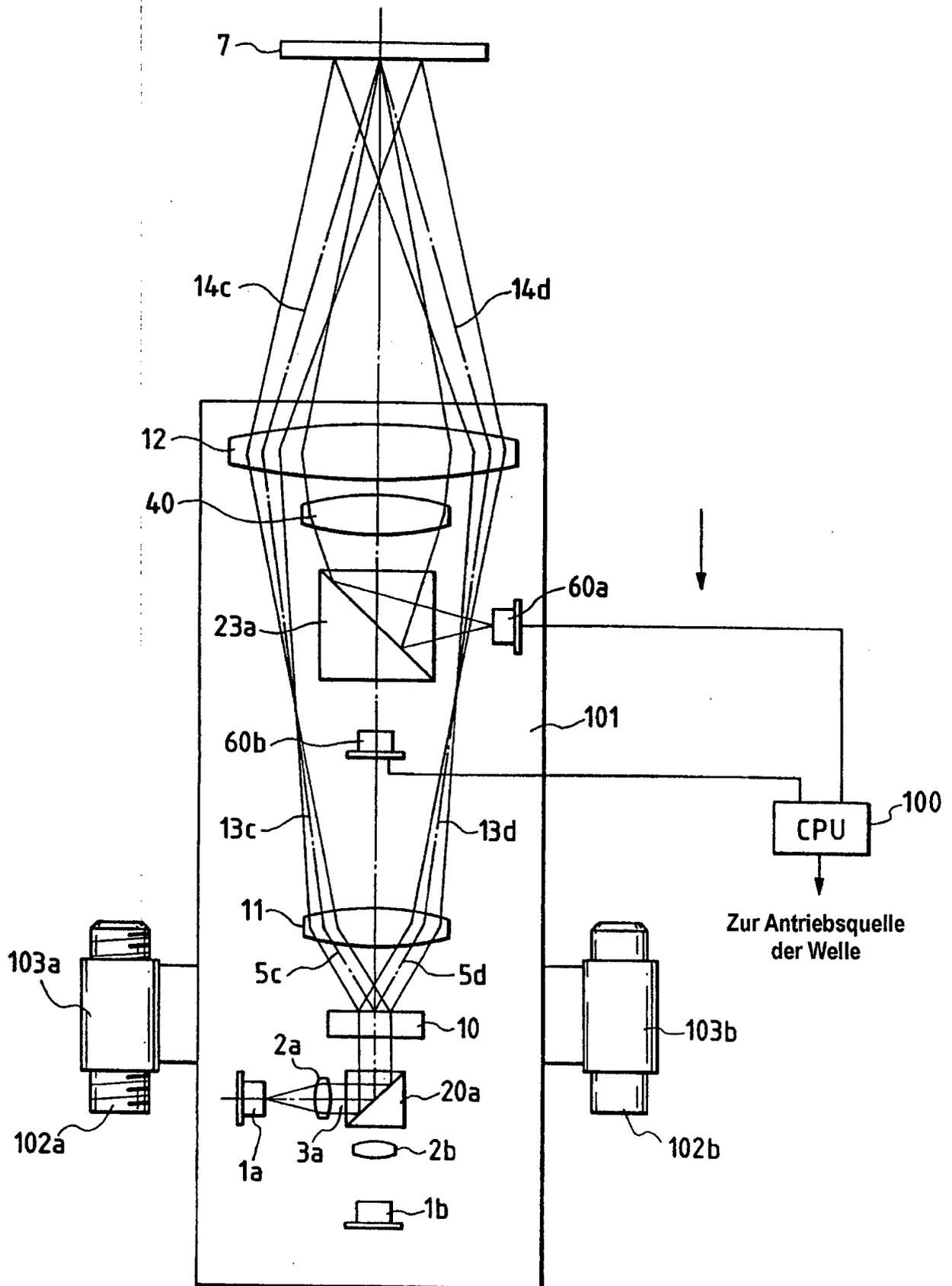


FIG. 10

FIG. 10A
FIG. 10B

