



CH 683 130 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 683 130 A5

⑤① Int. Cl.⁵: G 01 N 21/41
G 01 B 9/02**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 1720/91

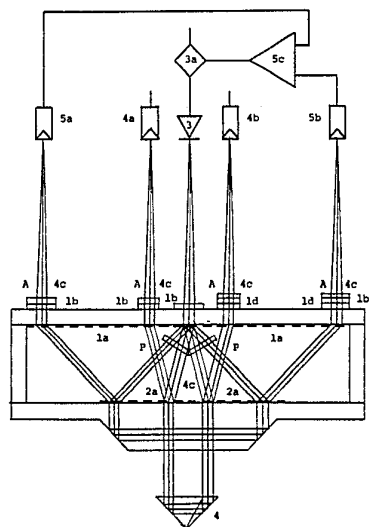
㉔ Anmeldungsdatum: 10.06.1991

㉔① Priorität(en): 11.06.1990 DE 4018664

㉔④ Patent erteilt: 14.01.1994

㉔⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 14.01.1994㉔⑦ Inhaber:
Althis AG, Horw Zustelladresse:, Seftigen㉔⑦ Erfinder:
Kerner, Martin, Kirchdorf BE㉔④ **Gitterrefraktometer und Wellenlängenstabilisierung.**

㉔⑦ Es wird ein Gitterrefraktometer beschrieben, dessen Gitter (1 + 2) einen stabilen Luftabstand aufweisen und als interferometrische Strahlenteiler genutzt werden. Dieser Aufbau lässt verschiedene spektrometrische und interferometrische Kombinationen für die Wellenlängenstabilisierung (5a, 5b, 5c, 3a, 3) zu, verbunden mit einem Längenmessinterferometer (4, 4a, 4b, 4c) in den +/- 1. Beugungsordnungen. Die höheren Ordnungen werden in einem interferometrischen Strahlengang (3, 1a, 2a, 2, 2a, 1a, 5a, 5b, 5c, 3a, 3) zur Stabilisierung der Wellenlänge oder zur Messung des Brechungsindex der Luft (Abb. 3 + 4) genutzt. Die Kombination eines interferometrischen mit einem spektrometrischen Strahlengang der höheren Beugungsordnungen erlaubt es, die hochauflösende interferometrische Relativmessung spektrometrisch an die Referenz der Vakuumwellenlänge anzuschliessen, ohne dass eine Vakuumpumpe erforderlich ist. Ein frequenzmoduliertes Interferenz-Refraktometer wird als weitere Variante beschrieben.



CH 683 130 A5

Beschreibung

Die Patentanmeldung betrifft ein Gitterrefraktometer zur Messung des Brechungsindex eines Mediums und/oder zur Stabilisierung der Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung in diesem Medium.

In der interferometrischen Längenmesstechnik ist der Interferenzstreifenabstand der Massstab für die Messung. Dieser Interferenzstreifenabstand ist im Vakuum konstant und entspricht dem Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit zur Frequenz der Strahlung. In freier Atmosphäre ändert er sich in Abhängigkeit des Brechungsindex der Luft mit dem Wetter. Interferometer, die He-Ne-Gaslaser als Strahlungsquelle benutzen, sind frequenzstabilisiert, da die Entladungslinie der Anregung selbst sich als Frequenzreferenz anbietet. Die Einflüsse des Brechungsindex der Luft werden parametrisch gemessen, nach der Edlen'schen Formel berechnet und als Korrektur des interferometrischen Messwertes verwendet. Die Genauigkeit dieser Methode ist auf ca. $5 \cdot 10^{-7}$ begrenzt.

Wird als Strahlungsquelle ein Diodenlaser eingesetzt, so entfällt die interne Entladungslinie als Frequenzreferenz, der spektrale Emissionsbereich ist breit und die Frequenz ist abhängig vom Injektionsstrom und der Temperatur. Damit ein Diodenlaser für ein Interferometer der Längenmesstechnik verwendet werden kann, ist eine externe Referenz notwendig, die die Grösse der Frequenz oder Wellenlänge bestimmt und diese zeitlich stabilisiert.

Es sind frequenzstabilisierte Laserdioden als Laboraufbau bekannt, die bisher nicht für Längenmessinterferometer eingesetzt wurden.

Es sind Diodenlaser-Interferometer bekannt, deren Strahlungsquellen temperatur- und stromstabilisiert sind, deren Frequenz sich aufgrund von Hystereseeffekten und Alterserscheinungen ändert (EP-Anmeldung 135 000).

Es sind Refraktometer bekannt, die den Brechungsindex unabhängig vom Interferometer besser als $5 \cdot 10^{-7}$ messen, aber nicht eindeutig sind und deshalb vor jedem Gebrauch durch Evakuieren in aufwendiger Weise an die Vakuumwellenlänge angeschlossen werden müssen.

