(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 008 601 B4** 2016.10.13

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 008 601.1**
(22) Anmeldetag: **10.06.2014**
(43) Offenlegungstag: **18.12.2014**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **13.10.2016**

(51) Int Cl.: ***G01J 3/04*** (2006.01)
G01J 3/02 (2006.01)
G01N 21/27 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
2013-125474 **14.06.2013** **JP**

(73) Patentinhaber:
Hitachi High-Technologies Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Patentanwälte Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München, DE

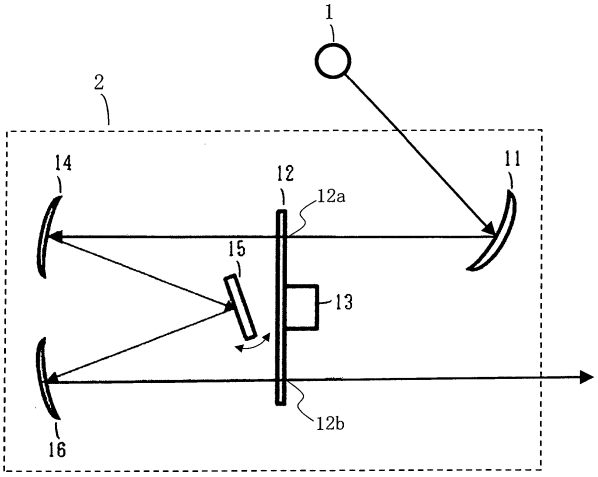
(72) Erfinder:
Sasano, Naoki c/o Hitachi High-Tech. Corp., Tokyo, JP; Kurimoto, Daisuke c/o Hitachi High-Tech. Corp., Tokyo, JP; Nakamura, Satoshi c/o Hitachi High-Tech. Corp., Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**19 66 910**	**U**
DE	**20 26 734**	**A**
JP	**S58- 88 625**	**A**

(54) Bezeichnung: **Spektralphotometer**

(57) Hauptanspruch: Zweistrahl-Spektralphotometer, umfassend:
eine Lichtquelle (1), die zur Erzeugung von Licht einer Mehrzahl von Wellenlängenkomponenten geeignet ist;
ein Spektroskop (2), das zur Zerlegung von einfallendem, von der Lichtquelle emittiertem Licht in monochromatisches Licht befähigt ist und das monochromatische Licht einer ausgewählten Wellenlänge emittiert;
einen Lichtteiler (3), der zur Teilung des vom Spektroskop emittierten Ausgangslichts in ein erstes Messlicht (4a) zur Bestrahlung einer Referenzprobe und in ein zweites Messlicht (6a) zur Bestrahlung einer Zielprobe befähigt ist;
einen Photodetektor (8), der zur Erfassung eines ersten Transmissionslichtstrahls (4b), der durch die Referenzprobe gegangen ist, und eines zweiten Transmissionslichtstrahls (6b), der durch die Zielprobe gegangen ist, befähigt ist;
eine Eingangsseiten-Schlitzplatte (12, 18), die auf einem optischen Weg des einfallenden Lichts angeordnet ist und einen Eingangsschlitz (12a, 18a) umfasst, der so ausgebildet ist, dass die Schlitzbreite entsprechend einer speziellen Antriebsverschiebung der Schlitzplatte kontinuierlich erweitert oder verengt wird;
eine Ausgangsseiten-Schlitzplatte (12, 20) auf dem optischen Weg des Ausgangslichts, die einen Ausgangsschlitz (12b, 20a) aufweist, der ähnlich wie der Eingangsschlitz ausgebildet ist;
einen Schrittmotor (13), der zum Bewegen der Eingangsseiten-Schlitzplatte und der Ausgangsseiten-Schlitzplatte in Verbindung miteinander in gleicher Richtung befähigt ist; und eine Schlitzsteuereinheit (10), die dazu befähigt ist, den ersten oder den zweiten Transmissionsstrahl (4b, 6b), der die höhere Lichtmenge aufweist, als Referenztransmissionsstrahl zu nehmen, wobei die Schlitzsteuereinheit festlegt, wie weit der Schrittmotor die Eingangsseiten-Schlitzplatte und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte verschiebt, so dass die Lichtmenge des Referenztransmissionsstrahls in einen vorgegebenen Bereich fällt, wobei: ...



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Zweistrahl-Spektralphotometer und insbesondere Zweistrahl-Spektralphotometer, die mit einem variablen Schlitzmechanismus ausgestattet sind.

2. Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Herkömmlicherweise treten bei einem üblichen Zweistrahl-Spektralphotometer Veränderungen der Energie einer Lichtquelle, des Wirkungsgrads eines optischen Systems mit einem Beugungsgitter und der Empfindlichkeit eines Photodetektors in Abhängigkeit von der Messlicht-Wellenlänge auf. Demzufolge verändert sich das Signalniveau in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Messlichts und somit ändert sich beim Zweistrahl-Spektralphotometer die Messgenauigkeit. Um eine derartige Veränderung der Messgenauigkeit in Abhängigkeit von der Wellenlänge zu unterdrücken, werden die beiden nachstehend aufgeführten, unabhängigen Verfahren jeweils im UV-sichtbaren Bereich und im Infrarotbereich angewandt.

[0003] Im UV-sichtbaren Bereich wird ein Differential-Feedback-Verfahren herangezogen, um eine angelegte Spannung (Empfindlichkeit) einer Photovervielfacherröhre (Photodetektor) zu korrigieren. Beim Differentialverfahren werden ein Referenz-Lichtstrahlsignal R oder ein Proben-Lichtstrahlsignal S – je nachdem, welches davon größer ist – jedes Mal bei der Erhebung von Daten als Referenz verwendet. Im Infrarotbereich wird andererseits ein Photodetektor, zum Beispiel ein photoleitendes Bleisulfid(PbS) -Element oder eine Indium-gallium-arsenid(InGaAs)-Photodiode verwendet. Da eine Korrektur der Empfindlichkeit wie im UV-sichtbaren Bereich unmöglich ist, wird in den vorstehenden Fällen die Lichtmenge des Messlichts gesteuert, indem man eine Schlitzbreite verändert, um die Veränderung des Signalniveaus des Messlichts zu unterdrücken.

[0004] Zu Beispielen für einen Spektralphotometer, der mit einem variablen Schlitzmechanismus ausgestattet ist, der die Veränderung der Schlitzbreite ermöglicht, gehören die in den japanischen Patentveröffentlichungen JP S61-281926 A und JP S58-108427 A (hier als Patentdokumente 1 bzw. 2 bezeichnet) beschriebenen Photometer. In dem im Patentdokument 1 beschriebenen Spektralphotometer wird eine Schlitzplatte, in der eine Mehrzahl von Schlitzen mit unterschiedlicher Breite ausgebildet ist, in Drehbewegung versetzt, um die Schlitzbreite zu verändern. Bei dem im Patentdokument 2 beschriebenen Spektralphotometer wird andererseits ein Schlitz durch eine räumliche Lücke zwischen zwei Kanten gebildet und diese Kanten werden in entgegengesetzte Richtungen bewegt, um die Schlitzbreite zu steuern.

[0005] Ähnlich offenbart DE 1 966 910 U ein Spektralphotometer mit einem Spektroskop (Monochromator) mit Schlitzen veränderlicher Breite auf dessen Eingangs- und Ausgangsseite. JP S58-88625 A offenbart ein Spektroskop mit keilförmigen Schlitzen, die einander diametral gegenüber in einer drehbaren Scheibe angebracht sind, um die Lichtmenge des einfallenden und des austretenden Strahl gemeinsam zu steuern. DE 2026734 A offenbart ein Zweistrahl-Spektralphotometer mit Abschwächern, um sowohl den Referenzstrahl als auch den Proben-Messstrahl unabhängig voneinander abschwächen zu können.

Zusammenfassende Darstellung der Erfindung

[0006] Bei dem im Patentdokument 1 beschriebenen Spektralphotometer werden etwaige Unterschiede in der Lichtmenge eines Messlichtstrahls zwischen Wellenlängen im nahen Infrarotbereich durch Schlitzverstellung verringert, um Veränderungen der Signalgenauigkeit zu unterdrücken. Da die wählbare Schlitzbreite begrenzt ist, können sich die Lichtmenge und/oder die Strahlgröße bei der Schlitzverstellung deutlich verändern und somit wird es wahrscheinlich, dass eine spektrale Unstetigkeit aufgrund einer Veränderung der Messgenauigkeit bei einer Wellenlänge, bei der der Schlitz verstellt wird, auftritt. Die spektrale Unstetigkeit kann beispielsweise durch eine spektrale Korrektur verringert werden. Es ist jedoch schwierig, die Einflüsse der Unstetigkeit vollständig zu beseitigen.

[0007] Wenn das im Patentdokument 2 beschriebene Spektralphotometer mit einem Schlitzmechanismus zur Messung verwendet wird, gilt es als schwierig, die Schlitzbreite genau zu steuern, wobei diese Schwierigkeit dazu führen kann, dass die Messgenauigkeit einer Variation unterliegt.

[0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Zweistrahl-Spektralphotometer bereitzustellen, der dazu geeignet ist, die wellenlängenspezifische Messgenauigkeit bei spektralen Messungen gleichmäßig zu gestalten und eine spektrale Unstetigkeit, die sich durch die Verstellung der Schlitzbreite ergibt, in einem schnell und effektiv auszuführenden Vorgang zu unterdrücken.

[0009] Zur Lösung der vorgenannten Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung ein Zweistrahl-Spektralphotometer nach Anspruch 1 bereit.

[0010] Die vorliegende Erfindung ermöglicht eine Vereinheitlichung der wellenlängenspezifischen Messgenauigkeit bei spektralen Messungen und die

Unterdrückung der spektralen Unstetigkeit, die sich durch das Verstellen der Schlitzbreite ergibt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß einer ersten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0012] Fig. 2 ist eine Darstellung eines Spektroskops gemäß der ersten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0013] Fig. 3 zeigt die Konfiguration einer Schlitzplatte gemäß der ersten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0014] Fig. 4 zeigt die Konfiguration einer Schlitzplatte gemäß einer herkömmlichen Technik.

