



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 706 633 A2**

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **G01S 17/66 (2006.01)**
G01S 7/499 (2006.01)
G01S 17/06 (2006.01)
H01S 3/134 (2006.01)

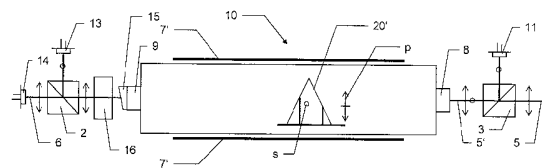
(12) **PATENTANMELDUNG**

<p>(21) Anmeldenummer: 01151/13</p> <p>(22) Anmeldedatum: 19.06.2013</p> <p>(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.12.2013</p> <p>(30) Priorität: 25.06.2012 EP 12173435.4</p>	<p>(71) Anmelder: Leica Geosystems AG, Heinrich-Wild-Strasse 9435 Heerbrugg (CH)</p> <p>(72) Erfinder: Thomas Lüthi, 8400 Winterthur (CH)</p> <p>(74) Vertreter: KAMINSKI HARMANN PATENTANWÄLTE AG, Landstrasse 124 9490 Vaduz (LI)</p>
---	---

(54) **Lasertracker und Verfahren mit einem Gaslaser und verbesserter Wellenlängenstabilisierung des Gaslasers.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Lasertracker zur Bestimmung von Koordinaten von Raumpunkten, mit mindestens einem Interferometer für eine Distanzmessung und einem als Interferometer-Lichtquelle dienenden Gaslaser (10), insbesondere einem Helium-Neon-Laser (10), zur Aussendung von Laserlicht mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisationen zueinander aufweisen.

Zur Wellenlängenstabilisierung des vom Gaslaser (10) ausgestrahlten Laserlichts sind dabei sowohl ein erster als auch – erfindungsgemäss – ein zweiter Detektor (13 bzw. 14) zur Erfassung einer ersten bzw. einer zweiten Intensität von einem die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil bzw. die zweite Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts vorgesehen. Ferner ist ein Regelschaltkreis zur Erzeugung eines zur Wellenlängenstabilisierung dienenden Regelungssignals vorhanden, wobei gemäss eines die Erfindung betreffenden Verfahrens der Regelschaltkreis das Regelungssignal für die Wellenlängenstabilisierung nun sowohl in Abhängigkeit von der erfassten ersten als auch von der erfassten zweiten Intensität erzeugt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Lasertracker zur Bestimmung von Koordinaten von Raumpunkten, mit mindestens einem Interferometer für eine Distanzmessung und einem Gaslaser, insbesondere einem Helium-Neon-Laser (HeNe-Laser), zur Aussendung von Laserlicht einer vorgegebenen Wellenlänge für die Distanzmessung durch das Interferometer. Der Gaslaser weist eine Laserröhre auf und ist ausgebildet zur Aussendung von Laserlicht mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisationen zueinander aufweisen.

[0002] Die Erfindung betrifft auch ein, insbesondere mit dem erfindungsgemässen Lasertracker ausführbares, Verfahren zur Stabilisierung der Wellenlänge eines von einem Gaslaser für ein Interferometer eines Lasertrackers ausgestrahlten Laserlichts.

[0003] Lasertracker als Koordinaten-Messgeräte enthalten mindestens einen Distanzmesser. Dazu kann für höchste Genauigkeit und Messdynamik ein Interferometer vorgesehen sein. Da mit einem Interferometer nur relative Distanzänderungen gemessen werden können, sind heutige Lasertracker teilweise zusätzlich mit einem Absolutdistanzmesser ausgestattet.

[0004] Für die in Lasertrackern eingesetzten Interferometer wird als Lichtquelle typischerweise ein Gaslaser, insbesondere ein HeNe-Laser, verwendet. Die von dem Laser emittierte Wellenlänge definiert den Längenmassstab der Distanzmessung durch das Interferometer.

[0005] Gaslaser weisen dabei aufgrund sehr scharf definierter atomarer und/oder molekularer Energieniveaus, in die Elektronen befördert werden oder von denen Elektronen auf energetisch tiefere Energieniveaus zurückkehren können, vergleichsweise schmale Emissionslinien auf. Deswegen ist der Gaslaser, insbesondere der HeNe-Laser, eine bevorzugte Lichtquelle für die Metrologie (und teilweise auch Geodäsie), insbesondere für einen nach dem interferometrischen Prinzip distanzmessenden Lasertracker.

[0006] Die Breite der Gainkurve eines HeNe-Lasers bei einer Emissionswellenlänge von 633 nm ist ca. 1.5 GHz, was ca. 3 ppm entspricht (1 ppm entspricht 474 MHz).

[0007] Die in hochklassigen Lasertrackern zurzeit spezifizierte Wellenlängenstabilität ist deutlich besser, beispielsweise ± 0.3 ppm. Dabei wird ausgenutzt, dass sich im Resonator eines HeNe-Lasers linear polarisierte Longitudinalmoden mit konstantem Frequenzabstand $\Delta\nu = c / (2 \cdot l)$ (c : Lichtgeschwindigkeit, l : Abstand der beiden Laserspiegel) ausbilden, wobei aufeinanderfolgende Moden stets orthogonale Polarisationen aufweisen. Die in Lasertrackern verwendeten HeNe-Laser sind typischerweise ca. 0.2 m lang, womit zwei, maximal drei Longitudinalmoden im Gainprofil Platz haben. Typischerweise besteht die Stabilisierung aus einer HeNe-Röhre mit einer Möglichkeit, die Länge des Resonators (d.h. den Abstand der Laserspiegel) und damit die Wellenlänge zu verändern, z.B. mittels einer Kombination von Heizung und Kühlung.

[0008] Dabei ist bekannt, im emittierten Hauptstrahl des Lasers einen polarisierenden Strahlteiler (PBS) anzuordnen, welcher zu den linearen Polarisationen der Laserröhre so ausgerichtet ist, dass ein die erste linear polarisierte Longitudinalmode aufweisender erster Anteil des Laserlichts (z.B. s-polarisiertes Licht) reflektiert und ein – die zur ersten Longitudinalmode orthogonal polarisierte, zweite Longitudinalmode – aufweisender zweiter Anteil des Laserlichts (z.B. p-polarisiertes Licht) als Interferometer-Messstrahlung transmittiert wird. Das vom PBS reflektierte s-polarisierte Laserlicht wird von einem Detektor detektiert und liefert ein Regelungssignal.

[0009] Die aus dem Stand der Technik für einen Lasertracker bekannte Stabilisierung auf eine Wellenlänge erfolgt so, dass die Röhre so in der Länge verändert wird, dass das Detektorsignal (also die erfasste Intensität des detektierten s-polarisierten Lichts) konstant bleibt. Dadurch wird die s-polarisierte Longitudinalmode innerhalb eines Intervalls Δl in Ihrer Intensität festgehalten. Durch das fixe Gainprofil ist diese Mode nun auch innerhalb eines Intervalls $\Delta\lambda$ in Ihrer Wellenlänge festgehalten. Durch den festen Abstand der Longitudinalmoden ist damit nun auch die p-polarisierte Longitudinalmode (d.h. das als Interferometer-Messstrahlung dienende Nutzlicht) in ihrer Wellenlänge festgehalten und stabilisiert.

[0010] Der Zielwert des Detektorsignals kann entweder fest vorgegeben sein oder bei jedem Neustart neu bestimmt werden (z.B. als fester Prozentwert des beim Modendurchlauf gemessenen Extremwerts).

[0011] Nachteil dieser Regelungsmethode gemäss des Stands der Technik für Lasertracker ist, dass Leistungsänderungen der Laserröhre im Betrieb (z.B. durch Verbiegen der Laserröhre) oder auch durch Alterung bedingte Leistungsänderungen nicht abgefangen werden. Eine Leistungsänderung entspricht einem Verschieben des Gainprofils zu höherer oder niedrigerer Intensität, bei einer gleichartigen Profillform als Funktion der Wellenlänge.

[0012] Wird die Intensität des vom PBS reflektierten s-polarisierten Laserlichts konstant gehalten, so ändert sich dessen Wellenlänge und damit auch die Wellenlänge des vom PBS transmittierten, um $\Delta\nu$ gegenüber dem s-polarisierten Licht frequenzverschobenen p-polarisierten Lichts, das nachfolgend auch als «Nutzlicht» bezeichnet wird.

[0013] Dadurch kann nachteilig die stabilisierte Wellenlänge im Betrieb oder innerhalb der Lebensdauer der Röhre unerwünschterweise leicht driften.

[0014] Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines verbesserten Lasertrackers, insbesondere mit einer verbesserten Wellenlängenstabilisierung für den als Lichtquelle für das Interferometer des Lasertrackers dienenden Gaslaser.

[0015] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass sowohl die Intensität von einer ersten Longitudinalmode und einer – zur ersten Longitudinalmode orthogonal polarisierten – zweiten Longitudinalmode des Laserlichts detektiert werden und die Wellenlängenstabilisierung nun in Abhängigkeit von einem korrelierten (gemeinsamen) Berücksichtigen von sowohl der erfassten ersten als auch der erfassten zweiten Intensität erfolgt, insbesondere beruhend auf einem intensitätsabsolutwertunabhängigen Verhältnis zwischen der erfassten ersten Intensität und der erfassten zweiten Intensität.

[0016] Vorteilhaft kann durch diese erfindungsgemässe Detektion und Berücksichtigung von zweien orthogonal polarisierten Longitudinalmoden des Laserlichts im Rahmen der Wellenstabilisierungs-Regelung der in dem Lasertracker als Interferometerlichtquelle verwendete Gaslaser besser als aus dem Stand der Technik für Lasertracker bekannt in seiner Emissionswellenlänge stabilisiert werden. Dadurch wird vorteilhaft ermöglicht, einen Einfluss von Leistungsänderungen und Alterungseffekten der Laserröhre auf die zu stabilisierende Emissionswellenlänge des Gaslasers abzufangen und die Wellenlängenstabilität um etwa eine Grössenordnung zu verbessern, was z.B. eine Akkreditierung eines optional zusätzlich im Lasertracker vorgesehenen Absolutdistanzmessers deutlich verlässlicher bzw. überhaupt erst brauchbar durchführbar macht.

[0017] Ein erfindungsgemässer Lasertracker zur Bestimmung von Koordinaten von Raumpunkten ist dabei ausgestattet mit mindestens

- einem für eine Distanzmessung vorgesehenen Interferometer,
- einem eine Laserröhre aufweisenden Gaslaser als Interferometer-Lichtquelle zur Aussendung von Laserlicht mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisationen zueinander aufweisen,
- einem ersten Detektor zur Erfassung einer ersten Intensität von einem die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts,
- einem polarisationsabhängigen Filter zur Erzeugung einer nur die zweite Longitudinalmode aufweisenden Interferometer-Messstrahlung mit definierter Messwellenlänge aus dem Laserlicht, und
- einem Wellenlängenstabilisierungsmittel für den Gaslaser sowie einem Regelschaltkreis zur Erzeugung eines zur Wellenlängenstabilisierung dienenden Regelungssignals in Abhängigkeit von der erfassten ersten Intensität, welches dem Wellenlängenstabilisierungsmittel zuführbar ist.

[0018] Gemäss des Kerns der Erfindung

- ist ferner nun ein zweiter Detektor zur Erfassung einer zweiten Intensität von einem die zweite Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts vorgesehen und
- erzeugt der Regelschaltkreis das Regelungssignal in Abhängigkeit von zusätzlich der erfassten zweiten Intensität, d.h. also in Abhängigkeit von einem gemeinsamen, korrelierten Berücksichtigen von sowohl der erfassten ersten als auch der erfassten zweiten Intensität.