Es sind interferometrische Wellenlängenstabilisierungen bekannt, deren Referenz nur $10\,000\lambda$ lang sein dürfen, damit sie in einem Regelbereich von $\Delta n/n = 5 \cdot 10^{-5}$ eindeutig sind und deshalb eine begrenzte Auflösung haben. Für höhere Auflösung wurden mehrere gestufte Referenzen vorgeschlagen, die den Aufwand beträchtlich erhöhen (Wellenlängenstabilisation, in Feinwerktechnik und Messtechnik 87 [1979], 8, pp 368–372). Diese Nachteile können ohne zusätzlichen instrumentellen Aufwand vermieden werden, wenn ein Spektrometer als Refraktometer und als Wellenlängen- oder Frequenzreferenz verwendet wird, dessen Regelsignal durch Strahlablenkung erzeugt wird und nicht durch eine Interferenzerscheinung. Der absolute Referenzpunkt, das ist die Auslenkung unter Vakuum für den Brechungsindex $n = 1$, bleibt immer erhalten, die Messung ist absolut, wenn das Instrument so ausgeführt wird, dass die Parameter, die

den Brechungsindex des Mediums beeinflussen, keinen Einfluss auf die Instrumentendaten (Gitterkonstante und Gitterabstand) haben und die Genauigkeit der Messung nicht beeinflussen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu beschreiben zur refraktometrischen Messung des Brechungsindex eines Mediums und/oder zur Stabilisierung der Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung in diesem Medium.

Das erfindungsgemässe Gitterrefraktometer zur Messung des Brechungsindex eines Mediums und/oder zur Stabilisierung der Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung in diesem Medium ist dadurch gekennzeichnet,

– dass die refraktometrische Messstrecke zwischen mindestens zwei Gittern eines Mehrgitter-Interferometers liegt, deren Dimensionen von den Parametern, die den Brechungsindex des Mediums beeinflussen, unabhängig sind und

– dass die durch die Änderung des Brechungsindex des Mediums hervorgerufene Änderung der Wellenlänge spektrometrisch und/oder interferometrisch gemessen oder so geregelt wird, dass die Wellenlänge der Strahlung konstant bleibt.

Der Aufbau des Gitterrefraktometers zur Wellenlängenstabilisierung ist so aufgebaut, dass die parallel angeordneten Gitter als Strahlteiler für ein Längenmess-Interferometer und für das Refraktometer gemeinsam benutzt werden können. Dabei wird die Eigenart der Beugungsgitter genutzt, die Strahlung in mehrere Ordnungen zu beugen. Wird ein inkrementales transparentes Phasengitter verwendet, so werden ca. 80% der Intensität in die ± 1 . und ca. 7% in die ± 3 . Ordnung gebeugt. Es ist vorteilhaft, die ± 1 . Ordnung für das Längenmessinterferometer und die ± 3 . Ordnung für die Wellenlängenstabilisation zu verwenden. Für das zweite Gitter ergeben sich die Möglichkeiten, wiederum ein transparentes Phasengitter für die ± 1 . Ordnung zu verwenden, während für die ± 3 . Ordnung ein reflektierendes Phasengitter vorteilhafter ist. Die Verwendung eines Amplitudengitters ist ebenfalls denkbar. Für die Ablenkung der ± 3 . Ordnung in der Ebene des 2. Gitters kann auch nur ein Planspiegel verwendet werden. Am Ort des Planspiegels kann in der Ebene des zweiten Gitters auch ein DOE (für Diffractive Optical Element) angebracht werden. Das sind zweidimensionale Gitterstrukturen mit unterschiedlichen Gitterkonstanten, die den Strahl beugen und fokussieren. Die Wahl des geeigneten optischen Elementes in der Ebene des zweiten Gitters ist auch davon abhängig, welche Beugungsordnung nach dem zweiten bzw. welche nach dem dritten Gitter zur Signalgewinnung verwendet werden soll. Die Wahl der optimalen Kombination von Beugungsgitter und Beugungsordnung des Zentralstrahles ist von der Wahl der Mess- oder Regelmethode abhängig. Es sind zwei Methoden möglich,

– die spektrometrische Ablenkung des Strahles, wobei man einen möglichst grossen Beugungswinkel erzielen möchte durch

- hohe Beugungsordnung und
- mehrfache Beugung hoher Ordnungen,
- die interferometrische Phasenmessung mit

- symmetrischem Aufbau der positiven und negativen Ordnung bei
- doppelter Auflösung infolge Gegenläufigkeit der Signale unter
- Berücksichtigung der Eindeutigkeit oder
- eine gemischte spektrometrische und interferometrische Anordnung hoher Auflösung mit Bezug auf den absoluten Referenzpunkt.

Aus all diesen Konstruktionsparametern können optimale Anordnungen für den Zweck der Messung des Brechungsindex der Luft oder der Regelung der Wellenlängenstabilität kombiniert werden.