[0015] Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Schlitzposition gemäß der ersten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0016] Fig. 6A zeigt die Ergebnisse einer Spektralmessung, die unter Verwendung eines Zweistrahl-Spektralphotometers auf der Basis der vorerwähnten herkömmlichen Technik erhalten worden sind.

[0017] Fig. 6B zeigt die Ergebnisse einer Spektralmessung, die unter Verwendung des Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß der ersten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform erhalten worden sind.

[0018] Fig. 7 ist ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung einer Schlitzposition in einem Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß einer zweiten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0019] Fig. 8 ist ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung einer Schlitzposition in einem Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß einer dritten Ausführungsform, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0020] Fig. 9 zeigt die Konfiguration eines Spektroskops in einem Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß einer vierten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

[0021] Fig. 10 zeigt die Konfiguration von Schlitzplatten im Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß der vierten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0022] Nachstehend werden grundlegende, nicht erfindungsgemäße Ausführungsformen eines Spektralphotometers und spezielle bevorzugte Ausführungsformen eines Spektralphotometers der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Erste Ausführungsform

[0023] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß einer ersten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform. Dieses Zweistrahl-Spektralphotometer bestrahlt unabhängig voneinander jeweils eine Referenzprobe und eine Zielprobe (eine zu messende Probe) mit einem Messstrahl von Licht, das aus der gleichen Lichtquelle erzeugt worden ist, und misst den Transmissionsgrad der Zielprobe mit einer Lichtmenge (Energie) des durch die Referenzprobe gehenden Messlichts als Referenz. Dieses Zweistrahl-Spektralphotometer **100** gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Lichtquelle **1**, ein Spektroskop **2**, einen Lichtteiler **3**, eine Referenzproben-Platzierungseinheit **5**, eine Zielproben-Platzierungseinheit **7**, einen Photodetektor **8**, eine Datenverarbeitungseinheit **9** und eine Schlitzsteuereinheit **10**.

[0024] Die Lichtquelle **1** erzeugt das Licht, das eine Mehrzahl von Wellenlängenkomponenten umfasst. Eine Deuteriumlampe oder eine Halogenlampe wird im Allgemeinen als Lichtquelle **1** verwendet. Das Spektroskop **2** zerlegt einfallendes Licht, das von der Lichtquelle **1** emittiert worden ist, in monochromatisches Licht für die jeweilige Wellenlänge und emittiert das monochromatische Licht einer ausgewählten Wellenlänge. Austretendes Licht, d. h. das monochromatische Licht, das vom Spektroskop **2** emittiert worden ist, wird in zwei Strahlen aufgeteilt, nämlich einen Referenzstrahl **4a** (erstes Messlicht) und einen Zielstrahl **6a** (zweites Messlicht), und zwar durch den Lichtteiler **3**. Der Lichtteiler **3** ist beispielsweise so ausgebildet, dass er Licht durch Rotieren eines Spiegels in einen Referenzstrahl und einen Zielstrahl aufteilt, oder er ist so ausgebildet, dass er Licht mittels eines Strahlteilers, wie eines Halbspiegels, teilt. Der Referenzstrahl **4a** gelangt in die Referenzproben-Platzierungseinheit **5** und bestrahlt die von der Referenzproben-Platzierungseinheit **5** gehaltene Referenzprobe. Der Zielstrahl **6a** gelangt in die Zielproben-Platzierungseinheit **7** und bestrahlt die von der Zielproben-Platzierungseinheit **7** gehaltene Probe. Das Licht **4b**, das durch die Referenzprobe gegangen ist, d. h. das erste transmittierte Licht, und das Licht **6b**, das durch die Zielprobe gegangen ist, d. h. das zweite transmittierte Licht, werden vom Photodetektor **8** erfasst. In einer UV-sichtbaren Region wird eine Photovervielfacherröhre als Photodetektor **8** verwendet, während in einer IR-Region ein Detektor, zum Beispiel ein photoleitendes PbS-Element oder eine InGaAs-Photodiode als Photodetektor **8** verwendet werden. Wenn der Lichtteiler **3** so ausgebildet ist, dass Licht durch Rotieren eines Spiegels geteilt wird, erfasst der Photodetektor **8**, der so kon-

struiert ist, dass er entweder eine einzelne Photovervielfacherröhre oder einen in der IR-Region verwendeten Detektor verwendet, abwechselnd das transmittierte Licht **4b** und das transmittierte Licht **6b**. Wenn der Lichtteiler **3** so ausgebildet ist, dass er Licht mittels eines Strahlteilers, zum Beispiel eines Halbspiegels, teilt, erfasst der Photodetektor **8**, der zwei Detektoren umfasst, konkurrierend die transmittierten Lichtstrahlen **4b** und **6b**. Die Datenverarbeitungseinheit **9** wandelt ein Detektionssignal, das vom Photodetektor **8** eingegeben worden ist, in einen Energiewert um und gibt dann den Energiewert zur Schlitzsteuerungseinheit **10** aus. Gemäß dem Energiewert, der aus der Datenverarbeitungseinheit **9** eingegeben worden ist, steuert die Schlitzsteuerungseinheit **10** eine Schlitzantriebsvorrichtung (nicht abgebildet), mit der das Spektroskop **2** ausgestattet ist.

[0025] Fig. 2 zeigt die Konfiguration des Spektroskops **2** gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Das Spektroskop **2** gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst einen Lichtquellenspiegel **11**, eine rotierende Schlitzplatte **12**, einen Schlitzmotor **13** (die Schlitzantriebsvorrichtung), einen Kollimationsspiegel **14** (zur Erzeugung paralleler Lichtstahlen), ein Beugungsgitter **15** und einen Konvergenzspiegel **16**. Das Spektroskop **2** gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist so aufgebaut, dass der optische Weg des einfallenden Lichts und der des ausfallenden Lichts zueinander parallel verlaufen. Die einzige rotierende Schlitzplatte **12**, die rotierbar auf den optischen Wegen sowohl des einfallenden Lichts als auch des austretenden Lichts angeordnet ist, kann sowohl die Energie des einfallenden Lichts als auch die des ausfallenden Lichts steuern.

[0026] Der einfallende Lichtstrahl, der von der Lichtquelle **1** emittiert worden ist und in das Spektroskop **2** gelangt ist, wird durch den Lichtquellenspiegel **11** zur Konvergenz gebracht und durchläuft einen Eingangsschlitz **12a** der rotierenden Schlitzplatte **12**. Nach Durchlaufen des Eingangsschlitzes **12a** wird das Licht durch den Kollimationsspiegel **14** in einen parallelen Verlauf gebracht und sodann in monochromatisches Licht für jede Wellenlänge zerlegt. Von dem gesamten monochromatischen Licht, das durch die Zerlegung erhalten worden ist, wird nur das monochromatische Licht einer ausgewählten Wellenlänge gemäß einem speziellen Winkel des Beugungsgitters **15** durch den Konvergenzspiegel **16** zur Konvergenz gebracht, durchläuft dann den Ausgangsschlitz **12b** der rotierenden Schlitzplatte **12** und wird als Messstrahl emittiert. Der Schlitzmotor **13** dreht die rotierende Schlitzplatte **12**, um die entsprechenden Schlitzbreiten des Eingangsschlitzes **12a** und des Ausgangsschlitzes **12b** zu verändern und um somit die Lichtmenge des Lichtstrahls zu steuern, die von den Lichtmengen des einfallenden Strahls und des austretenden Strahls festgelegt werden. Der Schlitzmotor **13** wird durch die in **Fig.** 1 dargestellte Schlitzsteuerungseinheit **10** in Bezug auf den Antrieb gesteuert.

[0027] Fig. 3 zeigt die rotierende Schlitzplatte **12** bei Betrachtung aus der Richtung der Rotationsachse des Schlitzmotors **13**, der in **Fig.** 2 dargestellt ist. Eine ähnliche Schlitzplatte ist aus JP S58-88625 A bekannt. Die rotierende Schlitzplatte **12** weist den Eingangsschlitz **12a** auf, der so ausgebildet ist, dass die Schlitzbreite gemäß einer bestimmten Rotationsverschiebung der Schlitzplatte **12** im Uhrzeigersinn kontinuierlich zunimmt, sowie den Ausgangsschlitz **12b**, der punktsymmetrisch um die Rotationsachse zum Eingangsschlitz **12a** ausgebildet ist. Ferner umfasst das Spektroskop **2** (dargestellt in **Fig.** 2) gemäß der vorliegenden Ausführungsform beispielsweise eine Lichtblockierungsplatte (nicht dargestellt), die unabhängig von der rotierenden Schlitzplatte **12** angeordnet ist. Das Spektroskop **2** ist so aufgebaut, dass diese lichtblockierende Platte eingesetzt wird, um zu gewährleisten, dass das Licht nur eine Lichtdurchgangsregion P durchläuft, eine Region mit der Höhe ”h”, die die Rotationsachse der rotierenden Schlitzplatte **12** umfasst. Dies bedeutet, dass der einfallende Lichtstahl eine rechteckige Region mit der Breite **12aw** und der Höhe ”h”, die durch den Eingangsschlitz **12a** und die Lichtdurchgangsregion P definiert werden, durchläuft und dass der austretende Lichtstrahl eine rechteckige Region mit der Breite **12bw** und der Höhe ”h”, die durch den Ausgangsschlitz **12b** und die Lichtdurchgangsregion P definiert werden, durchläuft. Eine Rotation der rotierenden Schlitzplatte **12** im Uhrzeigersinn (CW) vergrößert die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** in der Lichtdurchgangsregion P, wodurch die Lichtmenge des Messstrahls, die durch die Lichtmengen des einfallenden Strahls und des austretenden Strahls festgelegt werden, erhöht wird. Umgekehrt werden durch Rotation der rotierenden Schlitzplatte **12** gegen den Uhrzeigersinn (CCW) die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** in der Lichtdurchgangsregion P verringert, wodurch die Lichtmenge des Messstrahls verringert wird. Die Schlitze **12a**, **12b** können für die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** so ausgebildet werden, dass sie kontinuierlich entsprechend der speziellen Rotationsverschiebung der Schlitzplatte **12** in Richtung gegen den Uhrzeigersinn (CCW) ansteigen.