FIG. 10A

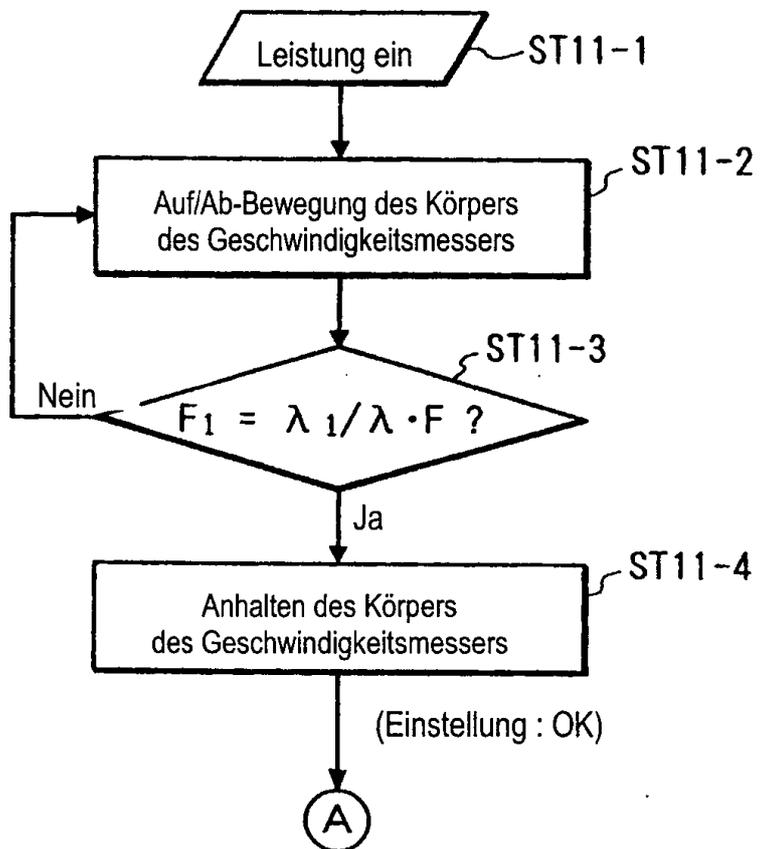


FIG. 10B