Die Abb. 1 zeigt das aus zwei ebenen Phasengittern mit Luftabstand bestehende Interferenz-Refraktometer zur interferometrischen Längenmessung und zur Messung des Brechungsindex der Luft in einer der beiden höheren Ordnungen sowie die Stabilisierung der Wellenlänge in Abhängigkeit des Brechungsindex in der anderen.

Die Abb. 2 zeigt das aus zwei ebenen Phasengittern mit Luftabstand bestehende Interferenz-Refraktometer zur interferometrischen Längenmessung, wobei durch Überlagerung der beiden höheren Ordnungen ein weiteres Interferometer aufgebaut wird zur Stabilisierung der Wellenlänge durch Regelung der Frequenz der kohärenten Strahlungsquelle.

Die Abb. 3 zeigt ein Interferenz-Refraktometer mit Luftabstand zur Messung des Brechungsindex der Luft durch Frequenzmodulation der kohärenten Strahlungsquelle.

Die Abb. 4 zeigt ein Interferenz-Refraktometer mit Luftabstand zur interferometrischen Längenmessung und Wellenlänge zur Stabilisierung der kohärenten Strahlungsquelle in einen kleinen Frequenzbereich sowie die absolute Messung des Brechungsindex der Luft in seinem gesamten Variationsbereich.

Im folgenden wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigt die Abbildung 1 die schematische Darstellung eines spektrometrischen Gitterrefraktometers in zwei Ausführungsformen als messendes Refraktometer in der + 3. und als Wellenlängenstabilisierung in der - 3. Ordnung. Mit 1 und 2 sind die beiden parallelen Gitterträger bezeichnet mit stabilem Luftabstand. 1a, 2a sind transparente Phasengitter, 2c ist reflektierend unterlegt. 1b sind beugungsoptische, fokussierende Elemente in Durch- und 1c in Auflicht. Die Laserdioden 3 strahlt über den Kollimator 1b in das Gitter 1a, die Strahlung wird gebeugt, die 1. und 3. Ordnungen sind dargestellt. Die +/- 1. Ordnungen werden als Längenmessinterferometer benutzt, wobei die Verschiebung des Tripelprismas 4 gemessen wird. Nach der Beugung am Gitter 1a durchsetzen die beiden Strahlen der + und - 1. Ordnung je einen Polarisator 4c. Diese Polarisatoren stehen mit ihrer Polarisationsrichtung senkrecht zueinander und unter 45° zu den Gitterstrichen 1a. Dadurch werden die Strahlen der beiden Beugungsordnungen orthogonal zueinander polarisiert. Ein Teil dieser Strahlung wird am Gitter 2a als Referenzstrahl reflektiert, der andere als Messstrahl gebeugt, vom Tripelprisma 4 parallelversetzt und reflektiert. Im Gitter 2a

wird er erneut gebeugt und überlagert sich mit der reflektierten Strahlung der entgegengesetzten Ordnung. Der Messstrahl der + 1. Ordnung überlagert sich mit dem Referenzstrahl der - 1. Ordnung und umgekehrt, wobei sie zueinander orthogonal polarisiert sind. Ein Strahlenpaar von beiden wird durch eine $\lambda/4$ Platte 1d geleitet, verzögert und 90° phasenverschoben. Die als Analysatoren geschalteten Polarisatoren 4c stehen unter 45° zu den Polarisationsrichtungen der Strahlung und drehen sie in eine gemeinsame Ebene, sodass sie interferieren und die Interferenzerscheinungen von den Photodioden 4a und 4b detektiert werden können. Der Signalverlauf der beiden Detektoren ist gegenläufig.

Die + 3. Ordnung wird auf das reflektierende Phasengitter 2c gebeugt, die - 1. Ordnung dieser zweiten Beugung fällt auf das beugungsoptische Element 1c, wird nochmals gebeugt und auf die Photodiodenzeile 5 fokussiert zur rerefraktometrischen Messung durch Strahlauslenkung.

Die - 3. Ordnung wird ebenso mehrmals gebeugt und auf die Differentialphotodiode 6 fokussiert. Ein nachgeschalteter Komparator vergleicht die Intensitäten der Differentialphotodiode, regelt den Injektionsstrom der Laserdioden 3 und damit deren Frequenz derart, dass die Wellenlänge konstant bleibt.

Im folgenden wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigt die Abbildung 2 die schematische Darstellung eines interferometrischen Gitterrefraktometers für die +/- 3. Beugungsordnung. Mit 1 und 2 sind die beiden parallelen Gitterträger bezeichnet mit stabilem Luftabstand. 1a ist ein transparentes, 2a ein teilreflektierendes Phasengitter. 1b sind beugungsoptische fokussierende Elemente, 4c sind Polarisatoren beziehungsweise Analysatoren und 1d $\lambda/4$ Phasenplatten. Der interferometrische Aufbau ist als Abtastinterferometer für bewegte inkrementale Massstäbe (Pat. CH 669 846) bekannt. In vorliegendem Beispiel ist das Gitter 2a statisch und der Beugungswinkel des Strahles ändert sich in Abhängigkeit des Brechungsindex der Luft zwischen den beiden Gittern 1a und 2a. Dies hat die gleiche Wirkung wie die Abtastung der Gitterteilung 2a. Um die Eindeutigkeit zu wahren, darf der Regelbereich eine Gitterteilungsperiode nicht überschreiten. Das Mess- oder Regelsignal ist die Phasendifferenz zwischen den an den Photodioden 5a und 5b auftretenden Signalverläufen von sinus und cosinus. Die Regelung der Wellenlängenstabilisierung wird zweckmässigerweise auf einen Wert $\sin \alpha = \cos \beta$ einjustiert.