[0028] Der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt), der die rotierende Schlitzplatte **12** in Rotationsbewegung versetzt, umfasst einen Schrittmotor und treibt die rotierende Schlitzplatte **12** in Schritten mit einem definierten Winkel (Stufenwinkel ΔR) an. Wenn beispielsweise der in **Fig.** 2 dargestellte Schlitzmotor **13** in einer vorgegebenen Anzahl von Antriebsschritten, nämlich drei, betätigt wird, entspricht die Rotationsverschiebung der rotierenden Schlitzplatte **12** dem Wert $3\Delta R$. Die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** können durch Einstellen des Schrittwinkels ΔR kontinuierlich so gesteuert werden, dass sie ausreichend klein sind ($R2 - R1 >> \Delta R$) für eine Differenz zwischen einer

oberen Schlitzwinkelgrenze, bei der es sich um einen Schlitzwinkel R2 handelt, bei dem die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** mit der maximalen Schlitzbreite übereinstimmen, und einer unteren Schlitzwinkelgrenze, bei dem es sich um einen Schlitzwinkel R1 handelt, bei dem die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** mit der minimalen Schlitzbreite übereinstimmen. Die in **Fig.** 1 dargestellte Schlitzsteuereinheit **10** weist eine Obergrenze für die Anzahl der Schritte (= R2/ΔR) auf, bei der es sich um die Anzahl der Schritte handelt, die der Obergrenze des Schlitzwinkels R2 entsprechen, sowie eine Untergrenze der Anzahl von Schritten (= R1/ΔR), bei der es sich um die Anzahl von Schritten handelt, die der Untergrenze des Schlitzwinkels R1 entsprechen. Die Schlitzsteuereinheit **10** steuert den Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt), um die rotierende Schlitzplatte **12** in einer vorgegebenen Anzahl von Schritten zwischen der Untergrenze der Anzahl von Schritten und der Obergrenze der Anzahl von Schritten in Drehbewegung zu versetzen. Somit werden die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** in einem vorgegebenen Bereich zwischen der minimalen Schlitzbreite und der maximalen Schlitzbreite gesteuert.

[0029] Zum Vergleich wird hier die rotierende Schlitzplatte beim Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß herkömmlicher Technik beschrieben. **Fig.** 4 zeigt die Konfiguration der rotierenden Schlitzplatte gemäß herkömmlicher Technik. Die rotierende Schlitzplatte **17** gemäß der herkömmlichen Technik umfasst eine Eingangsschlitzregion **17a**, die aus einer Mehrzahl von Schlitzen mit unterschiedlichen Breiten gebildet ist, und eine Ausgangsschlitzregion **17b**, die punktsymmetrisch um eine Rotationsachse der Schlitzplatte zur Eingangsschlitzregion **17a** ausgebildet ist. Die Schlitzregionen **17a**, **17b** ermöglichen das stufenweise Verstellen der Schlitzbreite. Bei der rotierenden Schlitzplatte **17** dieser Konfiguration ist die verstellbare Schlitzbreite eingeschränkt und ermöglicht nicht eine kontinuierliche Verstellung der Schlitzbreite, was eine Schwankung der Messgenauigkeit aufgrund einer erheblichen Veränderung der Lichtmenge des Messstrahls während des Verstellens der Schlitzbreite verursacht.

Prozessablauf der Bestimmung der Schlitzposition

[0030] **Fig.** 5 zeigt den Ablauf des Prozesses bei der Bestimmung der Schlitzposition während der Spektralmessung unter Verwendung des Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Der Prozess zur Bestimmung der Schlitzposition wird durch die Schlitzsteuereinheit **10** (in **Fig.** 1 dargestellt) jedes Mal dann ausgeführt, wenn die Wellenlänge des Messstrahls durch das Spektroskop **2** (in **Fig.** 2 dargestellt) verändert wird. Die Messung mit dem Messstrahl einer neu gewählten Wellenlänge folgt der Bestimmung der Schlitzposition in dem die Schlitzposition bestimmenden Ablauf. Einzelheiten der Verfahrensstufen, die den Ablauf des Verfahrens zur Bestimmung der Schlitzposition darstellen, werden nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig.** 5 beschrieben.

[0031] Die Lichtmenge (Energie an der Zielstelle) des zweiten transmittierten Strahls, der die Zielprobe durchlaufen hat, wird in Stufe S1 gemessen. Die Lichtmenge (Energie an der Referenzstelle) des ersten transmittierten Strahls, der die Referenzprobe durchlaufen hat, wird in Stufe S2 gemessen. Die Energie an der Zielstelle (Lichtmenge des zweiten transmittierten Strahls) und die Energie an der Referenzstelle (Lichtmenge des ersten transmittierten Strahls) werden in Stufe S3 verglichen, um festzustellen, welcher Wert höher ist. Wenn in Stufe S3 festgestellt wird, dass die Energie an der Referenzstelle größer ist als die Energie an der Zielstelle, wird in Stufe S4 die Energie an der Referenzstelle als Referenzenergie E festgelegt (wobei der erste transmittierte Strahl als transmittierter Referenzstrahl genommen wird). Wenn umgekehrt in Stufe S3 festgestellt wird, dass die Energie an der Zielstelle größer als die Energie an der Referenzstelle ist, wird die Energie an der Zielstelle in Stufe S5 als Referenzenergie E festgelegt (wobei der zweite transmittierte Strahl als transmittierter Referenzstrahl genommen wird). Im Anschluss an die Stufen S4 oder S5 wird in Stufe S6 ein Verhältnis (%) der Referenzenergie E in Bezug zu einem Nachweisbereich des Photodetektors **8** (in **Fig.** 1 dargestellt) bestimmt.

[0032] Wenn in Stufe S6 festgestellt wird, dass die Referenzenergie E (Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls) größer als 80% des Nachweisbereichs und kleiner oder gleich 100% davon ist (d. h. in einen vorgegebenen Bereich fällt), wird in Stufe S11 die Schlitzposition bestimmt und der Vorgang beendet. Beim vorgegebenen Bereich handelt es sich hier um einen Bereich, in dem ein Signalniveau, das die Lichtmenge anzeigt, im Nachweisbereich des Photodetektors **8** liegt und das Signal-Rausch-Verhältnis (S/N-Verhältnis) in Bezug zur Nachweisauflösung des Photodetektors **8** ausreichend groß ist. In der vorliegenden Ausführungsform wird der vorgegebene Bereich beispielsweise so festgelegt, dass er größer als 80% des Nachweisbereiches und kleiner oder gleich 100% davon ist. Durch eine engere Einstellung des vorgegebenen Bereichs lässt sich die wellenlängenspezifische Messgenauigkeit in Bezug auf die Gleichmäßigkeit verbessern. Der vorgegebene Bereich muss jedoch so eingestellt werden, dass er größer als die Kontrollauflösung der Referenzenergie E ist (d. h. eine Variation der Referenzenergie E pro Stufenwinkel ΔR). Wenn der vorgegebene Bereich so eingestellt wird, dass er unter der Kontrollauflösung liegt, lässt sich die Lichtmenge kaum so steuern, dass sie in den vorgegebenen Bereich fällt.

[0033] Wenn in Stufe S6 festgestellt wird, dass die Referenzenergie E kleiner oder gleich 80% des Nach-

weisbereichs ist, wird der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in Stufe S7 im Uhrzeigersinn (CW) in Rotationsbewegung versetzt, wobei die Anzahl an Antriebsstufen 1 beträgt. Dadurch wird die rotierende Schlitzplatte **12** (in **Fig.** 3 dargestellt) im Uhrzeigersinn gedreht. Durch die Drehung der rotierenden Schlitzplatte **12** (in **Fig.** 3 dargestellt) im Uhrzeigersinn vergrößern sich die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** und somit die Lichtmenge des Messstrahls. Die Anzahl der Schritte, die einem momentanen Schlitzwinkel der rotierenden Schlitzplatte **12** in **Fig.** 3 entspricht (diese Anzahl an Schritten wird nachstehend als tatsächliche Schrittzahl bezeichnet), und die Obergrenze für die Anzahl an Schritten werden in Stufe S8 verglichen, um festzustellen, welcher der Werte größer ist. Wenn in Stufe S8 festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl kleiner als die Obergrenze der Schrittzahl ist, werden die Stufen S1 bis S6 wiederholt. Wenn umgekehrt in Stufe S8 festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl gleich mit der Obergrenze der Schrittzahl oder größer als diese ist, wird die Schlitzposition in Stufe S11 festgelegt und der Vorgang beendet.

[0034] Wenn in Stufe S6 festgestellt wird, dass die Referenzenergie E mehr als 100% des Nachweisbereichs beträgt, wird in Stufe S9 der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) mit einer Anzahl von Antriebsschritten, d. h. 1, gegen den Uhrzeigersinn (CCW) in Drehbewegung versetzt, wodurch die rotierende Schlitzplatte **12** (in **Fig.** 3 dargestellt) gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird. Die Drehung der Schlitzplatte **12** gegen den Uhrzeigersinn verengt die Schlitzbreiten **12aw**, **12bw** (beide in **Fig.** 3 dargestellt) und verringert die Lichtmenge des Messstrahls. Anschließend werden in Stufe S10 die tatsächliche Schrittzahl des Schrittmotors **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) und die Obergrenze der Schrittzahl miteinander verglichen, um festzustellen, welcher Wert größer ist.