[0019] Insbesondere kann gemäss einer speziellen Ausführungsform in einem Strahlengang von durch den Gaslaser emittiertem Laserlicht ein polarisationsabhängiger Strahlteiler (PBS) angeordnet sein, welcher zu den linearen Polarisationen der Laserröhre so ausgerichtet ist, dass ein die erste linear polarisierte Longitudinalmode aufweisender erster Anteil des Laserlichts (z.B. als s-polarisiertes Licht) reflektiert und ein – die zur ersten Longitudinalmode orthogonal polarisierte, zweite Longitudinalmode – aufweisender zweiter Anteil des Laserlichts (z.B. als p-polarisiertes Licht) transmittiert wird. Das vom PBS reflektierte s-polarisierte Laserlicht wird von dem ersten Detektor detektiert und ein Teil des vom PBS transmittierten p-polarisierten Laserlichts wird von dem zweiten Detektor detektiert.

[0020] Insbesondere ist die Zweimodenregelung also ausgebildet zu einer Detektion der Intensitäten mindestens einer s-polarisierten und einer p-polarisierten Longitudinalmode.

[0021] Dadurch wird vorteilhaft eine Regelung der Emissionswellenlänge des Gaslasers durch Messung der Intensität nicht nur einer, sondern zweier vom Gaslaser in seinem Hauptstrahl ausgesandter Longitudinalmoden ermöglicht, sodass Änderungen in der Intensität von jeweils nur einer Longitudinalmode für eine Stabilisierung der Emissionswellenlänge des Gaslasers mit möglichen Änderungen in der Intensität der jeweils anderen (benachbarten) ausgesandten Longitudinalmode verglichen und korreliert werden können, um basierend auf der Korrelation der Messdaten entsprechende Massnahmen zur Wellenlängenstabilisierung durchführen zu können.

[0022] Insbesondere ist die Zweimodenregelung dabei ausgebildet zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser ausgesandten Laserlichts beruhend auf einem Verhältnis detektierter Intensitäten der s-polarisierten und der p-polarisierten Longitudinalmode als eine Regelgrösse für den Regelkreis - und somit unabhängig von einem Absolutwert einer erfassten Intensität.

[0023] Da üblicherweise die sogenannte Gainkurve eines Gaslasers, insbesondere eines HeNe-Lasers, eine im Wesentlichen durch den Laserübergang und den Gasdruck bestimmte Profilform aufweist und sich lediglich der «Gain» im Betrieb oder über die Lebensdauer verändert (was im Diagramm einem sich nach oben oder unten Schieben des Gainprofils bzw. der Gainkurve entspricht), kann – durch das erfindungsgemässe Heranziehen eines intensitätsabsolutwertunabhängigen Verhältnisses zwischen der erfassten ersten und der erfassten zweiten Intensität – ein ansonsten durch nach oben oder

unten Schieben des Gainprofils bedingtes Wandern im Diagramm auf der Frequenz-Achse und somit letztendlich eine unerwünschte Änderung der Wellenlänge des vom Laser emittierten Lichts vermieden und eine verbesserte Wellenlängenstabilisierung bewirkt werden.

[0024] Somit kann also durch die Erfindung die Wellenlängenstabilität eines als Interferometerlichtquelle in einem Lasertracker vorgesehenen Gaslasers nochmals erhöht werden, insbesondere auf eine Wellenlängenstabilität von bis zu ± 0.01 ppm.

[0025] Ein dadurch erzielbares Erfüllen von solch erhöhten Wellenlängenstabilitätsanforderungen eröffnet dabei auch neue Anwendungsfelder speziell für den Lasertracker, da hierdurch nun z.B. Längenmessungen von Stäben ausgerichtet entlang des Messstrahls oder etwa eine Akkreditierung eines ebenfalls im Lasertracker eingebauten Absolutdistanzmessers ermöglicht werden.

[0026] Der Gaslaser kann dabei – wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist – einen Laserresonator mit einem vorderen Endspiegel und einem hinteren Endspiegel in einer Laserröhre aufweisen und ausgebildet sein zur Aussendung des Laserlichts zumindest in Form von einem aus einem Austrittsfenster der Laserröhre austretenden Hauptstrahl.

[0027] Des Weiteren wird bevorzugt, dass die Zweimodenregelung einen mit einer als Wellenlängenstabilisierungsmittel dienenden Vorrichtung zum Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre verbundenen elektronischen Regelkreis aufweist.

[0028] Durch ein Heizen oder Kühlen der Laserröhre kann die Länge der Laserröhre und damit die optische Weglänge des Lichts in dem in der Laserröhre befindlichen Resonator, zwischen den an seinen Enden befindlichen Spiegeln, verändert werden. Dadurch kann die Resonanzwellenlänge des Lasers und damit des emittierten Laserlichts in einer gewünschten Weise beeinflusst werden.

[0029] Insbesondere ist gemäss einer speziellen Ausführungsform der Erfindung in dem Strahlengang des Hauptstrahls in Strahlrichtung nach dem dem Hauptstrahl zugeordneten Laserstrahlaustrittsfenster ein erster polarisierender Strahlteiler (PBS) angeordnet, durch den der Hauptstrahl in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. s-polarisiertes Laserlicht) und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. p-polarisiertes Licht) aufteilbar ist, insbesondere wobei der erste Strahlteiler zusätzlich als das polarisationsabhängige Filter wirkt.

[0030] Weiter kann dann der erste Detektor im Strahlengang des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Hauptstrahls (also im Strahlengang des s-polarisierten Laserlichts) dem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler nachgeordnet sein und der die erste Longitudinalmode aufweisende Anteil des Hauptstrahls (also das s-polarisierte Laserlicht) durch den ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler auf den ersten Detektor lenkbar sein.

[0031] Damit ist eine erste Messgrösse zur Bestimmung der Regelgrösse für die Wellenlängenstabilisierung erfassbar.

[0032] Ferner kann der zweite Detektor dann angeordnet sein im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Hauptstrahls (also im Strahlengang des p-polarisierten Laserlichts) in Strahlrichtung nach dem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler, insbesondere wobei im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Hauptstrahls (also wiederum im Strahlengang des p-polarisierten Laserlichts) in Strahlrichtung nach dem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler ein teildurchlässiger Strahlteiler (BS) angeordnet sein kann, durch welchen der die zweite Longitudinalmode aufweisende Anteil des Hauptstrahls (also das p-polarisierte Laserlicht) aufteilbar ist in einen als Interferometer-Messstrahlung dienenden Messstrahl-Teil und einen auf den zweiten Detektor gelenkten Detektor-Teil.

[0033] Insbesondere kann dabei nur ein verhältnismässig geringer Anteil des p-polarisierten Lichts durch den teildurchlässigen Strahlteiler (BS) auf den zweiten Detektor, zur Erfassung einer zweiten Messgrösse zur Bestimmung der Regelgrösse für den Regelkreis der Wellenlängenstabilisierung, abgezweigt werden, sodass der Hauptteil des p-polarisierten Lichts als Nutzlicht bzw. Interferometer-Messstrahlung für die interferometrische Distanzmessung verfügbar ist.

[0034] Im Speziellen wird als Regelgrösse, d.h. als Eingangsgrösse des Regelkreises, das Verhältnis der Intensitäten der beiden Longitudinalmoden bestimmt, wobei insbesondere die gemessene Intensität I_p des detektierten p-polarisierten Laserlicht-Teils mit dem Auskoppelfaktor des teildurchlässigen Strahlteilers (BS) korrigiert werden kann.

[0035] Dadurch ist vorteilhaft die Regelung von den Absolutwerten der Intensität des Laserlichts unabhängig und damit unempfindlich gegenüber Leistungsänderungen der Laserröhre, insbesondere wenn ein Intensitätsverhältnis von 1:1 gewählt wird. Dann würde selbst eine Veränderung des Gainprofils (sofern diese die Symmetrie nicht verändert) ohne Einfluss auf die stabilisierte Wellenlänge bleiben.

[0036] Gemäss einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, wobei der Gaslaser ausgebildet ist zur Aussendung des Laserlichts zusätzlich in Form von einem – aus einem rückwärtigen Hinter-Austrittsfenster der Laserröhre austretenden – Wastebeam, ist in Strahlrichtung nach dem Hinter-Austrittsfenster ein zweiter polarisationsabhängiger Strahlteiler angeordnet, durch den der Wastebeam in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. s-polarisiertes Wastebeam-Laserlicht) und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. p-polarisiertes Wastebeam-Laserlicht) aufteilbar ist.

[0037] Weiter kann dann der erste Detektor im Strahlengang des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Wastebeams (also im Strahlengang des s-polarisierten Wastebeam-Laserlichts) dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler nachgeordnet sein und der die erste Longitudinalmode aufweisende Anteil des Wastebeams (also das s-polarisierte Wastebeam-Laserlicht) durch den zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler auf den ersten Detektor lenkbar sein.

[0038] Damit ist wiederum die erste Messgrösse zur Bestimmung der Regelgrösse für die Wellenlängenstabilisierung erfassbar.

[0039] Ferner kann der zweite Detektor dann angeordnet sein im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Wastebeams (also im Strahlengang des p-polarisierten Wastebeam-Laserlichts) in Strahlrichtung nach dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler, womit durch den zweiten Detektor dann die zweite Messgrösse zur Bestimmung der Regelgrösse für die Wellenlängenstabilisierung erfassbar ist.

[0040] Gemäss dieser Ausführungsform wird also die Regelgrösse für die Wellenlängenstabilisierung aus dem Verhältnis der im Wastebeam gemessenen Intensitäten von s- und p-polarisiertem Licht gemessen.

[0041] Insbesondere kann dabei im Strahlengang des Wastebeams in Strahlrichtung vor dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (PBS) ein optischer Keil und ein Bandpassfilter angeordnet sein, insbesondere wobei das Bandpassfilter entweder als selbständiges optisches Bauteil oder alternativ auch als Beschichtung auf dem optischen Keil aufgebracht sein kann.

[0042] Durch den optischen Keil, der beispielsweise auf der Laserröhre oder im rückwärtigen Laserstrahlaustrittsfenster angeordnet sein kann, können ansonsten möglicherweise auftretende und störende Interferenzen zwischen dem rückwärtigen Laserstrahlaustrittsfenster und dem typischerweise ebenen hochreflektierenden Spiegel am rückwärtigen Ende des Resonators der Laserröhre vermieden werden. Mithilfe des Bandpassfilters können im Wastebeam möglicherweise auftretende zusätzliche Emissionswellenlängen des Lasers unterdrückt werden.

[0043] Für eine interferometrische Messung ist nur jeweils eine Polarisation des Laserlichts verwendbar. Daher ist auch gemäss dieser zweiten Ausführungsform der Erfindung im Strahlengang des Hauptstrahls in Strahlrichtung nach dem dem Hauptstrahl zugeordneten Laserstrahlaustrittsfenster wiederum das polarisationsabhängige Filter zur Erzeugung einer nur die zweite Longitudinalmode aufweisenden Interferometer-Messstrahlung angeordnet (etwa ausgebildet als ein polarisierender Strahlteiler (PBS) oder als ein reines Polarisationsfilter, das den die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts blockiert).

[0044] Diese zweite Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich vorteilhaft dadurch aus, dass kein Laserlicht mit der Polarisation des Nutzlichts aus dem Hauptstrahl ausgeblendet bzw. abgezweigt werden muss, sodass für das Nutzlicht bzw. für die Interferometer-Messstrahlung die volle Intensität im Hauptstrahl des Laserlichts der gewünschten Polarisation verfügbar ist.

[0045] Typischerweise ist zur Regulierung der Wellenlänge des Emissionslichts des Lasers der Laserröhre eine Vorrichtung zum Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre, die im Rahmen eines Wellenlängenstabilisierungsmittels vorhanden sein kann, zugeordnet.

[0046] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Stabilisierung der Wellenlänge eines von einem als Interferometer-Lichtquelle ausgebildeten Gaslasers eines Lasertrackers ausgestrahlten Laserlichts mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisation zueinander aufweisen.