Die Laserdioden 3 strahlt über den Kollimator 1b in das Gitter 1a, die Strahlung wird gebeugt, die 1. und 3. Ordnungen sind dargestellt. Die +/- 1. Ordnung werden als Längenmessinterferometer genutzt, wobei die Verschiebungen des Tripelprismas 4 durch die Photodetektoren 4a und 4b gemessen werden. Die interferometrische Messung erfolgt in der gleichen Weise, wie sie für die Abbildung 1 beschrieben wurde.

Die +/- 3. Ordnung werden auf die teilreflektierenden Phasengitter 2a gebeugt, teils reflektiert, teils durchsetzen sie abgebeugt das Gitter, werden umgelenkt und parallel versetzt und gegenseitig

überlagert. Die beugungsoptischen Elemente 1b fokussieren die Strahlen auf die Photodetektoren 5a und 5b. Für die Wellenlängenstabilisierung vergleicht der Komparator 5c die Intensitäten, regelt über 3a den Injektionsstrom der Laserdiode 3 und damit deren Frequenz derart, dass die Wellenlänge konstant bleibt.

Im folgenden wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigt die Abbildung 3 die schematische Darstellung eines interferometrischen Gitterrefraktometers mit modulierter Frequenz. Mit 1 und 2 sind die beiden parallelen Gitterträger bezeichnet mit stabilem Luftabstand, wobei 2 als 180° Umlenkprisma ausgebildet ist, 1a ist ein transparentes, 2a ein teilreflektierendes Phasengitter. 1b sind beugungsoptisch fokussierende Elemente, 1d ist eine $\lambda/4$ Platte und 4c sind Polarisatoren. Die Laserdiode 3 strahlt über den Kollimator 1b in das Gitter 1a, die Strahlung wird gebeugt, von 4c so polarisiert, dass die Polarisation der + 1. und - 1. Ordnung zueinander orthogonal ausgerichtet sind, dann von Gitter 2a als Referenzstrahl teilreflektiert und als Messstrahl gebeugt, parallelversetzt und in den Ordnungen vertauscht umgelenkt und mit den Referenzstrahlen überlagert. Vom 1. Gitter nochmals abgebeugt und von den beugungsoptischen Elementen auf die Photodetektoren fokussiert, drehen die als Analysatoren geschalteten Polarisatoren 4c die orthogonalen Polarisationsrichtungen in eine gemeinsame Ebene und lassen sie interferieren. Der Injektionsstrom der Laserdiode 3 wird von einem Wechselstromgenerator 8 überlagert, der die Frequenz der Diodenemission sinusförmig moduliert. Die Modulation der Frequenz bewirkt eine periodische Änderung der Beugung am Gitter und damit eine Abtastung des zweiten Gitters durch den Strahl, was eine Oszillation der Interferenzerscheinung und damit des Signales am Detektor zur Folge hat. Die Amplitude des Wechselstromes sei so abgestimmt, dass die Auslenkung des gebeugten Strahles nicht mehr als eine Teilungsperiode des zweiten Gitters abtastet. Bei luftleerem Gitterabstand sind die Frequenz der Laserdiode (Gleichstromanteil des Injektionsstromes) und die Detektoren so justiert, dass ihre Phasenlage zum zweiten Gitter als absoluter Nullpunkt der Messung bekannt ist und ihre Phasendifferenz 90° beträgt, was durch die Verzögerung einer der beiden Strahlen durch das $\lambda/4$ Plättchen 1d erreicht wird. Der Gitterabstand ist so bemessen, dass durch die Änderung des Brechungsindex der Luft, innerhalb eines vorgegebenen Messbereiches, die Auslenkung des Strahles nicht grösser ist als eine Periode der Gitterteilung des zweiten Gitters. Der Brechungsindex entspricht der mittleren Phasenlage der Modulation gegenüber derjenigen des absoluten Referenzpunktes.