[0035] Wenn in Stufe S10 festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl größer als die Untergrenze der Schrittzahl ist, werden die Stufen S1 bis S6 wiederholt. Wenn umgekehrt in Stufe S10 festgestellt wird, das die tatsächliche Schrittzahl kleiner als die Untergrenze der Schrittzahl oder gleich mit dieser ist, wird in Stufe S11 die Schlitzposition festgelegt und der Vorgang beendet.

Vorteilhafte Wirkung

[0036] Die vorliegende Ausführungsform mit der vorstehend geschilderten Konfiguration, bei der die Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls in einem vorgegebenen Bereich gehalten wird, selbst wenn sich die Wellenlänge des Messstrahls verändert, führt dazu, dass die wellenlängenspezifische Messgenauigkeit bei spektralen Messungen gleichmäßig wird und etwaige spektrale Unstetigkeiten, die sich aus einer Verstellung der Schlitzbreite ergeben, unterdrückt werden. Diese Wirkung wird nachstehend ausführlich unter Bezugnahme auf die **Fig.** 6A und **Fig.** 6B beschrieben. **Fig.** 6A zeigt das Ergebnis einer spektralen Messung, das unter Verwendung des Zweistrahl-Spektralphotometers auf der Basis der herkömmlichen Technik erhalten worden ist. **Fig.** 6B zeigt das Ergebnis einer spektralen Messung, das bei Verwendung des Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß der vorliegenden Ausführungsform erhalten worden ist. Während das in **Fig.** 6A dargestellte Spektrum eine Unstetigkeit aufweist, die auf das Verstellen der Schlitzbreite zurückzuführen ist, weist das in **Fig.** 6B dargestellte Spektrum keine derartige Unstetigkeit auf.

[0037] Das in **Fig.** 5 dargestellte Ablaufdiagramm für die Bestimmung der Schlitzposition kann auch zur Bestimmung der Schlitzposition während einer in Bezug auf die Zeit variierenden spektralen Messung herangezogen werden. Selbst wenn die Lichtmenge des Messstrahls sich im zeitlichen Verlauf verändert, werden in diesem Fall Veränderungen der Messgenauigkeit im Laufe der Zeit unterdrückt, da die Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls in einem vorgegebenen Bereich gehalten wird.

Zweite Ausführungsform

[0038] **Fig.** 7 ist ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung einer Schlitzposition in einem Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß einer zweiten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform. In **Fig.** 7 werden Verfahrensstufen, die den Verfahrensstufen des Ablaufdiagramms zur Bestimmung der Schlitzposition gemäß der ersten Ausführungsform (vergleiche **Fig.** 5) gleichwertig sind, mit den gleichen Bezugszeichen wie in **Fig.** 5 bezeichnet. Der Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist im Wesentlichen gleich aufgebaut, wie bei der in den **Fig.** 1 bis **Fig.** 3 dargestellten ersten Ausführungsform. Unterschiede im Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Schlitzposition zwischen der vorliegenden Ausführungsform und der ersten Ausführungsform werden nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig.** 7 beschrieben.

[0039] Die Energie an der Referenzstelle (Lichtenergie des ersten transmittierten Strahls) oder die Energie an der Zielstelle (Lichtmenge des zweiten transmittierten Strahls) werden in den Stufen S4 oder S5 bestimmt. Anschließend wird in Stufe S6A eine vergleichende Bestimmung in Bezug zur Referenzenergie E durchgeführt.

[0040] Wenn in Stufe S6A festgestellt wird, dass die Referenzenergie E (Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls) größer als 80% des Nachweisbereichs und kleiner oder gleich 100% davon ist (d. h. in den vorgegebenen Bereich fällt), wird die Schlitzposition in Stufe S11 festgelegt und der Vorgang beendet.

[0041] Wenn in Stufe S6A festgestellt wird, dass die Referenzenergie E kleiner oder gleich 80% des Nachweisbereichs ist, wird eine noch feinere Bestimmung in Einheiten von 10% durchgeführt und in Abhängigkeit vom Ergebnis dieser Bestimmung wird eine der Stufen S7A bis S7H durchgeführt. **Fig.** 7 zeigt nur die Stufe S7A, die dann folgt, wenn festgestellt wird, dass die Referenzenergie E größer als 0% und kleiner oder gleich 10% ist, und die Stufe S7H, die folgt, wenn festgestellt wird, dass die Referenzenergie E größer als 70% und kleiner oder gleich 80% ist. Die Verfahrensstufen, die in den übrigen Fällen folgen, werden in **Fig.** 7 weggelassen.

[0042] Wenn in Stufe S6A festgestellt wird, dass die Referenzenergie E größer als 70% des Nachweisbereichs und kleiner oder gleich 80% davon ist, wird der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in Stufe S7A im Uhrzeigersinn in einer Anzahl von Antriebsschritten, d. h. 1, in Rotationsbewegung versetzt. (Die dazwischenliegenden Stufen werden hier weggelassen). Wenn festgestellt wird, dass die Referenzenergie E größer als 0% und kleiner oder gleich 10% ist, wird in Stufe 7H der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in einer Anzahl von Antriebsschritten, nämlich 30, im Uhrzeigersinn in Rotationsbewegung versetzt.

[0043] Die Anzahl der Antriebsschritte in jeder der Stufen S7A bis S7H entspricht der Anzahl der Stufen, die benötigt wird, damit die Referenzenergie E in den Bereich fällt, der größer als 70% des Nachweisbereichs und kleiner oder gleich 80% davon ist (die dazwischenliegenden Stufen werden weggelassen) oder in den Bereich fällt, der größer als 0% und kleiner oder gleich 10% ist. Diese Anzahl wird so erhöht, dass sie in den vorgegebenen Bereich fällt, der größer als 80% des Nachweisbereichs und kleiner oder gleich 100% davon ist. Die Anzahl der Antriebsschritte, die diesen Energiebereichen entspricht, wird durch vorherige Experimente oder ähnliche Maßnahmen festgelegt. Diese Entsprechung wird in der Schlitzsteuerungseinheit **10** (in **Fig.** 1 dargestellt) als Information eingegeben, die eine Korrelation zwischen der Anzahl an Antriebsschritten des Schlitzmotors **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) und der Referenzenergie E (Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls) angibt.

[0044] Im Anschluss an eine der Stufen S7A bis S7H wird in Stufe S8A eine Vergleichsbestimmung zwischen der tatsächlichen Schrittzahl des Schlitzmotors **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) und der Obergrenze der Schrittzahl durchgeführt. Wenn in Stufe S8A festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl kleiner als die Obergrenze der Schrittzahl ist, wird die Schlitzposition in Stufe S11 bestimmt und der Vorgang beendet. Wenn umgekehrt in Stufe S8A festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl der Obergrenze der Schrittzahl entspricht oder größer als diese ist, wird der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in Stufe S8B gegen den Uhrzeigersinn in Rotationsbewegung gesetzt, bis die tatsächliche Schrittzahl mit der Obergrenze der Schrittzahl übereinstimmt. Anschließend wird in Stufe S11 die Schlitzposition festgelegt und der Vorgang beendet.

[0045] Wenn in Stufe S6A festgestellt wird, dass die Referenzenergie E größer als 100% des Nachweisbereichs ist, wird in Stufe 10A eine Vergleichsbestimmung zwischen der tatsächlichen Schrittzahl und der Obergrenze der Schrittzahl durchgeführt. Wenn in Stufe S10A festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl der Untergrenze der Schrittzahl entspricht oder kleiner als diese ist, wird die Schlitzposition in Stufe S11 festgelegt und der Vorgang beendet. Wenn umgekehrt in Stufe S10A festgestellt wird, dass die tatsächliche Schrittzahl größer als die Untergrenze der Schrittzahl ist, wird der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in Stufe S10B im Uhrzeigersinn in Rotationsbewegung versetzt, bis die tatsächliche Schrittzahl mit der Untergrenze der Schrittzahl übereinstimmt. Anschließend werden die Stufen S1 bis S6 wiederholt.

[0046] Beim Verfahren zur Bestimmung der Schlitzposition gemäß der vorliegenden Konfiguration lassen sich im Wesentlichen die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie bei der ersten Ausführungsform erzielen. Hinzu kommt, dass der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in den Stufen S7A bis S7H in Übereinstimmung mit der Information, die die Korrelation zwischen der Anzahl der Antriebsschritte des Schlitzmotors **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) und der Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls angibt, angetrieben wird. Somit wird die Anzahl der Vorgänge, bei der die Energie an der Zielstelle gemessen wird (in Stufe S1) und die Anzahl der Vorgänge, bei der die Energie an der Referenzstelle gemessen wird (in Stufe S2) jeweils auf maximal 2 gedrückt, was wiederum eine sofortige Bestimmung der Schlitzposition ermöglicht.

Dritte Ausführungsform

[0047] **Fig.** 8 ist ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung einer Schlitzposition in einem Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß einer dritten Ausführungsform, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. In **Fig.** 8 werden Verfahrensstufen, die mit den Verfahrensstufen des Ablaufdiagramms zur Bestimmung der Schlitzposition gemäß der ersten Ausführungsform (vergleiche **Fig.** 5) gleichwertig sind, mit den gleichen Bezugszeichen wie in **Fig.** 5 bezeichnet. Das Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist im Wesentlichen gleich aufgebaut, wie bei der in den **Fig.** 1 bis **Fig.** 3 dargestellten ersten Ausführungsform. Unterschiede im Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Schlitzposition zwischen der vorliegenden Ausführungsform und der ersten Ausführungsform werden

nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig.** 8 beschrieben.