[0047] Der Lasertracker – mit und an welchem das Verfahren ausgeführt werden kann – ist dabei zur Bestimmung von Koordinaten von Raumpunkten ausgebildet und weist zumindest auf

- ein für eine Distanzmessung vorgesehenes Interferometer,
- den oben genannten Gaslaser, der hinsichtlich einer Wellenlänge zu stabilisieren ist, wobei der Gaslaser das Laserlicht zumindest in Form von einem aus einem Austrittsfenster der Laserröhre austretenden Hauptstrahl ausstrahlt, sowie
- einen polarisationsabhängigen Filter zur Erzeugung einer nur die zweite Longitudinalmode aufweisenden Interferometer-Messstrahlung mit definierter Messwellenlänge aus dem Laserlicht.

[0048] Im Rahmen des Verfahrens zur Stabilisierung der Wellenlänge werden durchgeführt

- ein Erfassen von einer ersten Intensität von einem die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts und
- ein Wellenlängenstabilisieren des vom Gaslaser ausgestrahlten Laserlichts in Abhängigkeit von der erfassten ersten Intensität,

wobei erfindungsgemäss

- zusätzlich eine zweite Intensität von einem die zweite Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts erfasst wird und
- das Wellenlängenstabilisieren zusätzlich in Abhängigkeit von der erfassten zweiten Intensität erfolgt, sodass die Wellenlänge also in Abhängigkeit von einem gemeinsamen, aggregierten Berücksichtigen von sowohl der erfassten ersten als auch der erfassten zweiten Intensität stabilisiert wird, insbesondere beruhend auf einem absolutwerteunabhängigen Verhältnis zwischen der erfassten ersten Intensität und der erfassten zweiten Intensität.

[0049] Analog zu den hinsichtlich des erfindungsgemässen Lasertrackers beschriebenen Weiterbildungen kann auch das erfindungsgemässe Verfahren weitergebildet werden, sodass also die im Rahmen der näheren Beschreibung des Lasertrackers erläuterten Weiterbildungsmerkmale analog auch für das Verfahren als entsprechende Weiterbildungsmerkmale herangezogen werden können.

[0050] Das erfindungsgemässe Verfahren und die dementsprechenden weiteren Ausführungsformen zeichnen sich durch gleichartige Vorteile wie die entsprechenden vorgenannten Ausführungsformen des erfindungsgemässen Lasertrackers aus.

[0051] Im Speziellen kann also das Wellenlängenstabilisieren durch Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre erfolgen.

[0052] Gemäss einer speziellen Ausführungsform des Verfahrens kann ein polarisationsabhängiges Aufteilen des Hauptstrahls in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. s-polarisiertes Laserlicht) und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. p-polarisiertes Laserlicht) erfolgen, und im weiteren Strahlenverlauf können dann – im Strahlengang des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils (also im Strahlengang des s-polarisierten Laserlichts) das Erfassen von der ersten Intensität sowie – im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils (also im Strahlengang des p-polarisierten Laserlichts) das Erfassen von der zweiten Intensität erfolgen, wobei der die zweite Longitudinalmode aufweisende Anteil dafür vor dem Erfassen weiter aufgeteilt wird in einen als Interferometer-Messstrahlung dienenden Messstrahl-Teil und einen Detektor-Teil, dessen Intensität als die zweite Intensität erfasst wird.

[0053] Gemäss einer alternativen speziellen Ausführungsform des Verfahrens, wobei der Gaslaser das Laserlicht zusätzlich in Form von einem – aus einem rückwärtigen Hinter-Austrittsfenster der Laserröhre austretenden – Wastebeam ausstrahlt, kann ein polarisationsabhängiges Aufteilen des Wastebeams in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. s-polarisiertes Wastebeam-Laserlicht) und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil (z.B. p-polarisiertes Wastebeam-Laserlicht) erfolgen, und im weiteren Strahlenverlauf können dann – im Strahlengang des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils (also im Strahlengang des s-polarisierten Wastebeam-Laserlichts) das Erfassen von der ersten Intensität sowie – im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils (also im Strahlengang des p-polarisierten Wastebeam-Laserlichts) das Erfassen von der zweiten Intensität erfolgen.

[0054] Im Speziellen können – bei dieser alternativen Ausführungsform – im Strahlengang des Wastebeams in Strahlrichtung vor dem polarisationsabhängigen Aufteilen ein optischer Keil angeordnet sein und ein Bandpassfiltern erfolgen.

[0055] Zudem ist bei dieser alternativen Ausführungsform im Strahlengang des Hauptstrahls in Strahlrichtung nach dem dem Hauptstrahl zugeordneten Laserstrahlaustrittsfenster das polarisationsabhängige Filter (z.B. wiederum ein polarisierender Strahlteiler PBS oder ein Polarisator) zur Transmission nur einer Longitudinalmode (s, p), insbesondere der p-polarisierten Longitudinalmode, angeordnet.

[0056] Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Vorrichtung und des erfindungsgemässen Wellenlängenstabilisierungsverfahrens gehen aus den nachfolgenden Figuren und den zugehörigen Beschreibungen hervor.

[0057] Alle in diesem Dokument offenbarten Ausführungsformen der Erfindung können miteinander kombiniert werden, wenn nicht explizit anders angegeben.

[0058] Das erfindungsgemässe Verfahren und die erfindungsgemässe Vorrichtung werden nachfolgend anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten konkreten Ausführungsbeispielen rein beispielhaft näher beschrieben, wobei auch auf weitere Vorteile der Erfindung eingegangen wird. Im Einzelnen zeigen:

- Fig. 1 zwei Ausführungsformen eines erfindungsgemässen Lasertrackers und ein Messhilfsmittel;
- Fig. 2 ein typisches Verstärkungsprofil und Longitudinalmoden eines Gaslasers nach dem Stand der Technik;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung von einem Gaslaser für ein Interferometer eines Lasertrackers mit einer Einmodenregelung nach dem Stand der Technik zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser emittierten Laserlichts;
- Fig. 4 das Verfahren der Einmodenregelung nach dem Stand der Technik zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser emittierten Laserlichts (anhand einer gegenüber Fig. 2 vereinfachten Darstellung des Verstärkungsprofils des Gaslasers nach Fig. 3);
- Fig. 5 eine schematische Darstellung von einem Gaslaser für ein Interferometer einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lasertrackers mit einer Zweimodenregelung im emittierten Hauptstrahl des Gaslasers;
- Fig. 6 das erfindungsgemässe Verfahren der Zweimodenregelung zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser emittierten Laserlichts (anhand einer ähnlichen Repräsentation wie in Fig. 4 anhand einer gegenüber Fig. 2 vereinfachten Darstellung des Verstärkungsprofils des Gaslasers nach Fig. 5); und
- Fig. 7 eine schematische Darstellung von einem Gaslaser für ein Interferometer einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lasertrackers mit einer Zweimodenregelung im emittierten Wastebeam des Gaslasers.

[0059] Fig. 1 zeigt zwei Ausführungsformen für erfindungsgemäße Lasertracker 100, 110 und ein Messhilfsmittel 800, z.B. ein taktiles Messgerät. Der erste Lasertracker 100 weist eine Basis 400 und eine Stütze 300 auf, wobei die Stütze 300 um eine durch die Basis 400 definierte Stehachse 410 relativ zur Basis 400 schwenkbar bzw. rotierbar angeordnet ist. Zudem ist eine Anzeleinheit 200 derart an der Stütze 300 angeordnet, dass die Anzeleinheit 200 relativ zur Stütze 300 um eine Neigungsachse (Transitachse) schwenkbar ist. Durch eine so um zwei Achsen bereitgestellte Ausrichtungsmöglichkeit der Anzeleinheit 200 kann ein von dieser Einheit 200 emittierter Laserstrahl 210 exakt ausgerichtet und damit Ziele angezielt werden. Dieses Ausrichten kann mittels einer Motorisierung automatisch erfolgen. Die Stehachse 410 und die Neigungsachse sind hierbei im Wesentlichen orthogonal zueinander angeordnet, d.h. geringe Abweichungen von einer exakten Achsenorthogonalität können vorbestimmt und im System, beispielsweise zur Kompensation von dadurch entstehenden Messfehlern, hinterlegt sein.

[0060] In der gezeigten Anordnung ist der Messlaserstrahl 210 auf einen Retro-Reflektor 810 am Messhilfsmittel 800 gerichtet und wird an diesem zurück zum Lasertracker 100 retro-reflektiert. Mittels dieses Messlaserstrahls 210 kann eine Entfernung zum Reflektor 810, insbesondere mittels Laufzeitmessung, mittels des Phasenmessprinzips oder mittels des Fizeau-Prinzips, bestimmt werden. Der Lasertracker 100 verfügt hierzu über eine Entfernungsmesseinheit (mit Interferometer und ggf. zusätzlich einem Absolutdistanzmesser) zur Bestimmung dieser Entfernung zwischen dem Tracker 100 und dem Reflektor 810 und über Winkelmesser, die eine Stellung der Anzeleinheit 200, mittels derer der Laserstrahl 210 definiert ausgerichtet und geführt werden kann, und somit eine Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 210 bestimmbar machen.

[0061] Um Bewegungen des Retro-Reflektors 810 zu erkennen und nachvollziehen zu können, sodass der Messlaserstrahl 210 auf den Retro-Reflektor 810 ausgerichtet bleibt, sowie zum Zwecke einer hochpräzisen automatischen Anzielung des Retro-Reflektors 810, weist der Lasertracker 100 einen positionssensitiven flächigen Detektor auf (insbesondere eine PSD), welcher auch Tracking-Flächensensor genannt wird, wie dies beispielsweise in der WO 2007/079600 A1 beschrieben ist.

[0062] Der Tracking-Flächensensor ist vorzugsweise in der Anzeleinheit 200 angeordnet (insbesondere wobei dort ein Teil des empfangenen retro-reflektierten Strahls aus dem Strahlengang ausgekoppelt und dieser auf den Tracking-Flächensensor gelenkt wird) und ermöglicht durch ein Bestimmen einer Abbild-Position eines durch den empfangenen retro-reflektierten Strahl 210 auf dem Tracking-Flächensensor erzeugten Lichtflecks das Nachführen der Ausrichtung der Anzeleinheit 200 und somit des Strahls 210. Durch das Nachführen der Laserstrahlausrichtung können eine fortlaufende Zielverfolgung (Tracking) des Retro-Reflektors 810 erfolgen sowie die Entfernung und Position des den Zielpunkt bildenden Retro-Reflektors 810 fortlaufend relativ zum Messgerät bestimmt werden.

[0063] Ausserdem kann der Lasertracker 100 an der Anzeleinheit 200 eine Bilderfassungseinheit aufweisen, zum Zwecke der Aufnahme eines Bildes von am Messhilfsmittel 800 definiert räumlich verteilt angeordneten Orientierungsmarkierungen 820, sodass anhand einer Auswertung der Bild-Positionen der im Bild aufgenommenen Orientierungsmarkierungen 820 auf eine räumliche Orientierung des Messhilfsmittel 800 (d.h. zumindest die drei rotatorischen Freiheitsgrade) ermöglicht ist (wobei im Prinzip zudem auch eine Positionsbestimmung des Messhilfsmittel 800 im Raum daraus möglich wäre). Weiters kann das Messhilfsmittel 800 einen taktilen Sensor aufweisen, dessen Kontaktpunkt 830 mit einem zu vermessenden Zielobjekt in Kontakt gebracht werden kann. Während dieser Kontakt zwischen dem Tastwerkzeug 800 und dem Zielobjekt besteht, können eine Position des Kontaktpunktes 830 im Raum und damit die Koordinaten eines Punktes am Zielobjekt exakt bestimmt werden. Dieses Bestimmen erfolgt vermittelt einer definierten relativen Positionierung des Kontaktpunktes 830 zum Reflektor 810 und zu am Messhilfsmittel 800 angeordneten Orientierungsmarkierungen 820, die beispielsweise als Leuchtdioden ausgebildet sein können. Alternativ können die Orientierungsmarkierungen 820 auch derart ausgebildet sein, dass diese bei einem Beleuchten, z.B. mit Strahlung einer definierten Wellenlänge, die auftreffende Strahlung reflektieren (z.B. als Reflektoren ausgebildete Orientierungsmarkierungen 820), insbesondere eine bestimmte Leuchtcharakteristik zeigen, oder dass diese ein definiertes Muster oder Farbkodierung aufweisen. Aus der Lage bzw. Verteilung der Orientierungsmarkierungen 820 in einem mit der Bilderfassungseinheit erfassten Bild kann somit eine Orientierung des Tastwerkzeugs 800 bestimmt werden.