Im folgenden wird anhand der beiliegenden Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Es zeigt die Abbildung 4 die schematische Darstellung eines kombinierten Gitterspektrometers und -Interferometers für die hochauflösende Messung der Refraktion unter Beibehaltung des Bezuges auf den absoluten Referenzpunkt der

Vakuumwellenlänge. Mit 1 und 2 sind die beiden parallelen Gitterträger bezeichnet mit stabilem Luftabstand. 1a ist ein transparentes, 2a ein teilreflektierendes Phasengitter. 1b sind beugungsoptisch fokussierende Elemente. Mit 4 ist ein bewegliches, mit 7 ein festes Umlenkprisma bezeichnet. Die Laserdiode 3 strahlt über den Kollimator 1b in das Gitter 1a, die Strahlung wird gebeugt, vom Gitter 2a teilreflektiert und erneut gebeugt, über die Umlenkprismen 4 und 7 parallelversetzt reflektiert, überlagert sich mit der Strahlung zwischen den Gittern, wird am Gitter 1a gebeugt und durch 1b auf die Photodetektoren fokussiert. Es sind die +/- 1. und +/- 3. Ordnung der Beugung am Gitter 1a dargestellt. Die ersten Ordnungen werden als Längenmessinterferometer genutzt, wobei die Verschiebung des Umlenkprismas 4 in Wellenlängen gemessen wird. Die polarisationsoptischen Elemente sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet und können den Abbildungen 2 und 3 sinngemäss entnommen werden.

Die 3. Ordnungen werden auf das teilreflektierende Gitter 2a gebeugt und als Referenzstrahl reflektiert, über das Umlenkprisma 7 werden Teilintensitäten parallelversetzt, sodass die + 3. mit der - 3. Ordnung und umgekehrt zusammenfallen und interferieren können. Die Interferenzerscheinungen werden von den Dioden 6a und 6b detektiert. Darüber hinaus wird ein Teil der Intensität der +/- 3. Ordnung am Gitter 2a gebeugt, von dem die - 1. der + 3. und die + 1. der - 3. Ordnung als spektrometrische Strahlengänge betrachtet werden, die auf je ein beugungsoptisches Element 1b fallen, die von diesem zum drittenmal gebeugt und auf je eine Photodetektorzeile 5a und 5b fokussiert werden. Die beiden um eine halbe Teilung gegeneinander versetzten Photodetektorzeilen messen die Auslenkung des Strahles gegenüber dem absoluten Referenzpunkt und der Abstand der Elemente einer Zeile entspricht der Strahlauslenkung von einer Interferenzerscheinung zur anderen an den Photodetektoren 6a und 6b. Die Versetzung der Zeilen zueinander dient in Verbindung mit einer elektronischen Logik zur Definition des bestrahlten und damit zählenden Zeilenelementes für den Korrekturwert des Wellenlängenmassstabes des Interferometers.

In dieser Anordnung sind ein nicht eindeutiges hochauflösendes, phasenmessendes Doppelinterferometer und ein 3-Gitter-Doppelspektrometer vereint, zur refraktometrischen Messung und rechnerischen Korrektur der Wellenlänge.

Eine solche Anordnung ist für Strahlungsquellen mit kleiner Halbwertsbreite der Verstärkungskurve (typisch 500 MHz für einmodige He-Ne-Laser) als Wellenlängenstabilisierung geeignet. Die Verstärkerkurve lässt eine Variation der Frequenz von nur 10 E -6 zu, sodass für einen Regelbereich von 5 . 10 E -5 eine Zeile mit 50 Photodioden erforderlich ist. Im Interferometer wird die Interferenzerscheinung stationär gehalten bei gleichzeitiger Regelung der Frequenz, durch Änderung der Resonatorlänge. An den Grenzen des Regelbereiches führt eine elektronische Logik die Frequenz in die entgegengesetzte Lage des Regelbereiches, während gleichzeitig die spektrometrische Auslenkung auf die benachbarte

Photodiode der Zeile springt und damit den Korrekturwert berichtigt.

Die Verwendung von Gittern mit Luftabstand ermöglicht auf sehr einfache Art die Vereinigung der Strahlteiler eines Längenmessinterferometers mit dem eines Interferenz-Refraktometers und erlaubt die spektrometrische Messung der Refraktion. Der Referenzstrahl für die Interferometer wird im Strahlteiler erzeugt und benötigt keine zusätzlichen optischen Elemente. Der Gesamtaufbau kann kompakt, stabil und raumsparend ausgelegt werden ohne Justierung der einzelnen Elemente zueinander. Gegenüber herkömmlichen Geräten werden Interferometer und Refraktometer vereint und im Gesamtaufbau damit wesentlich vereinfacht, wobei durch die spektrometrische Komponente der Bezug auf die Vakuumwellenlänge zusätzlich gewährleistet ist.

Patentansprüche

1. Gitterrefraktometer zur Messung des Brechungsindex eines Mediums und/oder zur Stabilisierung der Wellenlänge einer elektromagnetischen Strahlung in diesem Medium, dadurch gekennzeichnet,

– dass die refraktometrische Messstrecke zwischen mindestens zwei Gittern eines Mehrgitter-Interferometers liegt, deren Dimensionen von den Parametern, die den Brechungsindex des Mediums beeinflussen, unabhängig sind und

– dass die durch die Änderung des Brechungsindex des Mediums hervorgerufene Änderung der Wellenlänge spektrometrisch und/oder interferometrisch gemessen oder so geregelt wird, dass die Wellenlänge der Strahlung konstant bleibt.

2. Gitterrefraktometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die höheren Ordnungen des gebeugten Strahles zur refraktometrischen Messung oder Regelung und die niedrigeren Ordnungen zur interferometrischen Längenmessung verwendet werden.

3. Gitterrefraktometer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die spektrometrische Winkelauslenkung des gebeugten Strahles das Mass für den Brechungsindex des Mediums oder das Signal für die Regelung der Wellenlänge ist und dass der Strahl mehrfach gebeugt wird.

4. Gitterrefraktometer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Winkelauslenkung des gebeugten Strahles am ersten Gitter vom zweiten Gitter – als Massstab – in eine interferometrische Messung gewandelt wird, wobei das zweite Gitter die Funktion des Strahlteilers übernimmt.

5. Gitterrefraktometer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlen, die das zweite Gitter durchsetzt haben, so umgelenkt werden, dass der Messstrahl der positiven Beugungsordnung mit dem Referenzstrahl der negativen interferieren kann und umgekehrt.

6. Gitterrefraktometer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlenteilergitter ein planes Phasengitter ist, mit einer Teilung durch periodisch wechselnden Brechungsindex, welches mit einer teilreflektierenden Schicht belegt ist.

7. Gitterrefraktometer nach Anspruch 6, dadurch

gekennzeichnet, dass der Strahl in seiner Frequenz moduliert wird und die Teilung des zweiten Gitters periodisch abtastet.

8. Gitterrefraktometer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die spektrometrische und die interferometrische Messung und Regelung kombiniert werden.