[0048] Beim Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Schlitzposition gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird vor Messung der Energie an der Zielstelle in Stufe S1 die rotierende Schlitzplatte **12** (in **Fig.** 3 dargestellt) in Stufe S0 in eine wellenlängenabhängige Schlitzposition gedreht. Bei der wellenlängenabhängigen Schlitzposition handelt es sich hier um eine vorbestimmte Schlitzposition, bei der die Referenzenergie E (die Lichtmenge des transmittierten Referenzstrahls) in einen vorgegebenen Bereich fällt, der größer als 80% des Nachweisbereichs des Photodetektors **8** (in **Fig.** 1 dargestellt) und kleiner als 100% des Nachweisbereichs oder gleich damit ist, bezogen auf den Messstrahl einer aktuell gewählten Wellenlänge. Die vorgegebene Anzahl von Schritten, die einer vorgegebenen Schlitzposition entspricht, wird für jede Wellenlänge des Messstrahls vorher durch Experimente oder ähnliche Maßnahmen ermittelt und diese Entsprechung wird in der Schlitzsteuerungseinheit **10** als Information eingegeben, die die Korrelation zwischen der Wellenlänge des Messstrahls und der vorgegebenen Anzahl an Schritten anzeigt.

[0049] In der vorliegenden Ausführungsform mit der vorstehenden Konfiguration lassen sich im Wesentlichen die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie bei der ersten Ausführungsform erzielen. Hinzu kommt, dass der Schlitzmotor **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) in Stufe S0 gemäß den Informationen angetrieben wird, die die Entsprechung zwischen der Wellenlänge des Messstrahls und der vorgegebenen Anzahl an Schritten des Schlitzmotors **13** (in **Fig.** 2 dargestellt) angeben. Somit werden die Anzahl von Vorgängen zur Messung der Energie an der Zielstelle (in Stufe S1) und die Anzahl der Vorgänge bei der Messung der Energie an der Referenzstelle (in Stufe 2), die für die zu bestimmende Schlitzposition erforderlich sind, gesenkt, was wiederum eine sofortige Bestimmung der Schlitzposition ermöglicht.

Vierte Ausführungsform

[0050] **Fig.** 9 zeigt die Konfiguration eines Spektroskops in einem Zweistrahl-Spektralphotometer gemäß einer vierten, nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform. Das Spektroskop **2A** des Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst eine Eingangsseiten-Schlitzplatte **18**, einen Beugungsspiegel **19**, eine Ausgangsseiten-Schlitzplatte **20** und eine Schlitzantriebsvorrichtung (nicht dargestellt). Weitere Bestandteile des Zweistrahl-Spektralphotometers gemäß der vorliegenden Ausführungsformen sind im Wesentlichen die gleichen wie bei der ersten Ausführungsform, die in den **Fig.** 1 bis **Fig.** 3 dargestellt ist. Das Spektroskop **2A** der vorliegenden Ausführungsform ist so aufgebaut, dass ein optischer Weg eines einfallenden Strahls und der Weg eines austretenden Strahls nicht parallel zueinander verlaufen. Die Eingangsseiten-Schlitzplatte **18**, die auf dem optischen Weg des einfallenden Strahls angeordnet ist, steuert die Lichtmenge des einfallenden Strahls, und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte **20**, die auf dem optischen Weg des austretenden Strahls angeordnet ist, steuert die Lichtmenge des austretenden Strahls.

[0051] Der einfallende Lichtstahl, der von der Lichtquelle **1** emittiert worden ist und in das Spektroskop **2A** gelangt ist, durchläuft einen Eingangsschlitz **18a** der Eingangsseiten-Schlitzplatte **18** auf dem optischen Weg des einfallenden Strahls und anschließend wird dieses Licht durch den Beugungsspiegel **19** in monochromatisches Licht für die einzelnen Wellenlängen zerlegt. Vom gesamten monochromatischen Licht, das durch die Zerlegung erhalten worden ist, durchläuft nur das monochromatische Licht einer Wellenlänge, die gemäß einem speziellen Winkel des Beugungsspiegels **19** ausgewählt worden ist, einen Ausgangsschlitz **20a** der Ausgangsseiten-Schlitzplatte **20** auf dem optischen Weg des austretenden Strahls und wird als Messstrahl emittiert.

[0052] **Fig.** 10 zeigt die Konfiguration der Eingangsseiten-Schlitzplatte **18** und der Ausgangsseiten-Schlitzplatte **20** bei Betrachtung aus den Richtungen der optischen Wege des einfallenden Strahls bzw. des austretenden Strahls. Die Eingangsseiten-Schlitzplatte **18** weist einen Eingangsschlitz **18a** auf, der so ausgebildet ist, dass sich die Schlitzbreite **18w** kontinuierlich gemäß einer speziellen Verschiebung der Schlitzplatte in Abwärtsrichtung (AB) erweitert, und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte **20** weist einen Ausgangsschlitz **20a** auf, der in ähnlicher Weise wie der Eingangsschlitz **18a** ausgebildet ist. Die Schlitzantriebsvorrichtung (nicht dargestellt) gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst beispielsweise einen Schrittmotor und einen Rotations-Linear-Wandler in Kombination und diese Antriebsvorrichtung treibt die Eingangsseiten-Schlitzplatte **18** und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte **20** in Verbindung miteinander in vertikaler Richtung an. Der Antrieb der Schlitzplatten **18**, **20** in Abwärtsrichtung (AB) erweitert die Schlitzbreiten **18b**, **20w**, wodurch die Lichtmenge des Messstrahls erhöht wird. Umgekehrt werden durch Antrieb der Schlitzplatten in Aufwärtsrichtung (AUF) die Schlitzbreiten **18w**, **20w** verengt, wodurch die Lichtmenge des Messstrahls verringert wird. Die Schlitze **18a**, **20b** können für die Schlitzbreiten **18w**, **20w** so ausgebildet sein, dass sie sich kontinuierlich gemäß einer speziellen Verschiebung der Schlitzplatten in Aufwärtsrichtung (AUF) erweitern.

[0053] Es wurde ausgeführt, dass ein beliebiges Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Schlitzposition (**Fig.** 5, **Fig.** 7, **Fig.** 8) gemäß der ersten bis dritten Ausführungsform auf das Spektroskop **2** (in

Fig. 2 dargestellt), das mit einer einzigen rotierenden Schlitzplatte **12** (in **Fig.** 3 dargestellt) ausgestattet ist, angewandt wird. Wenn jedoch die Richtungen gegen den Uhrzeigersinn und im Uhrzeigersinn in der rotierenden Schlitzplatte **12** (in **Fig.** 3 dargestellt) so gelesen werden, dass sie die Aufwärts- bzw. Abwärtsrichtung in den Schlitzplatten **18**, **20** bedeuten, so können ebenfalls beliebige Ablaufdiagramme zur Bestimmung der Schlitzposition auf das Spektroskop **2A** (in **Fig.** 5 dargestellt) gemäß der vorliegenden Ausführungsform, die mit den Schlitzplatten **18**, **20** ausgestattet ist, angewandt werden. Im vorliegenden Fall werden in Abhängigkeit vom angewandten Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Schlitzposition im Wesentlichen die gleichen vorteilhaften Wirkungen wie bei der ersten bis dritten Ausführungsform erzielt.

Patentansprüche

1. Zweistrahl-Spektralphotometer, umfassend:
eine Lichtquelle (**1**), die zur Erzeugung von Licht einer Mehrzahl von Wellenlängenkomponenten geeignet ist;
ein Spektroskop (**2**), das zur Zerlegung von einfallendem, von der Lichtquelle emittiertem Licht in monochromatisches Licht befähigt ist und das monochromatische Licht einer ausgewählten Wellenlänge emittiert;
einen Lichtteiler (**3**), der zur Teilung des vom Spektroskop emittierten Ausgangslichts in ein erstes Messlicht (**4a**) zur Bestrahlung einer Referenzprobe und in ein zweites Messlicht (**6a**) zur Bestrahlung einer Zielprobe befähigt ist;
einen Photodetektor (**8**), der zur Erfassung eines ersten Transmissionslichtstrahls (**4b**), der durch die Referenzprobe gegangen ist, und eines zweiten Transmissionslichtstrahls (**6b**), der durch die Zielprobe gegangen ist, befähigt ist;
eine Eingangsseiten-Schlitzplatte (**12**, **18**), die auf einem optischen Weg des einfallenden Lichts angeordnet ist und einen Eingangsschlitz (**12a**, **18a**) umfasst, der so ausgebildet ist, dass die Schlitzbreite entsprechend einer speziellen Antriebsverschiebung der Schlitzplatte kontinuierlich erweitert oder verengt wird;
eine Ausgangsseiten-Schlitzplatte (**12**, **20**) auf dem optischen Weg des Ausgangslichts, die einen Ausgangsschlitz (**12b**, **20a**) aufweist, der ähnlich wie der Eingangsschlitz ausgebildet ist;
einen Schrittmotor (**13**), der zum Bewegen der Eingangsseiten-Schlitzplatte und der Ausgangsseiten-Schlitzplatte in Verbindung miteinander in gleicher Richtung befähigt ist;
und eine Schlitzsteuereinheit (**10**), die dazu befähigt ist, den ersten oder den zweiten Transmissionsstrahl (**4b**, **6b**), der die höhere Lichtmenge aufweist, als Referenztransmissionsstrahl zu nehmen, wobei die Schlitzsteuereinheit festlegt, wie weit der Schrittmotor die Eingangsseiten-Schlitzplatte und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte verschiebt, so dass die Lichtmenge des Referenztransmissionsstrahls in einen vorgegebenen Bereich fällt, wobei:
die Schlitzsteuereinheit (**10**) Informationen hält über die Korrelation zwischen einer Wellenlänge des monochromatischen Lichts und einer Schrittzahl des Schrittmotors zur Bewegung der Eingangsseiten- und der Ausgangsseiten-Schlitzplatte zu einer so vorbestimmten Position, dass die Lichtmenge des transmittierten Referenztransmissionsstrahls in den vorgegebenen Bereich fällt, und
die Schlitzsteuereinheit (**10**) eingerichtet ist, den Schrittmotor aufgrund der genannten Informationen zunächst zur Bewegung der Eingangsseiten- und der Ausgangsseiten-Schlitzplatte zu der für die ausgewählte Wellenlänge vorbestimmten Position zu steuern (S0) und dann mit weiteren Schritten so zu steuern (S7, S9), dass eine gemessene Lichtmenge des Referenztransmissionsstrahls in den vorgegebenen Bereich fällt.