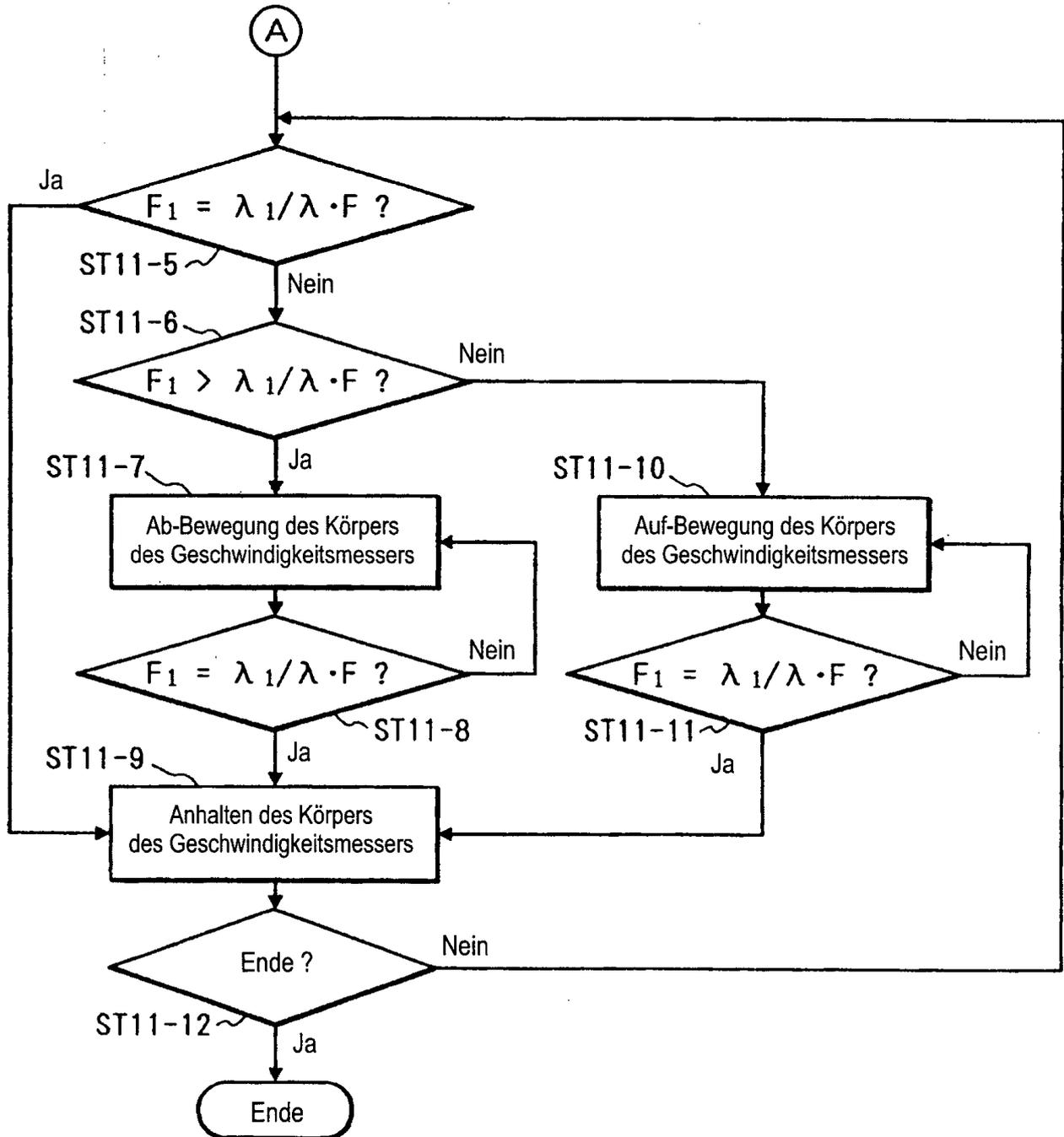


FIG. 11