[0064] Der zweite Lasertracker 110 weist eine von der Bilderfassungseinheit 150 separierte Strahlführungseinheit 160 zur Emission eines zweiten Laserstrahls 170 auf, welcher ebenfalls auf den Reflektor 810 ausgerichtet ist. Sowohl der Laserstrahl 170 als auch die Bilderfassungseinheit 150 sind jeweils um zwei Achsen motorisiert schwenkbar und können dadurch derart ausgerichtet werden, dass mittels der Bilderfassungseinheit 150 das mit dem Laserstrahl 170 angezielte Ziel 810 und die Orientierungsmarkierungen 820 des Messhilfsmittel 800 erfasst werden können. Somit können auch hier eine präzise Entfernung zum Reflektor 810 und eine Orientierung des Instruments 800 anhand einer Verteilung der Abbild-Positionen der im Bild aufgenommenen Orientierungsmarkierungen 820 bestimmt werden.

[0065] Auch der zweite Lasertracker 110 weist – wie dies im Stand der Technik bekannt ist – einen Tracking-Flächensensor auf, um Bewegungen des Retro-Reflektors 810 zu erkennen und nachvollziehen zu können, sodass der Messlaserstrahl 210 auf den Retro-Reflektor 810 ausgerichtet bleibt, sowie zum Zwecke einer hochpräzisen automatischen Anzielung des Retro-Reflektors 810.

[0066] Der Tracking-Flächensensor kann bei der Ausführungsart des zweiten dabei insbesondere in der Basis des Lasertrackers 110 angeordnet sein (insbesondere wobei dort ein Teil des empfangenen retro-reflektierten Strahls aus dem

Strahlengang ausgekoppelt und dieser auf den Tracking-Flächensensor gelenkt wird) und ermöglicht – analog zur diesbezüglichen Beschreibung – ein Bestimmen einer Abbild-Position eines durch den empfangenen retro-reflektierten Strahl 210 auf dem Tracking-Flächensensor erzeugten Lichtflecks das Nachführen der Ausrichtung der Strahlführungseinheit 160 und somit des Strahls 210. Durch das Nachführen der Laserstrahlausrichtung können eine fortlaufende Zielverfolgung (Tracking) des Retro-Reflektors 810 erfolgen sowie die Entfernung und Position des den Zielpunkt bildenden Retro-Reflektors 810 fortlaufend relativ zum Messgerät bestimmt werden.

[0067] Zur jeweiligen groben Ausrichtung der Laserstrahlen 170, 210 auf den Retro-Reflektor 810 (sodass sich dieser zumindest irgendwo im Sichtfeld des zuvor beschriebenen jeweiligen Tracking-Flächensensors befindet) können an den Lasertrackern 100, 110 jeweils Beleuchtungsmittel zur Beleuchtung des Retro-Reflektors 810 mit Strahlung einer bestimmten Wellenlänge, insbesondere im infraroten Wellenlängenbereich, vorgesehen und zusätzlich zumindest eine Zielsuchkamera mit einem positionssensitiven Detektor, eine so genannte ATR-Kamera (automatic target recognition), an jedem Tracker 100, 110 angeordnet sein. Die an dem Reflektor 810 reflektierte und zum Lasertracker 100, 110 rückgestrahlte Beleuchtungsstrahlung kann auf dem jeweiligen flächigen Detektor der jeweiligen Kamera als Lichtfleck abgebildet und somit in einem jeweiligen Kamerabild aufgenommen werden. Somit kann sowohl mit dem ersten Lasertracker 100 als auch mit dem zweiten Lasertracker 110 eine im Kamerabild abgebildete Position des durch den Reflektor erzeugten Lichtflecks bestimmt und in Abhängigkeit dieser bestimmten Kamerabild-Position die Anzeleinheit 200 bzw. die Strahlführungseinheit 160 derart ausgerichtet werden, dass das Ziel mit dem Messstrahl 170, 210 automatisch angezielt wird bzw. der Laserstrahl 170, 210 dem Ziel 810 automatisch (ggf. iterativ) angenähert wird. Für eine robuste Detektion von nur dem gewünschten, d.h. von jenem durch Rückstrahlung durch einen entsprechenden Retro-Reflektor erzeugten Reflex bzw. Lichtfleck auf dem flächigen Detektor bzw. dem somit aufgenommenen Kamerabild können insbesondere Filter in der Zielsuchkamera verbaut sein (z.B. wellenlängenabhängige Filter), welche z.B. nur das von den Beleuchtungsmitteln emittierte Licht transmittieren, und/oder Schwellwerte für einen Vergleich der erfassten Signale mit Signalsollwerten im Lasertracker hinterlegt sein.

[0068] Die Lasertracker 100, 110 können alternativ jeweils zumindest zwei Kameras mit jeweils einem positionssensitiven Detektor aufweisen, wobei für jeden Tracker 100, 110 aus den jeweils zwei erfassten Suchbildpositionen für den Reflektor 810 jeweils beispielsweise eine Grobposition des Reflektors 810 bestimmt werden kann, z.B. nach allgemein bekannten Prinzipien der Photogrammetrie. Ein solches System zum Auffinden von Zielen ist beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung Nr. 11192216.7 beschrieben.

[0069] Zudem können die erfindungsgemässen Lasertracker 100, 110 jeweils eine Übersichtskamera aufweisen, deren Sichtfeld – im Vergleich zu den Sichtfeldern der Zielsuchkameras – grösser ist und die somit einen grösseren Bereich der Szene erfassbar macht. Mit diesen Übersichtskameras können Bilder von Objekten und Zielen im visuellen Lichtspektrum erfasst werden, wobei diese Bilder mittels einer Anzeigeeinheit an den Lasertrackern und/oder auf einem Display, welches an einer jeweiligen Steuerungseinheit zur Steuerung des jeweiligen Lasertrackers 100, 110 angeordnet oder über einem zentralen Computer, ausgegeben werden können. Im Speziellen können mit der Übersichtskamera Farbbilder erfasst werden.

[0070] Die Beleuchtungsmittel, die Zielsuchkameras und/oder die Übersichtskamera können in diesem Zusammenhang z.B. an der Bilderfassungseinheit 150, der Strahlführungseinheit 160, der Anzeleinheit 200, der Stütze 300 und/oder der Basis 400 in jeweils definierten Positionen und Ausrichtungen angeordnet sein.

[0071] Insbesondere kann – in einer Grundausstattung – der erfindungsgemässe Lasertracker – wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist – jedoch auch ohne eine für die Bildaufnahme von Orientierungsmarkierungen 820 eines Messhilfsmittels 800 vorgesehene Kamera (und damit ohne Funktionalität zur räumlichen Orientierungsbestimmung eines Messhilfsmittels) und ohne eine zusätzliche Grob-Zielsuchkamera (bzw. damit funktional verbundenen Beleuchtungsmittel für die Zielsuch-Bildaufnahme) ausgestaltet sein. Ein solcher Lasertracker ist dann im Wesentlichen zur Positionsbestimmung und -verfolgung eines das Ziel darstellenden Retro-Reflektors (etwa eines in einer Metallkugelhülle mit Öffnung integrierter Corner-Cube-Prismas) vorgesehen.

[0072] Im Rahmen einer solchen Grundausstattung kann der Lasertracker – neben der nach dem interferometrischen Prinzip arbeitenden Entfernungsmesseinheit – dann z.B. die folgenden Grund-Komponenten aufweisen:

- eine Stehachse definierende Basis,
- eine Strahlenkeinheit zur Emission der Messstrahlung und zum Empfang der am Ziel reflektierten Messstrahlung, wobei die Strahlenkeinheit um die Stehachse und eine im Wesentlichen orthogonal zur Stehachse stehende Neigungsachse relativ zur Basis motorisiert schwenkbar ist,
- eine Winkelmessfunktionalität zur Bestimmung einer Ausrichtung der Strahlenkeinheit relativ zur Basis und
- einen Tracking-Flächensensor zur Erfassung einer Abbild-Position eines durch den empfangenen retro-reflektierten Messstrahl auf dem Tracking-Flächensensor erzeugten Lichtflecks, um darüber Bewegungen des Ziels zu erkennen und nachvollziehen zu können, sodass der Messlaserstrahl auf der Ziel fortlaufend ausgerichtet bleibt, sowie zum Zwecke einer hochpräzisen automatischen Anzielung des Ziels.

[0073] Die Entfernungsmesseinheit des jeweiligen Lasertrackers 100, 110 stellt eine Entfernungsinformation zum Ziel 810 auf Basis einer Bestimmung einer Distanz (bzw. Distanzänderung) zwischen dem jeweiligen Tracker 100, 110 und dem Ziel 810 bereit. Hierzu ist an jedem der Lasertracker 100, 110 ein als Interferometer-Strahlquelle dienender Gaslaser zur Erzeugung einer Interferometer-Messstrahlung vorgesehen, wobei davon noch eine Referenzstrahlung abgezweigt wird.

Die Referenzstrahlung wird entlang eines bekannten Referenzpfades zu einem Interferometerdetektor geführt. Die eigentliche Messstrahlung 170, 210 hingegen wird derart aus dem Tracker 100, 110 ausgesendet, dass diese auf das retroreflektierende Ziel 810 trifft und an diesem rückreflektiert wird. Der reflektierte Strahl bzw. zumindest Teile des reflektierten Strahls werden dann wiederum seitens des Trackers 100, 110 erfasst und ebenfalls zum Interferometerdetektor geführt, wo die Referenzstrahlung mit der empfangenen Messstrahlung 170, 210 überlagert auftrifft. Durch diese Überlagerung entsteht eine Interferenz aus den beiden Strahlungen, welche am Detektor erfasst und aufgelöst werden kann.

[0074] Im Rahmen dieser Interferenz werden Maxima (konstruktive Interferenz) und Minima (destruktive Interferenz) an Intensitäten der überlagerten Strahlung erzeugt. Die Intensität ist dabei abhängig von einem Strahlengangunterschied zwischen den beiden auf dem Detektor auftreffenden Strahlen. Da der Referenzpfad und damit die Distanz, die von der Referenzstrahlung zum Detektor zurückgelegt wird, sowie die Wellenlänge der Messstrahlung konstant gehalten werden kann, ist der Gangunterschied im Wesentlichen von der Entfernung zwischen dem jeweiligen Lasertracker 100, 110 und dem Ziel 810 abhängig. Wird demnach die Entfernung zwischen dem Tracker 100, 110 und dem Ziel 810 verändert, so verändert sich auch der Gangunterschied und damit während der Entfernungsveränderung auch die Intensität eines detektierten Interferenzzustands als Interferometerausgangsgrösse (Interferenzmusters).

[0075] Während einer solchen Relativbewegung (wobei die Entfernung verändert wird) zwischen zumindest einem der Lasertracker 100, 110 und dem Ziel 810 können am Interferometerdetektor abwechselnd hohe und niedrige Intensitäten festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Wellenlänge der Messstrahlung 170, 210 (und der Referenzstrahlung) können aus einer fortlaufenden Verfolgung des detektierten Interferenzzustands Werte für Distanzänderungen des Ziels 810 berechnet werden.

[0076] Wie in den unten im Einzelnen näher beschriebenen Fig. 2 bis 8 gezeigt, weist der Lasertracker dabei einen als Interferometer-Lichtquelle dienenden Gaslaser auf, insbesondere einem Helium-Neon-Laser, zur Aussendung von Laserlicht mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisationen zueinander aufweisen.