2. Zweistrahl-Spektralphotometer nach Anspruch 1, wobei die Schlitzsteuereinheit (**10**) eingerichtet ist, wenn die gemessene Lichtmenge des Referenztransmissionsstrahls nicht in den vorgegebenen Bereich fällt, den Schrittmotor (**13**) mit einer vorgegebenen Anzahl an Schritten anzusteuern (S7, S9) und dann, wenn die gemessene Lichtmenge des Referenztransmissionsstrahls in den vorgegebenen Bereich fällt, die erreichte Schlitzposition festzulegen.

3. Zweistrahl-Spektralphotometer nach Anspruch 2, wobei die Schlitzsteuereinheit (**10**) eingerichtet ist, eine einer momentanen Schlitzposition der Eingangsseiten- und der Ausgangsseiten-Schlitzplatte (**12**; **18**, **20**) entsprechende tatsächliche Schrittzahl des Schrittmotors (**13**) mit einer Untergrenze und einer Obergrenze zu vergleichen (S8, S10) und die Einstellung der Schlitzposition zu beenden, wenn die Grenzen erreicht wurden.

4. Zweistrahl-Spektralphotometer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
das Spektroskop (**2**) so konstruiert ist, dass der optische Weg des einfallenden Lichts und der optische Weg des ausfallenden Lichts parallel zueinander verlaufen,
die Eingangsseiten-Schlitzplatte und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte als eine einzige rotierende Schlitzplatte (**12**) konstruiert sind, die einen Eingangsschlitz (**12a**) und einen Ausgangsschlitz (**12b**) aufweist, wobei der Eingangsschlitz so ausgebildet ist, dass er kontinuierlich die Schlitzbreite gemäß der Rotationsverschiebung erweitert oder verengt, und der Ausgangsschlitz punktsymmetrisch um eine Rotationsachse zum Eingangsschlitz ausgebildet ist, und
der Schrittmotor (**13**) die rotierende Schlitzplatte in Rotationsbewegung versetzt.

5. Zweistrahl-Spektralphotometer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
die Eingangsseiten-Schlitzplatte (**18**) einen Eingangsschlitz (**18a**) umfasst, der so ausgebildet ist, dass die Schlitzbreite gemäß einer speziellen vertikalen Verschiebung der Schlitzplatte kontinuierlich erweitert oder verengt wird,
die Ausgangsseiten-Schlitzplatte (**20**) einen Ausgangsschlitz (**20a**) aufweist, der ähnlich wie der Eingangsschlitz ausgebildet ist, und
der Schrittmotor (**13**) die Eingangsseiten-Schlitzplatte und die Ausgangsseiten-Schlitzplatte in Verbindung miteinander in vertikaler Richtung bewegt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