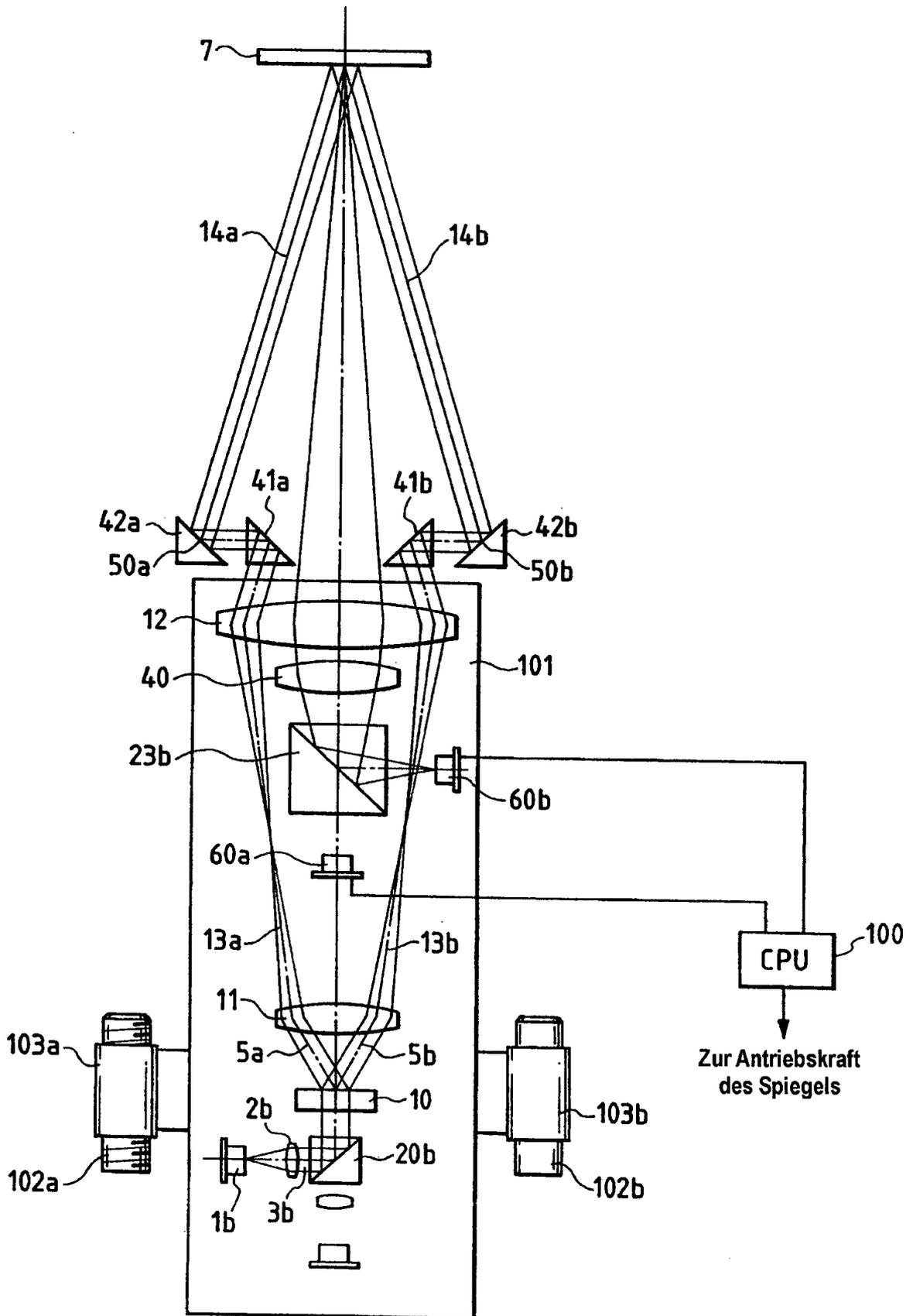
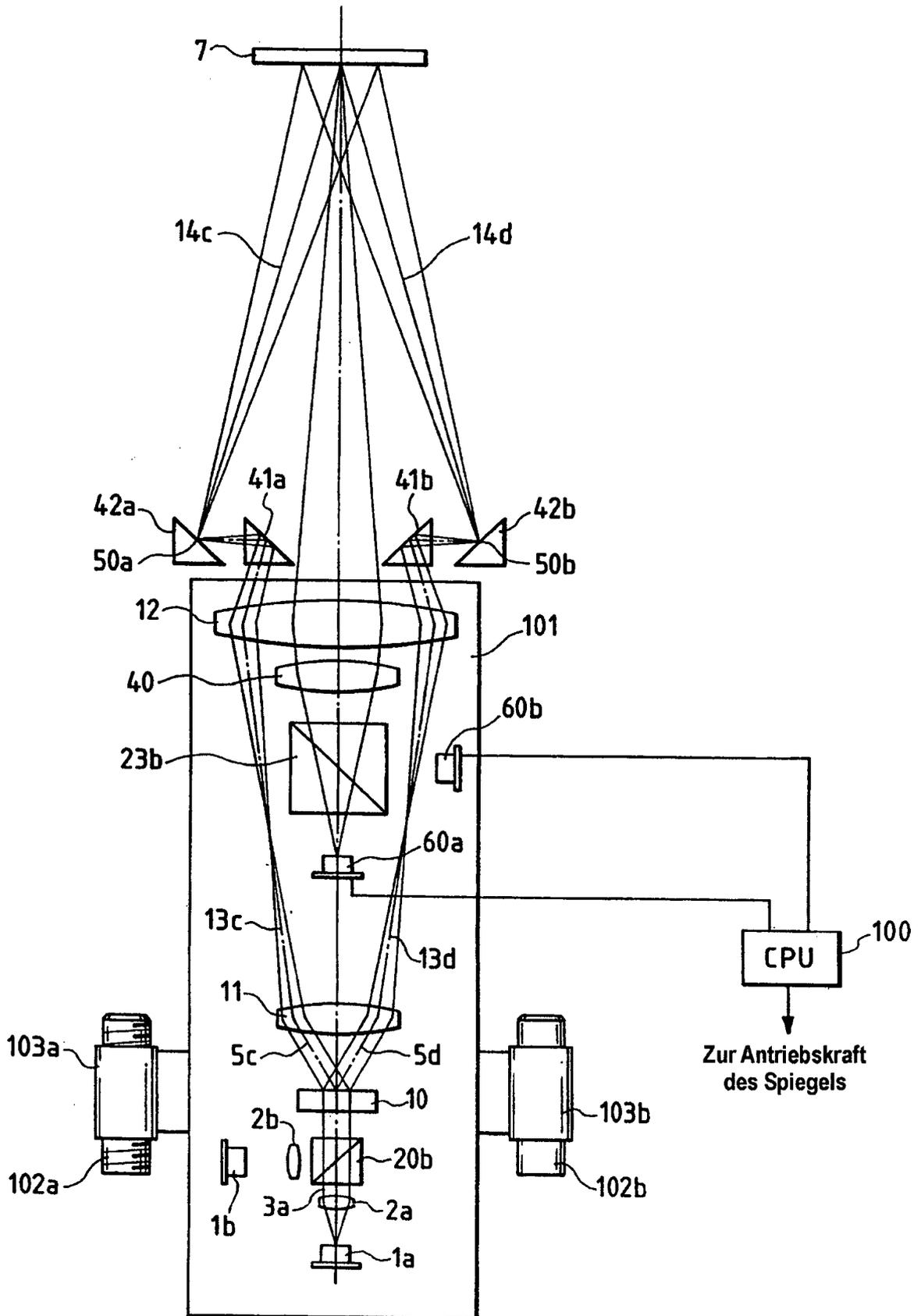