[0077] Erfindungsgemäss sind zur Wellenlängenstabilisierung des vom Gaslaser ausgestrahlten Laserlichts dabei sowohl ein erster als auch ein zweiter Detektor zur Erfassung einer ersten bzw. einer zweiten Intensität von einem die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil bzw. die zweite Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts vorgesehen. Ferner ist ein Regelschaltkreis zur Erzeugung eines zur Wellenlängenstabilisierung dienenden Regelungssignals vorhanden, wobei erfindungsgemäss der Regelschaltkreis das Regelungssignal für die Wellenlängenstabilisierung nun sowohl in Abhängigkeit von der erfassten ersten als auch von der erfassten zweiten Intensität erzeugt.

[0078] Das Regelungssignal wird einem Wellenlängenstabilisierungsmittel für den Gaslaser zugeführt, insbesondere wobei das Wellenlängenstabilisierungsmittel eine mit dem Regelschaltkreis verbundene Vorrichtung zum Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre des Gaslasers aufweist bzw. als solche Heiz- oder Kühl-Vorrichtung bzw. kombinierte Heiz-Kühl-Vorrichtung ausgebildet ist.

[0079] Fig. 2 illustriert ein typisches Verstärkungsprofil 20, auch «Gainprofil» oder «Gainkurve» genannt, und Longitudinalmoden eines Gaslasers, insbesondere eines Helium-Neon-Lasers (HeNe-Lasers) nach dem Stand der Technik. In dieser Darstellung ist die Intensität I des ausgestrahlten Laserlichts als Funktion der emittierten Frequenz, hier mit « v » bezeichnet, gezeigt.

[0080] Die Gainkurve 20 eines HeNe-Lasers (für dessen Hauptemissionslinie) ist typischerweise bei einer Frequenz v_0 , entsprechend etwa 633 nm für sichtbares rotes Licht, zentriert. Die Gainkurve bildet eine Einhüllende für die Intensitäten der verschiedenen Lasermoden 21 als Funktion der emittierten Laserlichtfrequenz v . Die Frequenzen weiterer Moden, $v(1)$, $v(2)$... $v(N)$ sind in gleichmässigen Frequenzabständen Δv zur Grundmode und zueinander angeordnet.

[0081] Durch die Wellenlänge des emittierten Laserlichts wird der Längenmassstab (bzw. die anhand einer Zählung von Übergängen von konstruktiver zu destruktiver Interferenz erreichbare Distanzmessgenauigkeit) für die Distanzmessung mit dem Interferometer des Lasertrackers definiert.

[0082] Die in bekannten Lasertrackern verwendeten HeNe-Laser sind typischerweise ca. 0.2 m lang, womit zwei oder maximal drei Longitudinalmoden im Gainprofil erzeugt werden können. Die Breite der Gainkurve eines HeNe-Lasers mit Emission bei 633 nm ist ca. 1.5 GHz, was ca. 3 ppm entspricht (1 ppm entspricht 474 MHz).

[0083] Die in einigen hochwertigen heutigen Lasertrackern spezifizierte Wellenlängenstabilität ist deutlich besser, z.B. ± 0.3 ppm. Für spezielle Anwendungen (z.B. Längenmessungen von Stäben ausgerichtet entlang des Messstrahls, Akkreditierung eines ebenfalls eingebauten Absolutdistanzmessers) ist allerdings eine noch weiter erhöhte Wellenlängenstabilität von bis zu ± 0.01 ppm wünschenswert.

[0084] Fig. 3 zeigt schematisch einen Gaslaser 10, insbesondere ausgebildet als ein HeNe-Laser, für ein Interferometer eines Lasertrackers mit einer Einmodenregelung nach dem Stand der Technik zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser 10 emittierten Laserlichts. Der Gaslaser 10 weist ein vorderes Laserlichtaustrittsfenster 8 für den Austritt des Hauptstrahls 5' des Gaslasers 10 und ein rückwärtiges Laserlichtaustrittsfenster 9 sowie Heiz- und/oder Kühlvorrichtungen 7 für ein bedarfsweises Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre des Gaslasers 10 auf. Schematisch ist innerhalb des Gaslasers 10 anhand einer gegenüber Fig. 2 vereinfachten Darstellung ein Verstärkungsprofil 20' des Gaslasers 10

angegeben, mit einer angedeuteten s-polarisierten und einer angedeuteten p-polarisierten Longitudinalmode des Lasers 10. Dabei sind in dieser Darstellung und in den nachfolgenden Figuren s-polarisierte Longitudinalmoden jeweils mit einem eingekreisten Punkt, entsprechend senkrecht zur Zeichenebene polarisierter Longitudinalmoden, und p-polarisierte Longitudinalmoden jeweils mit einem senkrecht zur Emissionsrichtung des Gaslasers verlaufenden Doppelpfeil, entsprechend parallel zur Zeichenebene polarisierter Longitudinalmoden, gekennzeichnet.

[0085] In Strahlrichtung des Hauptstrahls 5' ist ein polarisierender Strahlteiler 1 angeordnet, nach dem s- und p-polarisiertes Laserlicht aus dem emittierten Hauptstrahl 5' hervorgehen und mit dem s-polarisiertes Licht auf einen ersten Detektor 11 umgelenkt und aus dem Hauptstrahl ausgekoppelt und p-polarisiertes Licht als verbleibendes Nutzlicht 5 transmittiert wird.

[0086] Fig. 4 illustriert – anhand einer gegenüber Fig. 2 vereinfachten Darstellung 20' des Verstärkungsprofils 20 des Gaslasers 10 nach Fig. 3 – das Verfahren der Einmodenregelung nach dem Stand der Technik zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser 10 emittierten Laserlichts.

[0087] Dabei wird ausgenutzt, dass sich im Resonator eines HeNe-Lasers linear polarisierte Longitudinalmoden mit konstantem Frequenzabstand $\Delta\nu = c / (2 \cdot l)$ (c : Lichtgeschwindigkeit, l : Abstand der beiden Laserspiegel) ausbilden, wobei aufeinanderfolgende Moden stets orthogonale Polarisationen aufweisen. Die in Lasertrackern verwendeten HeNe-Laser sind typischerweise ca. 0.2 m lang, womit zwei, maximal drei Longitudinalmoden im Gainprofil Platz haben. Typischerweise besteht die Stabilisierung aus einer HeNe-Röhre mit einer Möglichkeit, die Länge des Resonators (d.h. den Abstand zwischen den Laserspiegeln) und damit die Frequenz bzw. Wellenlänge zu verändern, z.B. nur mittels Heizung oder mittels einer Kombination von Heizung und Kühlung.

[0088] Typischerweise ist im emittierten Hauptstrahl des Lasers ein polarisierender Strahlteiler (PBS) angeordnet, welcher zu den linearen Polarisationen der Laserröhre so ausgerichtet ist, dass p-polarisiertes Licht transmittiert und s-polarisiertes Licht reflektiert wird. Das vom PBS reflektierte s-polarisierte Laserlicht wird von einem Detektor detektiert und liefert ein Regelungssignal.

[0089] Die eigentliche Stabilisierung auf eine Wellenlänge erfolgt derart, dass die Röhre so in der Länge verändert wird, dass das Detektorsignal konstant bleibt. Dadurch wird die s-polarisierte Longitudinalmode innerhalb eines Intervalls Δl in Ihrer Intensität festgehalten. Durch das fixe Gainprofil ist diese Mode nun auch innerhalb eines Intervalls $\Delta\nu$ in ihrer Frequenz bzw. Wellenlänge λ festgehalten. Durch den festen Abstand der Longitudinalmoden ist nun auch die p-polarisierte Longitudinalmode (das Nutzlicht 5) in ihrer Frequenz bzw. Wellenlänge λ festgehalten und stabilisiert.

[0090] Der Zielwert des Detektorsignals kann entweder fest vorgegeben sein oder bei jedem Neustart neu bestimmt (z.B. als fester Prozentwert des beim Modendurchlauf gemessenen Maximums) werden.

[0091] Nachteil dieser einfachen Regelungsmethode gemäss des Stands der Technik für Lasertracker ist, dass Leistungsänderungen der Laserröhre im Betrieb (z.B. durch Verbiegen der Laserröhre) oder durch Alterung nicht abgefangen werden. Eine Leistungsänderung entspricht einem Verschieben des Gainprofils zu höherer oder niedrigerer Intensität, bei einer gleichartigen Profilform als Funktion der Wellenlänge.

[0092] Wird die Intensität des vom PBS reflektierten s-polarisierten Laserlichts konstant gehalten, so ändert sich dessen Wellenlänge und damit auch die Wellenlänge des vom PBS transmittierten, um $\Delta\nu$ gegenüber dem s-polarisierten Licht frequenzverschobenen p-polarisierten Lichts, das nachfolgend auch als «Nutzlicht» 5 bezeichnet wird.

[0093] Dadurch kann nachteilig die stabilisierte Wellenlänge im Betrieb oder innerhalb der Lebensdauer der Laserröhre leicht driften, so dass mit dieser Art von Wellenlängenstabilisierung die vorgenannten nochmals erhöhten wünschenswerten Stabilitätsanforderungen nicht gewährleistet werden können.

[0094] Fig. 5 zeigt schematisch einen Gaslaser 10 für ein Interferometer einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemässen Lasertrackers mit einer Zweimodenregelung im emittierten Hauptstrahl des Gaslasers 10.

[0095] Im Strahlengang des Hauptstrahls 5' ist in Strahlrichtung dem Laserlichtaustrittsfenster 8 folgend ein polarisierender Strahlteiler (PBS) 1 angeordnet, mit dem s-polarisiertes Laserlicht aus dem Hauptstrahl 5' reflektiert und auf einen ersten Detektor 11 geleitet wird, p-polarisiertes Laserlicht wird von dem polarisierenden Strahlteiler 1 transmittiert.

[0096] Gemäss dieser ersten Ausführungsform der Erfindung ist im Strahlengang des Hauptstrahls 5', in Strahlrichtung dem ersten polarisierenden Strahlteiler (PBS) 1 nachfolgend, ein teildurchlässiger Strahlteiler (BS) 4 angeordnet, durch den ein vorgegebener Anteil des p-polarisierten Laserlichts auf einen zweiten Detektor 12 reflektierbar und ein verbleibender vorgegebener Anteil des p-polarisierten Laserlichts transmittierbar ist. Bevorzugt wird dabei nur ein geringer Anteil des p-polarisierten Lichts auf den zweiten Detektor 12, zur Erfassung einer zweiten Messgrösse zur Bestimmung der Regelgrösse für den Regelkreis der Wellenlängenstabilisierung, umgelenkt, sodass der Hauptteil des p-polarisierten Lichts als Nutzlicht 5 für die interferometrische Distanzmessung verfügbar ist.

[0097] Fig. 6 illustriert – anhand einer ähnlichen Repräsentation wie in Fig. 4 mittels einer gegenüber Fig. 2 vereinfachten Darstellung des Verstärkungsprofils des Gaslasers 10 nach Fig. 5 – das erfindungsgemässe Verfahren der Zweimodenregelung zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser 10 emittierten Laserlichts.

[0098] Im Speziellen wird als Regelgrösse, d.h. als Eingangsgrösse des Regelkreises, das Verhältnis der Intensitäten I_s der s-polarisierten und I_p der p-polarisierten Longitudinalmoden bestimmt, wobei insbesondere die gemessene Intensität

I_p des p-polarisierten Laserlichts mit dem Auskoppelfaktor des teildurchlässigen Strahlteilers (PBS) 4 korrigiert werden kann (oder wobei bereits eine Kalibrierung zum Zwecke eines Festlegens des zu haltenden Intensitätsverhältnisses, so dass dadurch die gewünschte Wellenlänge gehalten wird, bereits unter Miteinbeziehung des Auskoppelfaktors und ggf. auch des jeweiligen Detektorgains durchgeführt wird).