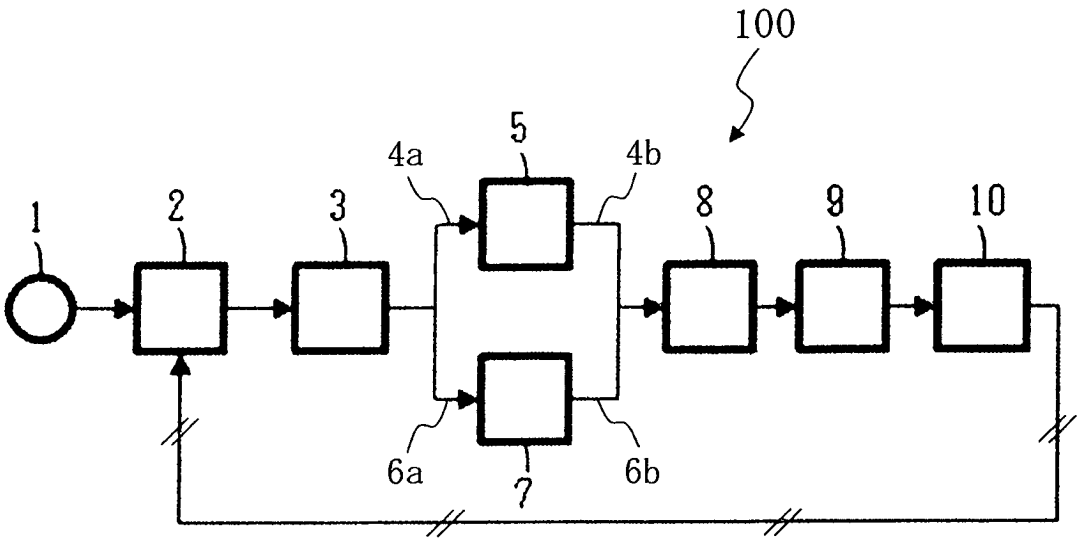


FIG. 2

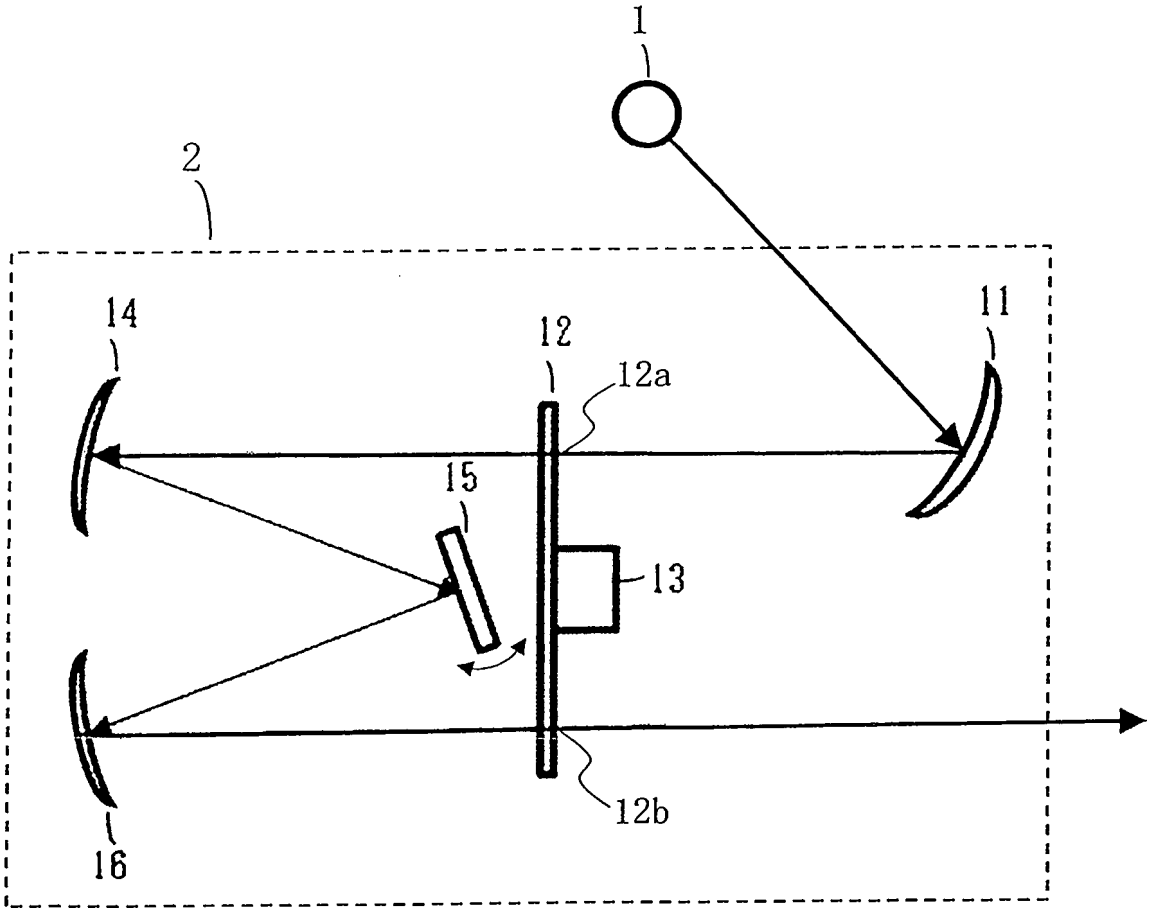


FIG. 3

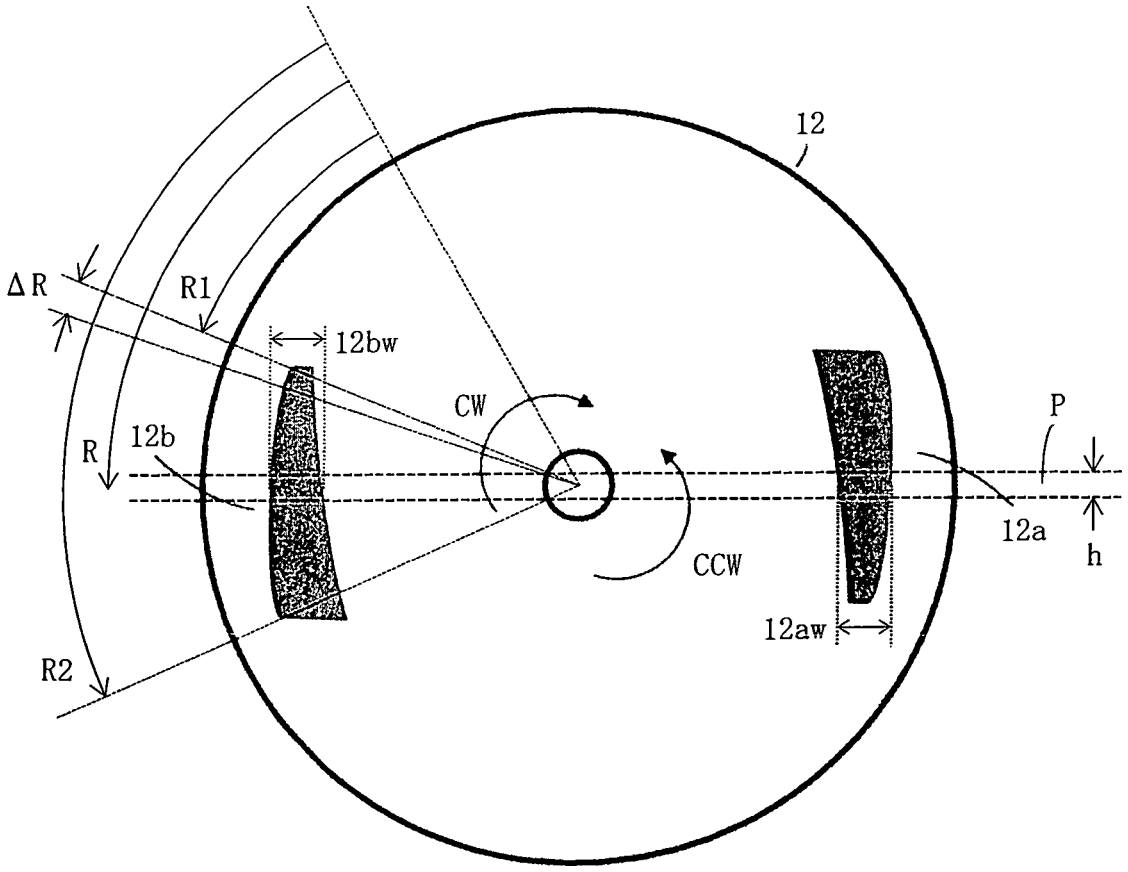
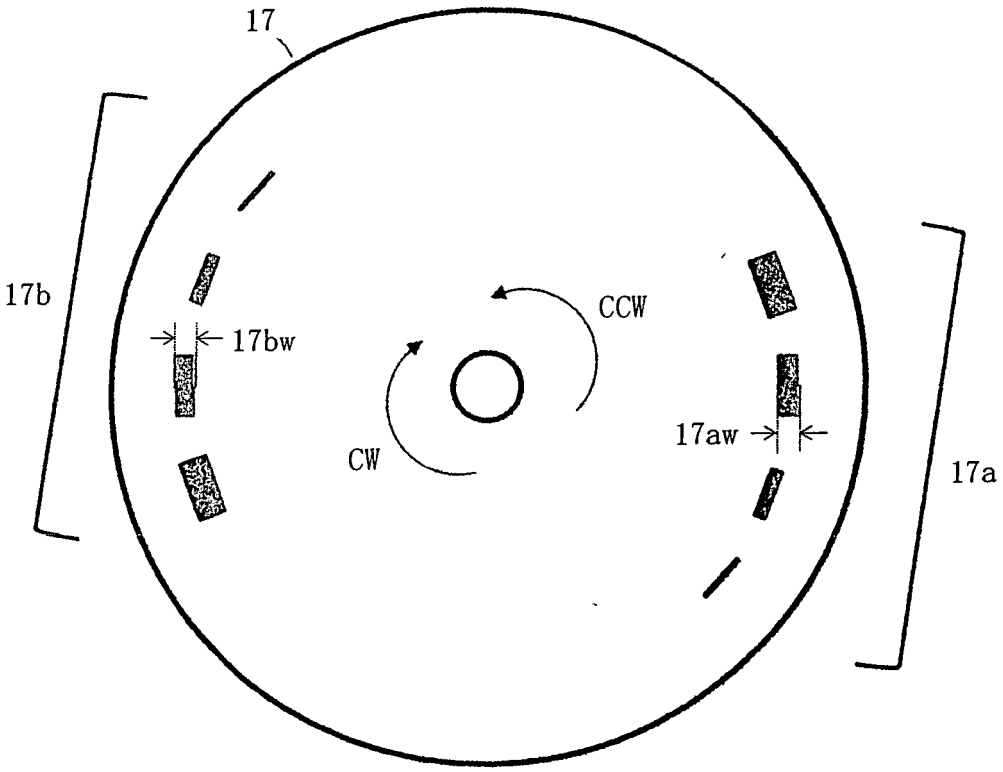


FIG. 4



Stand der Technik

FIG. 5

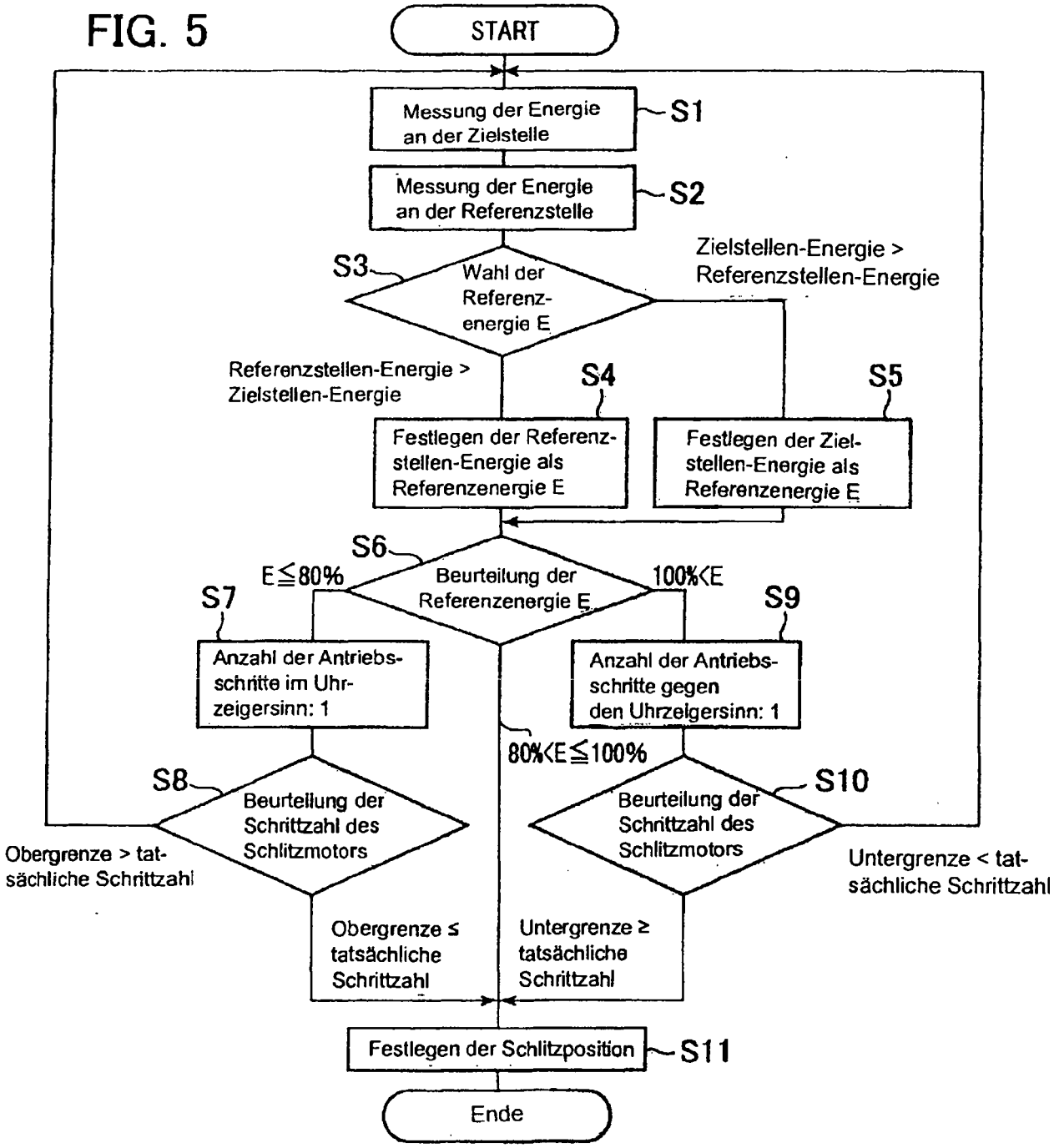
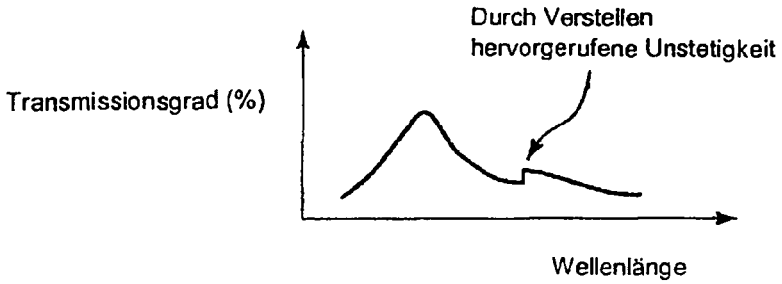