FIG. 12



**FIG. 13**

FIG. 13A
FIG. 13B

**FIG. 13A**

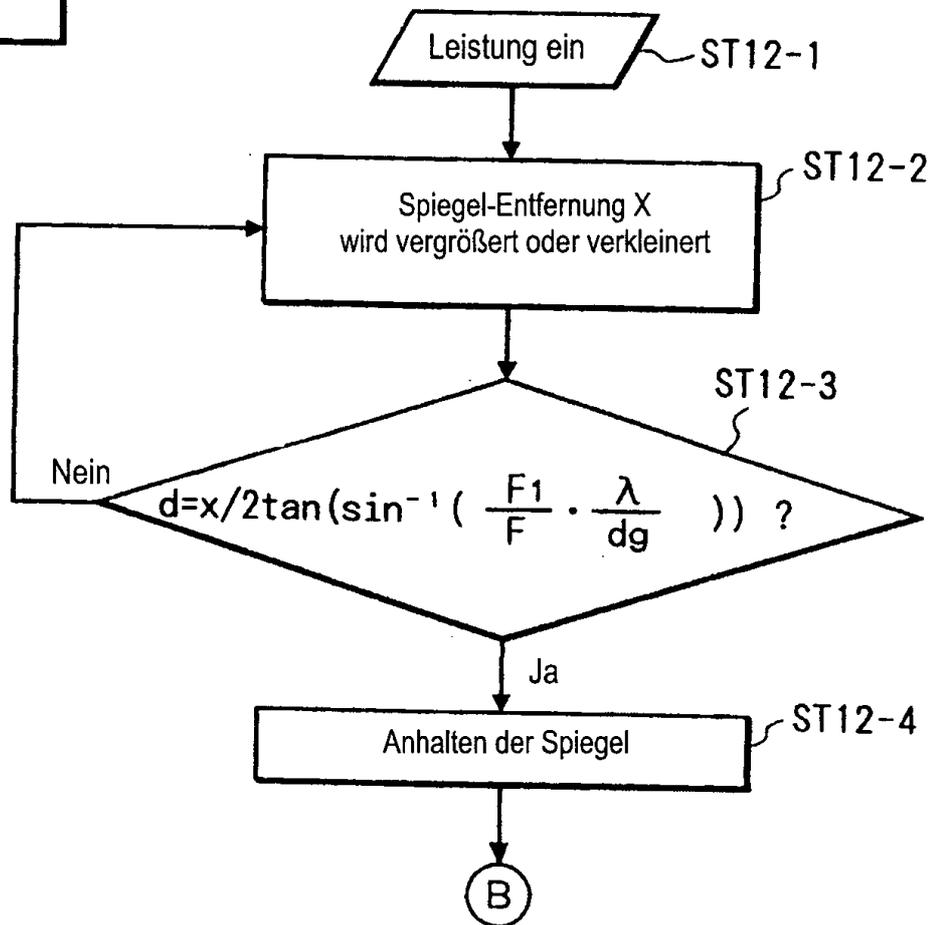


FIG. 13B