[0099] Dadurch ist vorteilhaft die Regelung von den Absolutwerten der jeweils erfassten Intensitäten unabhängig und damit unempfindlich gegenüber Leistungsänderungen der Laserröhre, insbesondere wenn ein – um den Auskoppelfaktor bereits korrigiertes – Intensitätsverhältnis von 1:1 für die Regelgrösse gewählt wird. Dann würde selbst eine Veränderung des Gainprofils bzw. der Gainkurvenform selbst (sofern diese die Symmetrie der Kurve nicht verändert) ohne Einfluss auf die stabilisierte Wellenlänge bleiben.

[0100] Fig. 7 zeigt schematisch einen Gaslaser 10 für ein Interferometer einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lasertrackers mit einer Zweimodenregelung im emittierten Wastebeam 6 des Gaslasers zur Stabilisierung der Wellenlänge des von dem Gaslaser 10 emittierten Laserlichts.

[0101] Der Gaslaser 10 ist ausgebildet zur zusätzlichen Aussendung eines aus dem rückwärtigen Laserstrahlaustrittsfenster 9 austretenden Wastebeams 6. Im Strahlengang des Wastebeams 6 ist in Strahlrichtung nach dem rückwärtigen Laserstrahlaustrittsfenster 9 wiederum ein polarisierender Strahlteiler 2 angeordnet, durch den das s-polarisierte Laserlicht auf einen ersten Detektor 13 reflektiert und das p-polarisierte Laserlicht auf einen zweiten Detektor 14 transmittiert wird. Gemäss dieser Ausführungsform wird die Regelgrösse für die Wellenlängenstabilisierung aus dem Verhältnis der im Wastebeam 6 gemessenen Intensitäten von s- und p-polarisiertem Licht gemessen.

[0102] Insbesondere sind dabei im Strahlengang des Wastebeams 6 in Strahlrichtung vor dem polarisationsabhängigen Strahlteiler 2 ein optischer Keil 15 und ein Bandpassfilter 16 angeordnet, insbesondere wobei das Bandpassfilter 16 entweder als selbständiges optisches Bauteil ausgebildet ist. Allerdings kann das Bandpassfilter alternativ auch als Beschichtung auf dem optischen Keil 15 aufgebracht sein.

[0103] Durch den Keil 15, der beispielsweise auf der Laserröhre oder im rückwärtigen Laserstrahlaustrittsfenster 9 angeordnet sein kann, können ansonsten möglicherweise auftretende und störende Interferenzen zwischen dem rückwärtigen Laserstrahlaustrittsfenster 9 und dem typischerweise ebenen hochreflektierenden Spiegel am rückwärtigen Ende des Resonators der Laserröhre vermieden werden. Mithilfe des Bandpassfilters 16 können im Wastebeam 6 möglicherweise auftretende zusätzliche Emissionswellenlängen des Lasers unterdrückt werden.

[0104] Für eine interferometrische Messung ist nur jeweils eine Polarisation des Laserlichts verwendbar. Daher ist auch gemäss dieser zweiten Ausführungsform der Erfindung im Strahlengang des Hauptstrahls 5' in Strahlrichtung nach dem dem Hauptstrahl 5' zugeordneten Laserstrahlaustrittsfenster 8 wiederum ein polarisationsabhängiges Filter zur Erzeugung einer nur eine Longitudinalmode aufweisenden Interferometer-Messstrahlung 5 vorgesehen, insbesondere ein Polarisationsfilter oder ein polarisierender Strahlteiler 3 zur Transmission nur der p-polarisierten Longitudinalmode.

[0105] Diese zweite Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich vorteilhaft dadurch aus, dass kein Anteil des Laserlichts mit der Polarisation des Nutzlichts 5 im Hauptstrahl ausgekoppelt werden muss, sodass für das Nutzlicht 5 die volle Intensität des Laserlichts der gewünschten Polarisation aus dem Hauptstrahl 5' verfügbar ist.

[0106] Die als Wellenlängenstabilisierungsmittel ausgebildete Vorrichtung 1' zur Regelung der Temperatur der Laserröhre ist in diesem Beispiel als eine mit einem integrierten Temperatursfühler ausgestattete Heizfolie ausgebildet, so dass nur bedarfsweises Heizen der Laserröhre ermöglicht bzw. erforderlich ist.

[0107] Vorteilhaft ist dadurch der apparative Aufwand für die Temperaturregelung der Laserröhre, im Vergleich zu einer Vorrichtung mit einer Heiz- und Kühl-Kombination, deutlich reduziert.

[0108] Es versteht sich, dass diese dargestellten Figuren nur mögliche Ausführungsbeispiele schematisch darstellen. Die verschiedenen Ansätze können ebenso miteinander sowie mit Verfahren des Stands der Technik kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Lasertracker (100, 110) zur Bestimmung von Koordinaten von Raumpunkten, mit mindestens
 - einem für eine Distanzmessung vorgesehenen Interferometer,
 - einem eine Laserröhre aufweisenden Gaslaser (10) als Interferometer-Lichtquelle zur Aussendung von Laserlicht mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisationen zueinander aufweisen,
 - einem ersten Detektor (11, 13) zur Erfassung einer ersten Intensität von einem die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts,
 - einem polarisationsabhängigen Filter (1, 3) zur Erzeugung einer nur die zweite Longitudinalmode aufweisenden Interferometer-Messstrahlung (5) mit definierter Messwellenlänge aus dem Laserlicht, und
 - einem Wellenlängenstabilisierungsmittel für den Gaslaser (10) sowie einem Regelschaltkreis zur Erzeugung eines zur Wellenlängenstabilisierung dienenden Regelungssignals in Abhängigkeit von der erfassten ersten Intensität, welches dem Wellenlängenstabilisierungsmittel zuführbar ist, gekennzeichnet durch

- einen zweiten Detektor (12,14) zur Erfassung einer zweiten Intensität von einem die zweite Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts und dadurch, dass
 - der Regelschaltkreis zur Erzeugung des Regelungssignals in Abhängigkeit von zusätzlich der erfassten zweiten Intensität ausgebildet ist.
2. Lasertracker (100, 110) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Gaslaser (10) einen Laserresonator mit einem vorderen Endspiegel und einem rückwärtigen Endspiegel in der Laserröhre aufweist, insbesondere wobei der Gaslaser (10) als Helium-Neon-Laser ausgebildet ist, und
 - das Wellenlängenstabilisierungsmittel eine mit dem Regelschaltkreis verbundene Vorrichtung (7, 7') zum Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre aufweist, insbesondere wobei der Regelschaltkreis zur Erzeugung des Regelungssignals beruhend auf einem Verhältnis zwischen der erfassten ersten Intensität und der erfassten zweiten Intensität ausgebildet ist.
 3. Lasertracker (100, 110) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gaslaser (10) ausgebildet ist zur Aussendung des Laserlichts zumindest in Form von einem aus einem Austrittsfenster (8) der Laserröhre austretenden Hauptstrahl (5').
 4. Lasertracker (100, 110) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Strahlrichtung nach dem Austrittsfenster (8) ein erster polarisationsabhängiger Strahlteiler (1) angeordnet ist, durch den der Hauptstrahl (5') in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil aufteilbar ist, insbesondere wobei der erste Strahlteiler (1) zusätzlich als das polarisationsabhängige Filter (1, 3) wirkt.
 5. Lasertracker (100, 110) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gaslaser (10) ausgebildet ist zur Aussendung des Laserlichts zusätzlich in Form von einem – aus einem rückwärtigen Hinter-Austrittsfenster (9) der Laserröhre austretenden – Wastebeam (6).
 6. Lasertracker (100, 110) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Strahlrichtung nach dem Hinter-Austrittsfenster (9) ein zweiter polarisationsabhängiger Strahlteiler (2) angeordnet ist, durch den der Wastebeam (6) in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil aufteilbar ist.
 7. Lasertracker (100, 110) nach einem der Ansprüche 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Detektor (11, 13) im Strahlengang
 - des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Hauptstrahls (5') dem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler (1) oder
 - des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Wastebeams (6) dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (2) nachgeordnet ist und
 - der die erste Longitudinalmode aufweisende Anteil des Hauptstrahls (5') durch den ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler (1) bzw.
 - der die erste Longitudinalmode aufweisende Anteil des Wastebeams (6) durch den zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (2) auf den ersten Detektor (11) lenkbar ist.
 8. Lasertracker (100, 110) nach einem der Ansprüche 4, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass
 - der zweite Detektor (12, 14) angeordnet ist im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Hauptstrahls (5') in Strahlrichtung nach dem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler (1), insbesondere wobei im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Hauptstrahls (5') in Strahlrichtung nach dem ersten polarisationsabhängigen Strahlteiler (1) ein teildurchlässiger Strahlteiler (4) angeordnet ist, durch welchen der die zweite Longitudinalmode aufweisende Anteil des Hauptstrahls (5') aufteilbar ist in einen als Interferometer-Messstrahlung (5) dienenden Messstrahl-Teil und einen auf den zweiten Detektor gelenkten Detektor-Teil, oder
 - der zweite Detektor (12,14) angeordnet ist im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils des Wastebeams (6) in Strahlrichtung nach dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (2).
 9. Lasertracker (100, 110) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang des Wastebeams (6) in Strahlrichtung vor dem zweiten polarisationsabhängigen Strahlteiler (2) ein optischer Keil (15) und ein Bandpassfilter (16) angeordnet sind, insbesondere wobei das Bandpassfilter (16) entweder als selbständiges optisches Bauteil ausgebildet oder als Beschichtung auf dem optischen Keil (15) aufgebracht ist.
 10. Lasertracker (100, 110) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Lasertracker (100, 110) zur fortlaufenden Verfolgung eines reflektierenden Ziels (810) und zur Positionsbestimmung des Ziels (810) ausgebildet ist, mit
 - einer eine Stehachse (410) definierenden Basis (400),
 - einer Strahlenkeinheit (160, 200) zur Emission der Messstrahlung (170, 210) und zum Empfang der am Ziel (810) reflektierten Messstrahlung, wobei die Strahlenkeinheit (160,200) um die Stehachse (410) und eine im Wesentlichen orthogonal zur Stehachse stehende Neigungsachse relativ zur Basis (400) motorisiert schwenkbar ist, und
 - einer Winkelmessfunktionalität zur Bestimmung einer Ausrichtung der Strahlenkeinheit (160,200) relativ zur Basis (400), insbesondere wobei der Lasertracker (100, 110) aufweist