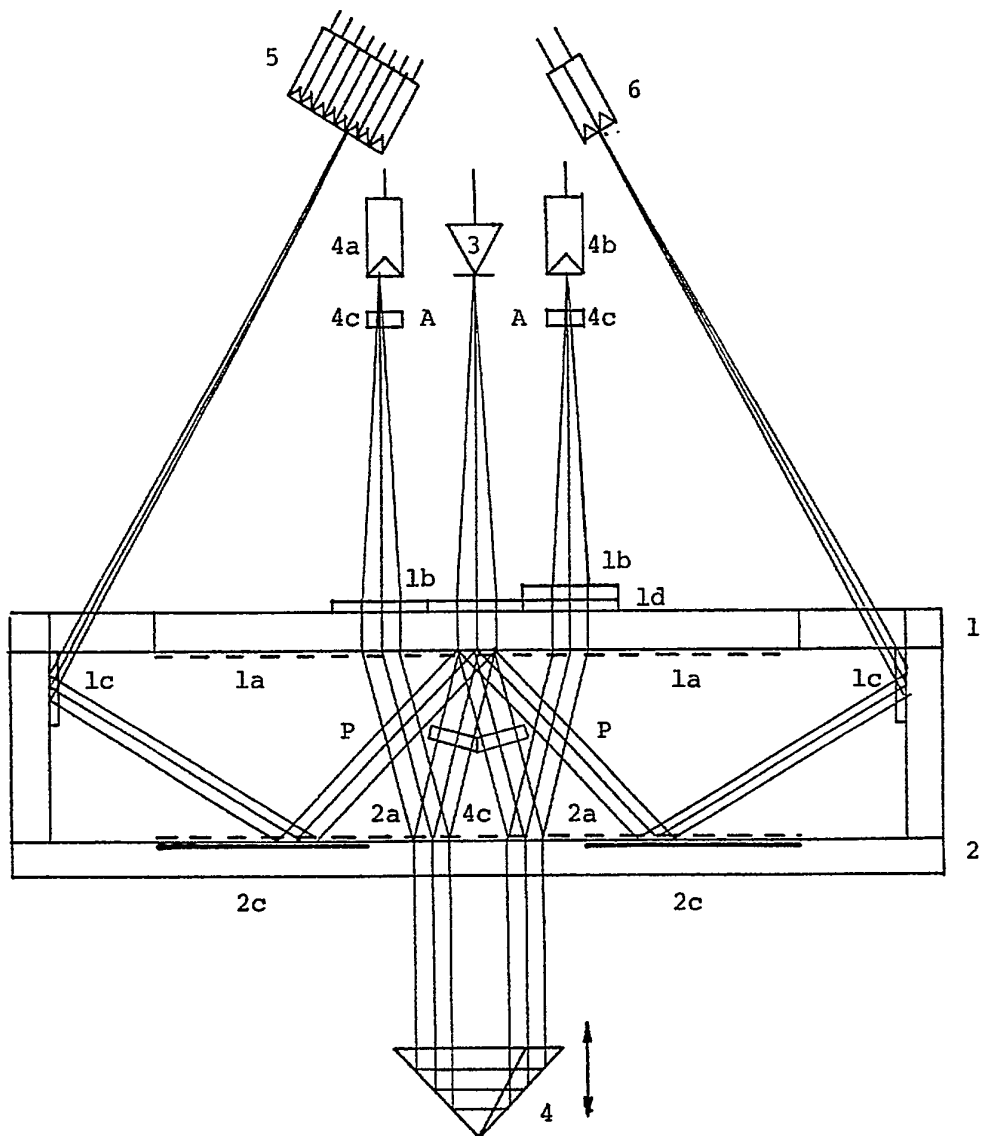


Abbildung 1

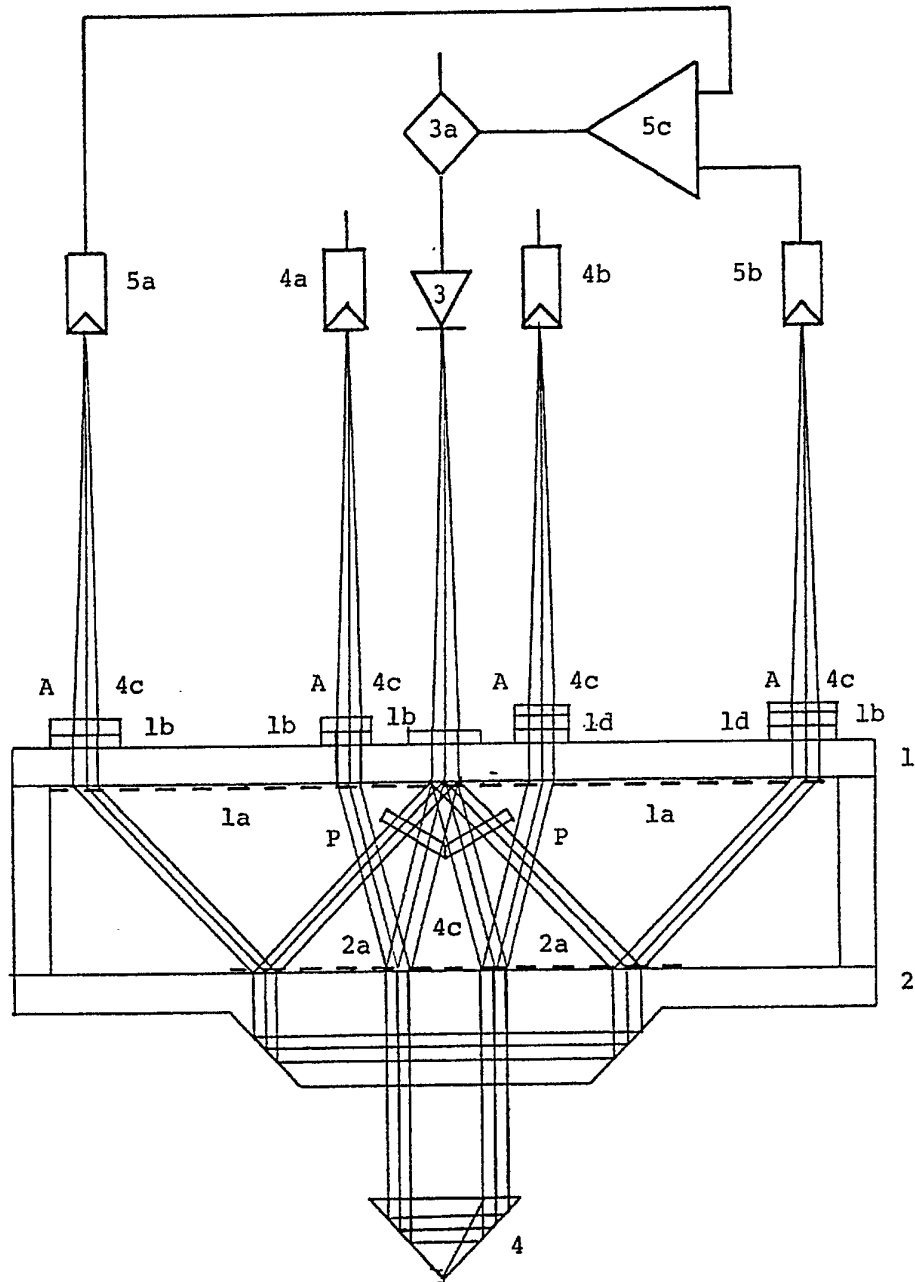


Abbildung 2