- eine um die Stehachse (410) relativ zur Basis (400) motorisiert schwenkbare und die Neigungsachse definierende Stütze (300) und
 - eine als Strahlenkeinheit ausgebildete, um die Neigungsachse (310) relativ zur Stütze (300) motorisiert schwenkbare Anzeleinheit (200) mit einer Teleskopeinheit zur Emission der Messstrahlung (170, 210) und zum Empfang von zumindest einem Teil der am Ziel (810) reflektierten Messstrahlung.
11. Verfahren zur Stabilisierung der Wellenlänge eines von einem als Interferometer-Lichtquelle ausgebildeten Gaslasers (10) eines Lasertrackers (100, 110) ausgestrahlten Laserlichts mit mindestens einer ersten und einer zweiten jeweils linear polarisierten Longitudinalmode, wobei die erste und die zweite Longitudinalmode aufeinander folgende Moden mit konstantem Frequenzabstand bilden und orthogonale Polarisation zueinander aufweisen, und wobei der Lasertracker (100, 110) zur Bestimmung von Koordinaten von Raumpunkten ausgebildet ist und aufweist
 - ein für eine Distanzmessung vorgesehenes Interferometer,
 - den Gaslaser (10) sowie
 - einen polarisationsabhängigen Filter (1,3) zur Erzeugung einer nur die zweite Longitudinalmode aufweisenden Interferometer-Messstrahlung (5) mit definierter Messwellenlänge aus dem Laserlicht, und wobei im Rahmen des Verfahrens erfolgen
 - ein Erfassen von einer ersten Intensität von einem die erste Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts und
 - einem Wellenlängenstabilisieren des vom Gaslaser (10) ausgestrahlten Laserlichts in Abhängigkeit von der erfassten ersten Intensität, dadurch gekennzeichnet, dass
 - ein zusätzliches Erfassen von einer zweiten Intensität von einem die zweite Longitudinalmode aufweisenden Teil des Laserlichts und
 - das Wellenlängenstabilisieren zusätzlich in Abhängigkeit von der erfassten zweiten Intensität erfolgen.
 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Wellenlängenstabilisieren durch Heizen und/oder Kühlen der Laserröhre erfolgt, insbesondere beruhend auf einem Verhältnis zwischen der erfassten ersten Intensität und der erfassten zweiten Intensität.
 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Gaslaser (10) das Laserlicht in Form von einem aus einem Austrittsfenster (8) der Laserröhre austretenden Hauptstrahl (5') ausstrahlt.
 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein polarisationsabhängiges Aufteilen des Hauptstrahls (5') in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil erfolgt und im weiteren Strahlenverlauf
 - im Strahlengang des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils das Erfassen von der ersten Intensität erfolgt sowie
 - im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils das Erfassen von der zweiten Intensität erfolgt, wobei der die zweite Longitudinalmode aufweisende Anteil dafür vor dem Erfassen weiter aufgeteilt wird in einen als Interferometer-Messstrahlung (5) dienenden Messstrahl-Teil und einen Detektor-Teil, dessen Intensität als die zweite Intensität erfasst wird.
 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Gaslaser (10) das Laserlicht zusätzlich in Form von einem – aus einem rückwärtigen Hinter-Austrittsfenster (9) der Laserröhre austretenden – Wastebeam (6) ausstrahlt, dadurch gekennzeichnet, dass ein polarisationsabhängiges Aufteilen des Wastebeams (6) in einen die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteil und einen die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteil erfolgt und im weiteren Strahlenverlauf
 - im Strahlengang des die erste Longitudinalmode aufweisenden Anteils das Erfassen von der ersten Intensität erfolgt sowie
 - im Strahlengang des die zweite Longitudinalmode aufweisenden Anteils das Erfassen von der zweiten Intensität erfolgt, insbesondere wobei im Strahlengang des Wastebeams (6) in Strahlrichtung vor dem polarisationsabhängigen Aufteilen ein optischer Keil (15) angeordnet ist und ein Bandpassfiltern erfolgt.

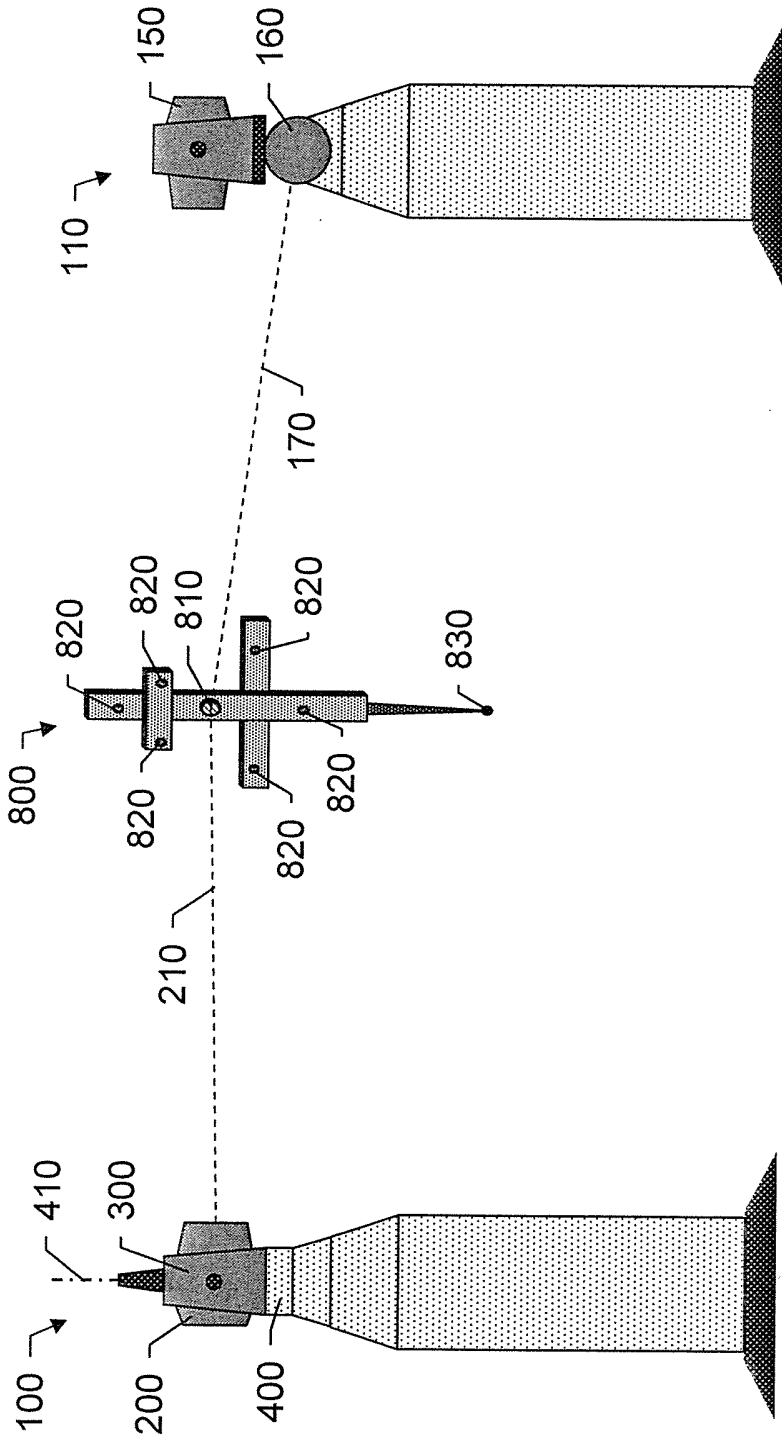
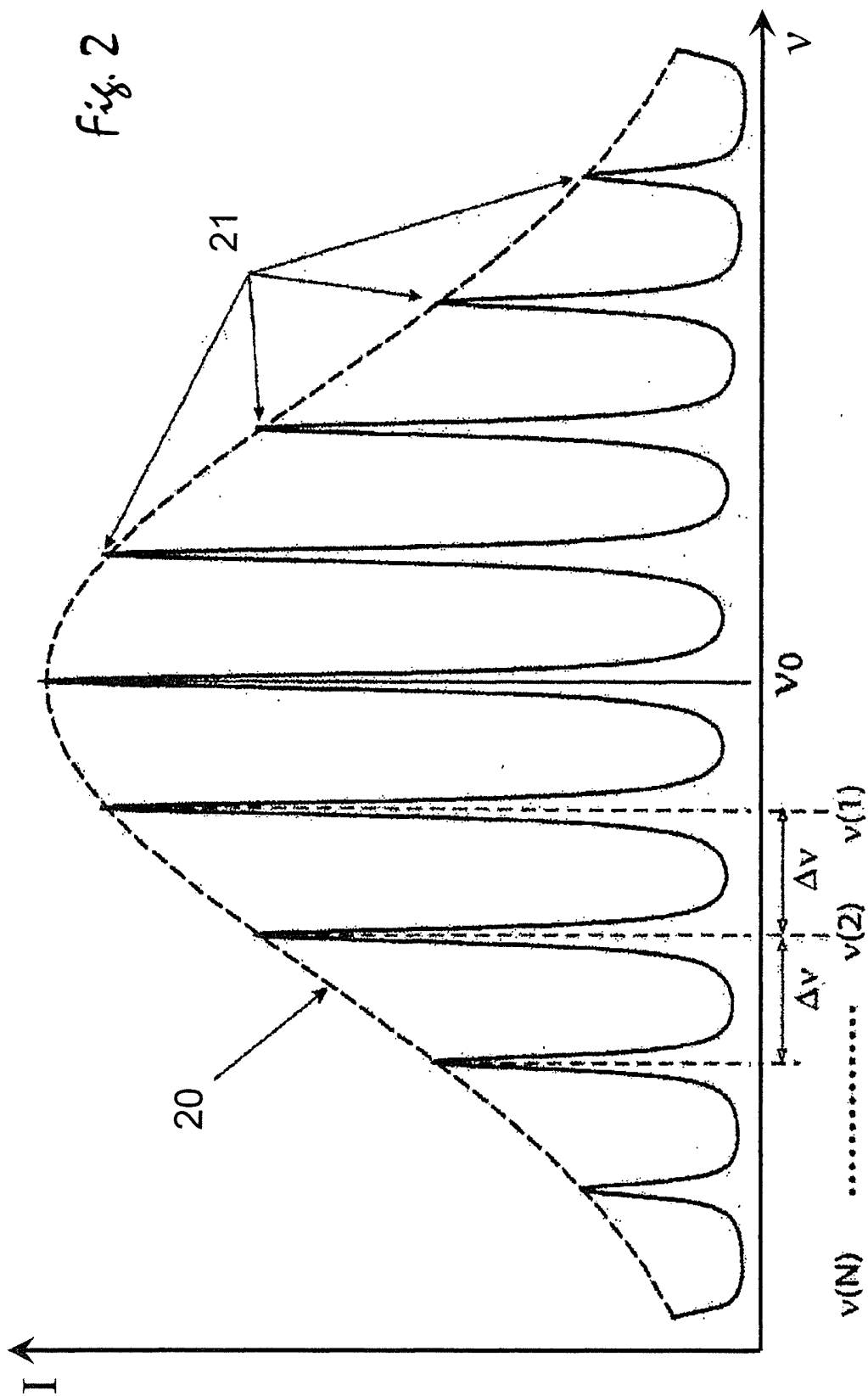