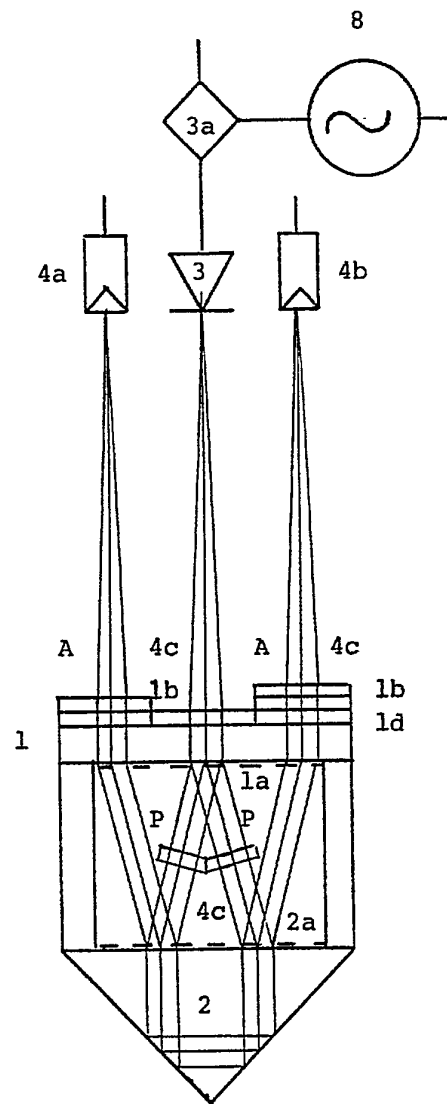


Abbildung 3

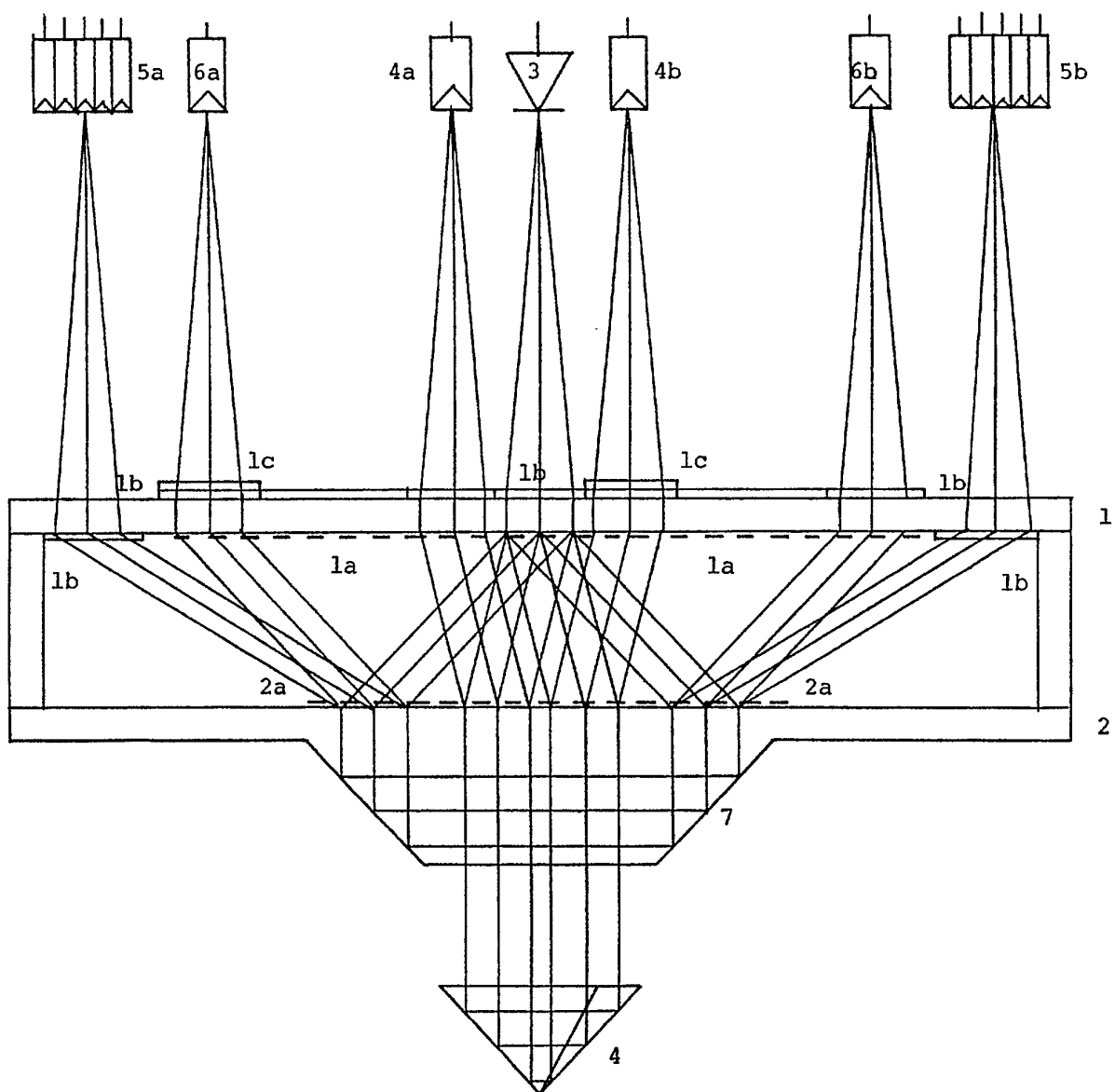


Abbildung 4