Fig. 1



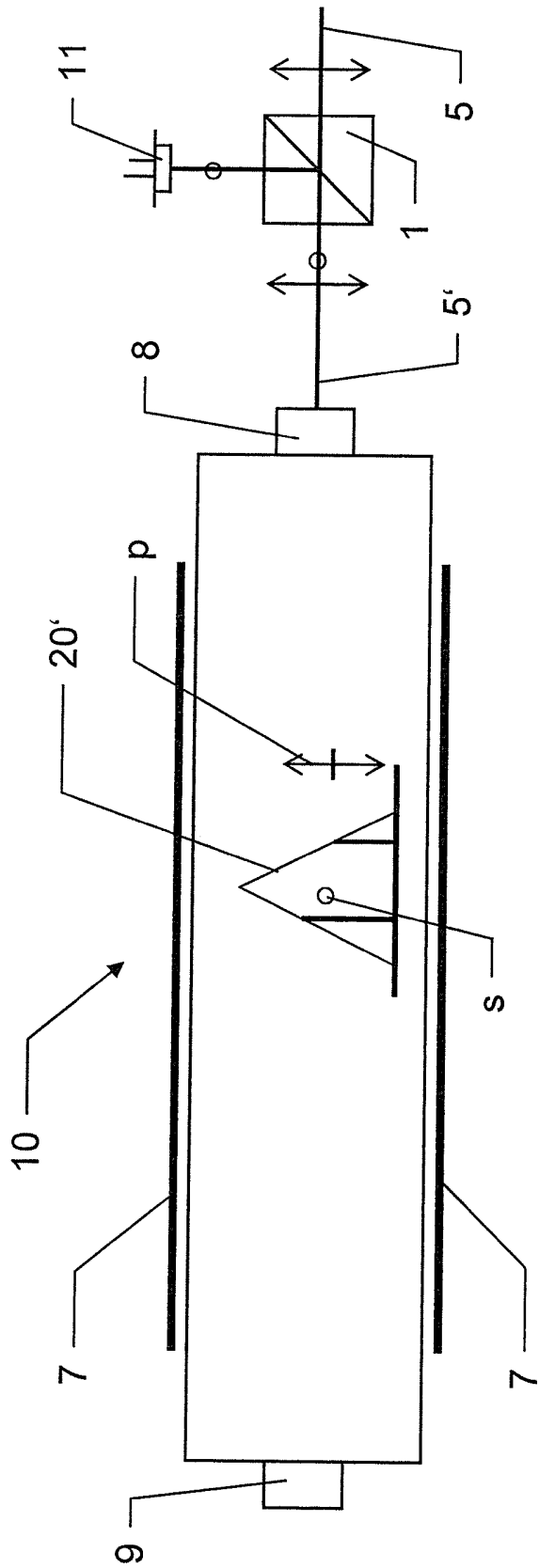


Fig. 3

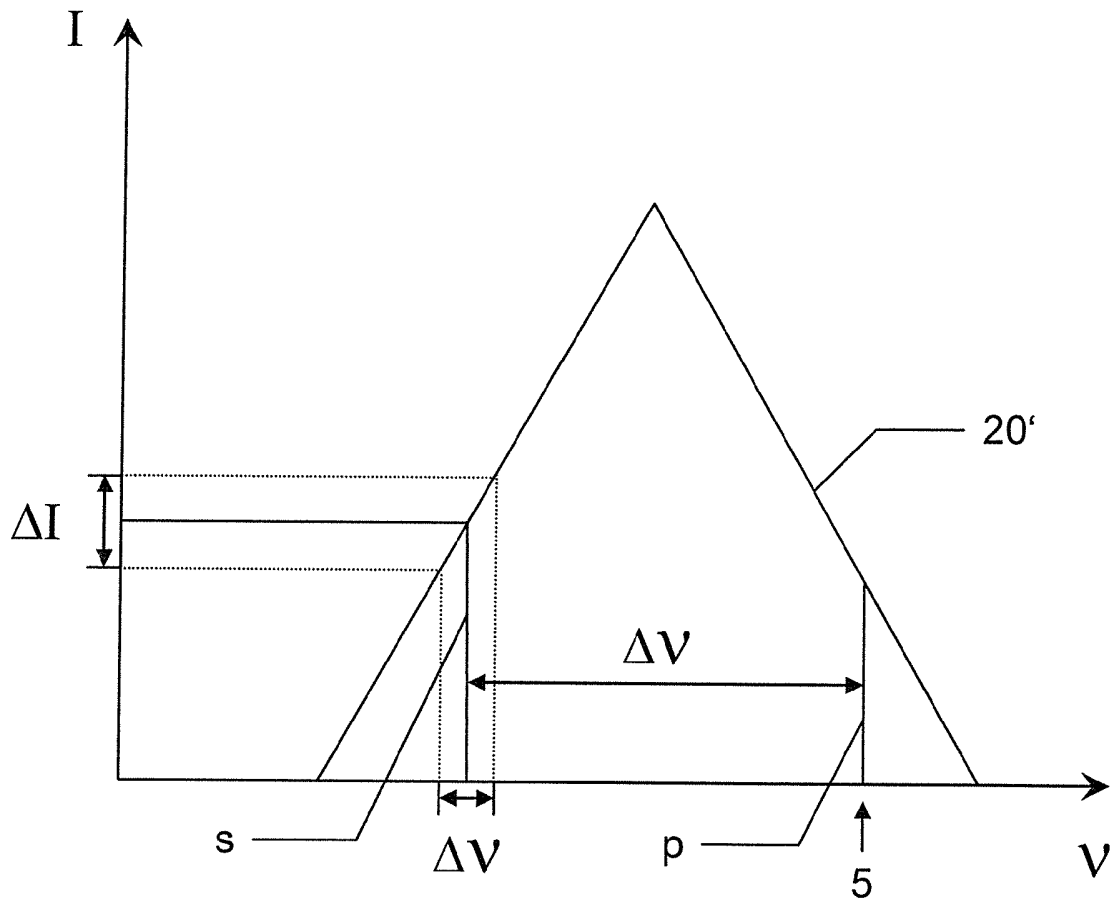


Fig. 4

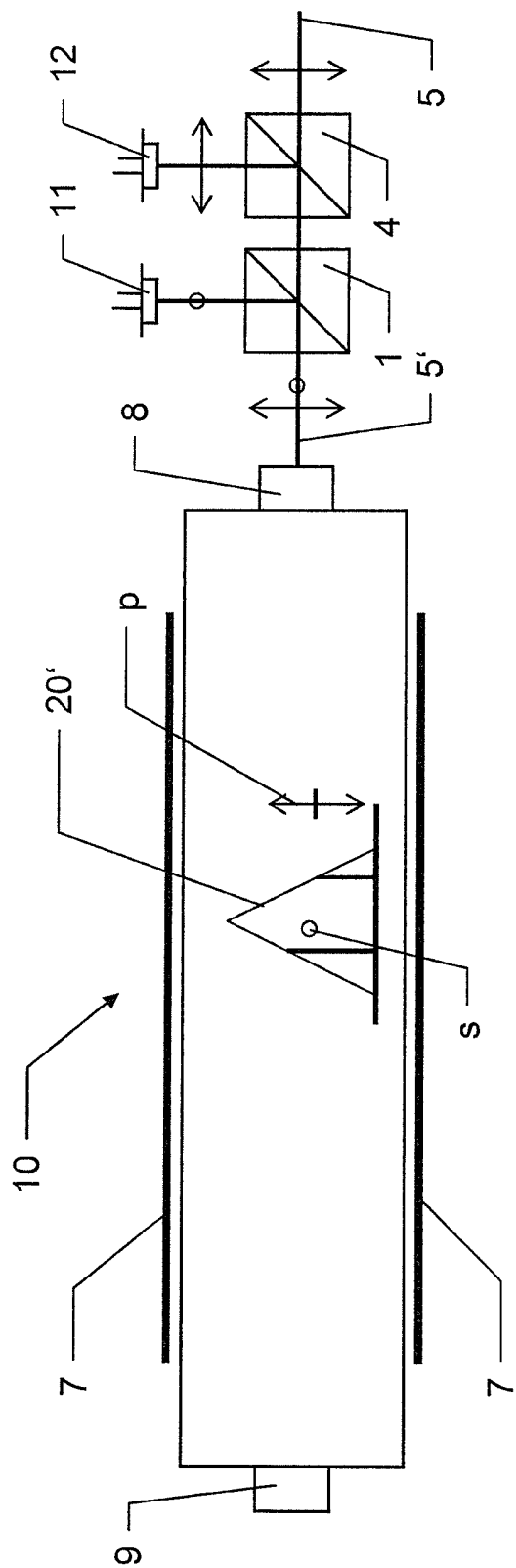


Fig. 5

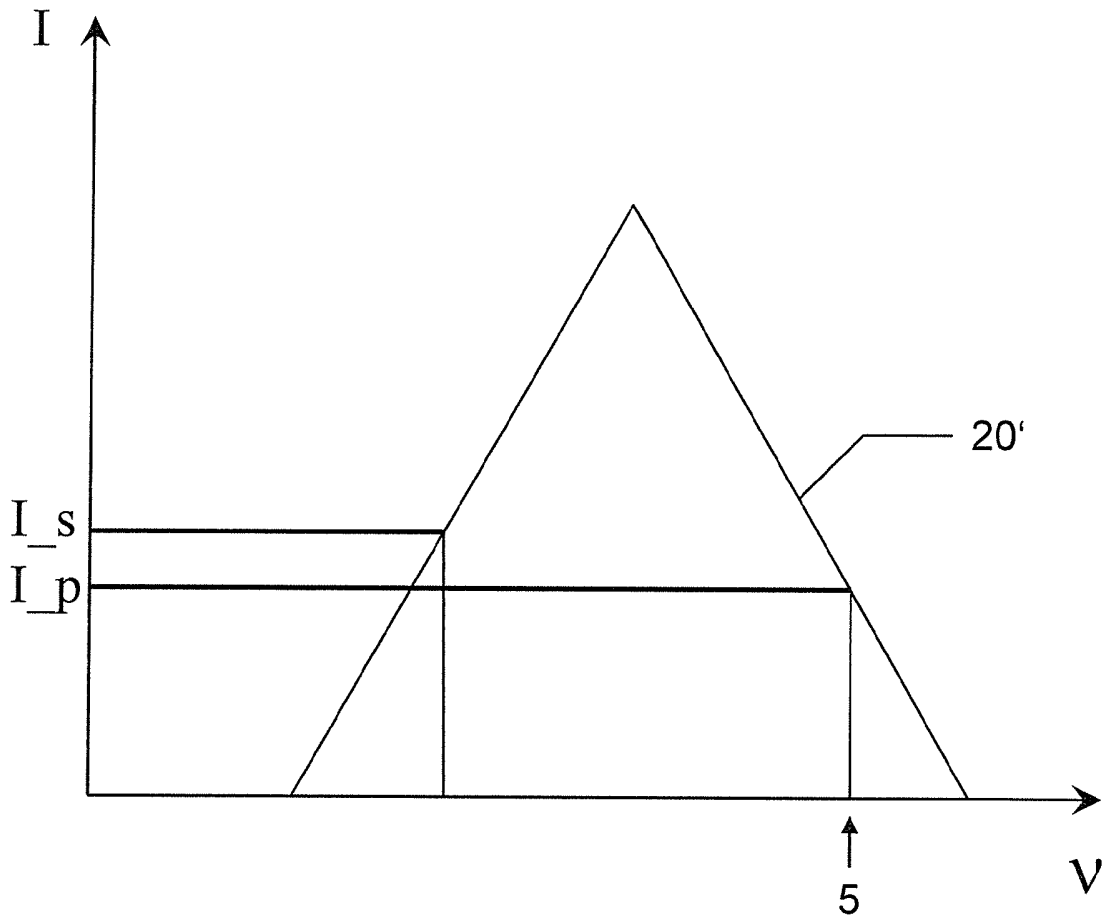


Fig. 6

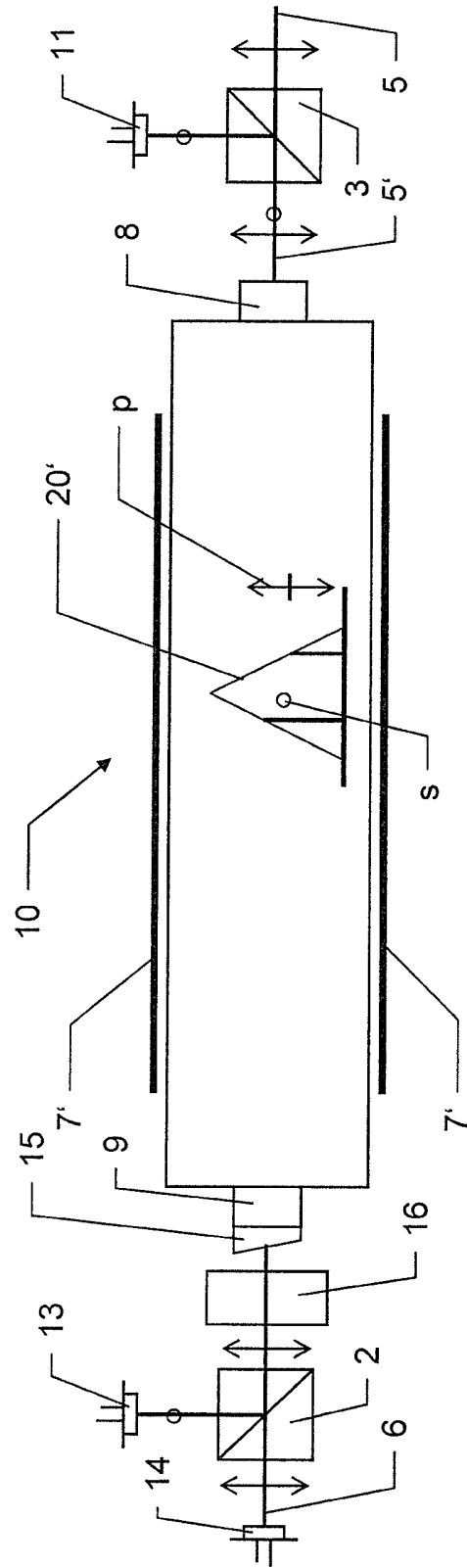


Fig. 7