FIG. 6A



Stand der Technik

FIG. 6B

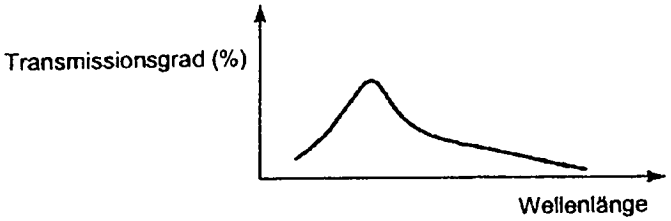

Transmissionsgrad (%)
Wellenlänge

FIG. 7

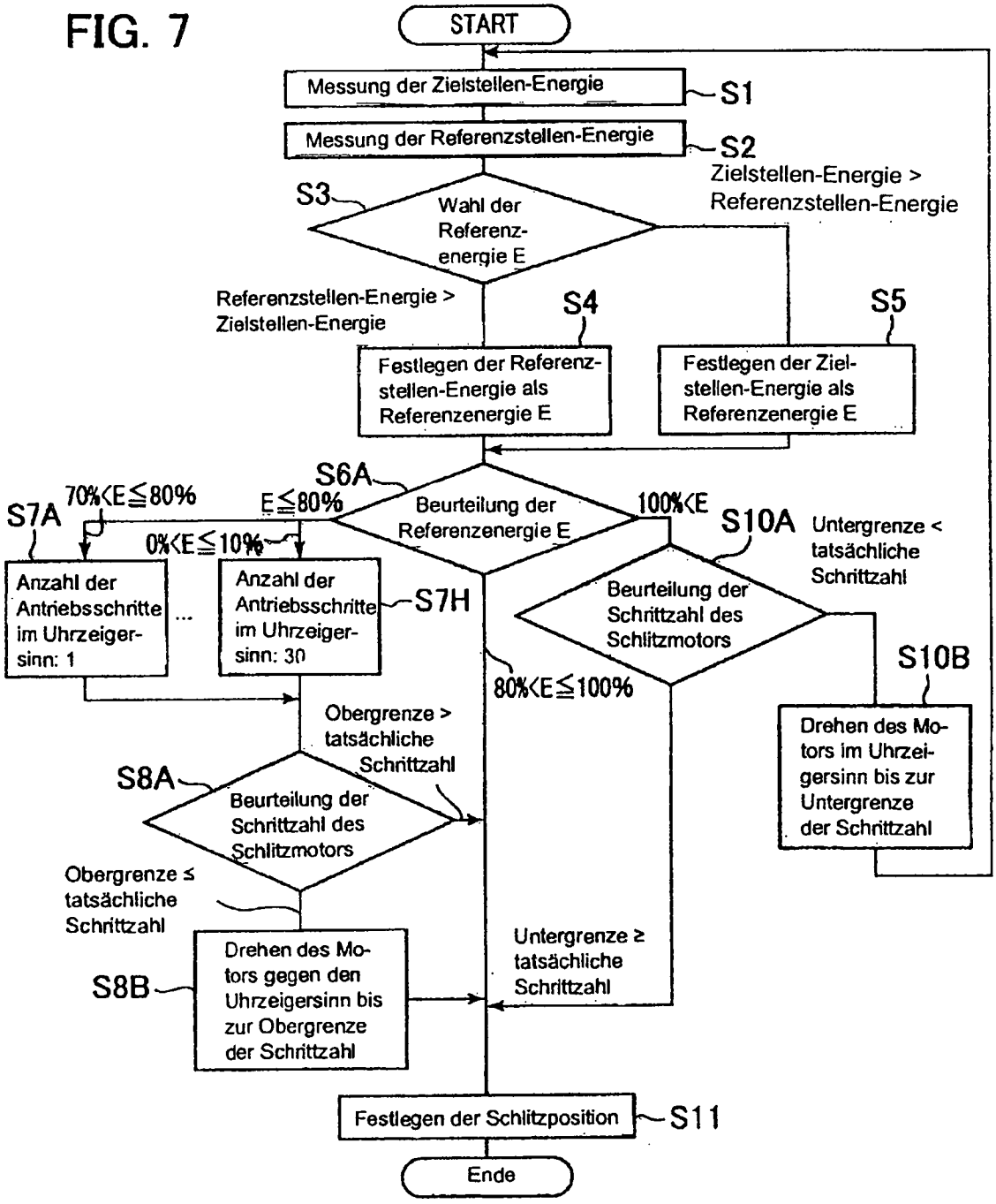

START
Messung der Zielstellen-Energie
S1
Messung der Referenzstellen-Energie
S2
Zielstellen-Energie > Referenzstellen-Energie
S3
Wahl der Referenz-energie E
Referenzstellen-Energie > Zielstellen-Energie
S4
S5
Festlegen der Referenz-stellen-Energie als Referenzenergie E
Festlegen der Ziel-stellen-Energie als Referenzenergie E
S6A
Beurteilung der Referenzenergie E
70%<E≦80%
E≦80%
100%<E
S7A
0%<E≦10%
Anzahl der Antriebsschritte im Uhrzeiger-sinn: 1
...
Anzahl der Antriebsschritte im Uhrzeiger-sinn: 30
S7H
S10A
Untergrenze < tatsächliche Schrittzahl
Beurteilung der Schrittzahl des Schlitzmotors
S10B
80%<E≦100%
Drehen des Mo-tors im Uhrzei-gersinn bis zur Untergrenze der Schrittzahl
Obergrenze > tatsächliche Schrittzahl
S8A
Beurteilung der Schrittzahl des Schlitzmotors
Obergrenze ≤ tatsächliche Schrittzahl
S8B
Drehen des Mo-tors gegen den Uhrzeigersinn bis zur Obergrenze der Schrittzahl
Untergrenze ≥ tatsächliche Schrittzahl
Festlegen der Schlitzposition
S11
Ende

FIG. 8

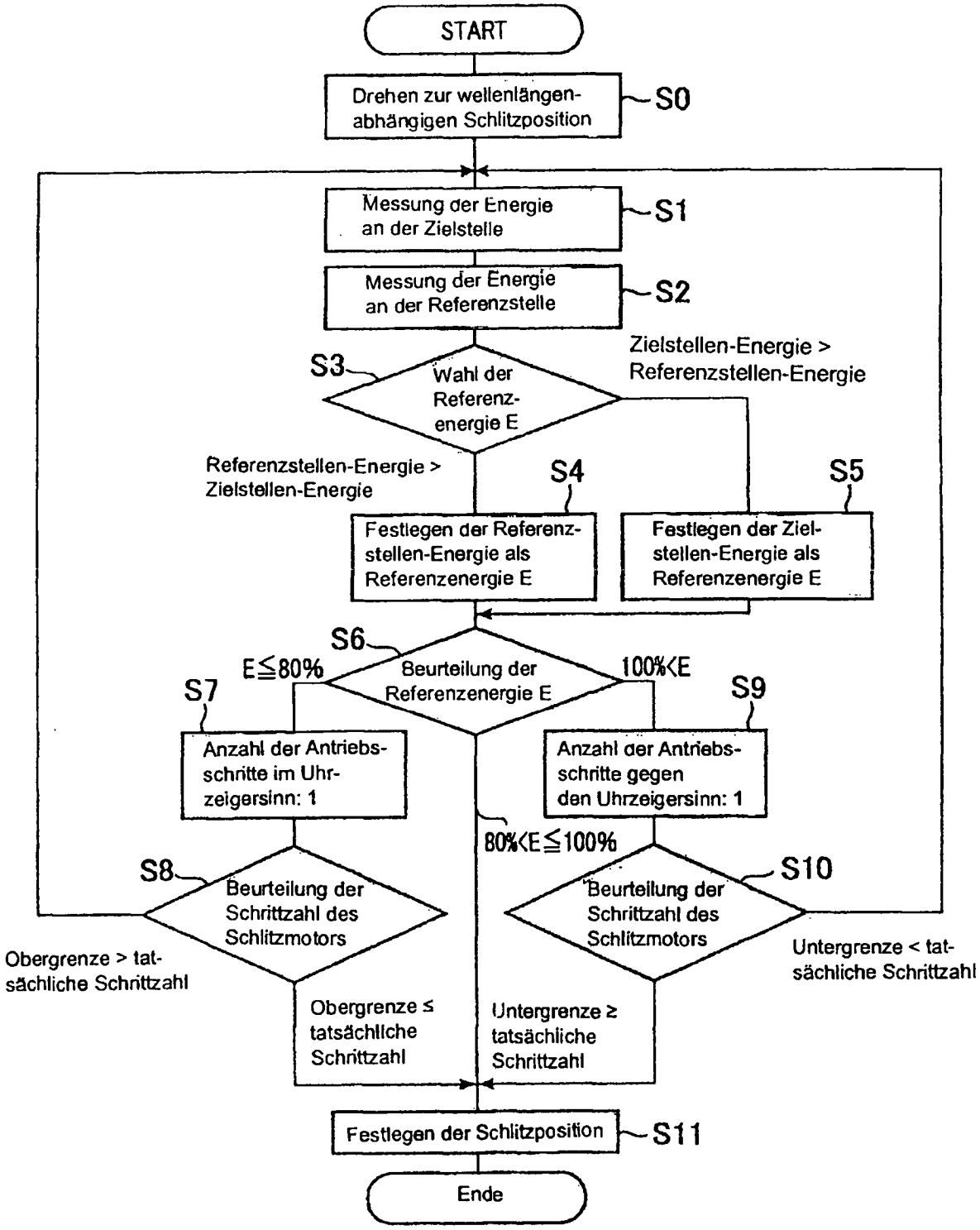

START
Drehen zur wellenlängen-abhängigen Schlitzposition
S0
Messung der Energie an der Zielstelle
S1
Messung der Energie an der Referenzstelle
S2
S3
Wahl der Referenz-energie E
Zielstellen-Energie > Referenzstellen-Energie
Referenzstellen-Energie > Zielstellen-Energie
S4
S5
Festlegen der Referenz-stellen-Energie als Referenzenergie E
Festlegen der Ziel-stellen-Energie als Referenzenergie E
S6
Beurteilung der Referenzenergie E
E≦80%
100%<E
80%<E≦100%
S7
S9
Anzahl der Antriebs-schritte im Uhr-zeigersinn: 1
Anzahl der Antriebs-schritte gegen den Uhrzeigersinn: 1
S8
Beurteilung der Schrittzahl des Schlitzmotors
S10
Beurteilung der Schrittzahl des Schlitzmotors
Obergrenze > tat-sächliche Schrittzahl
Untergrenze < tat-sächliche Schrittzahl
Obergrenze ≤ tatsächliche Schrittzahl
Untergrenze ≥ tatsächliche Schrittzahl
Festlegen der Schlitzposition
S11
Ende

FIG. 9

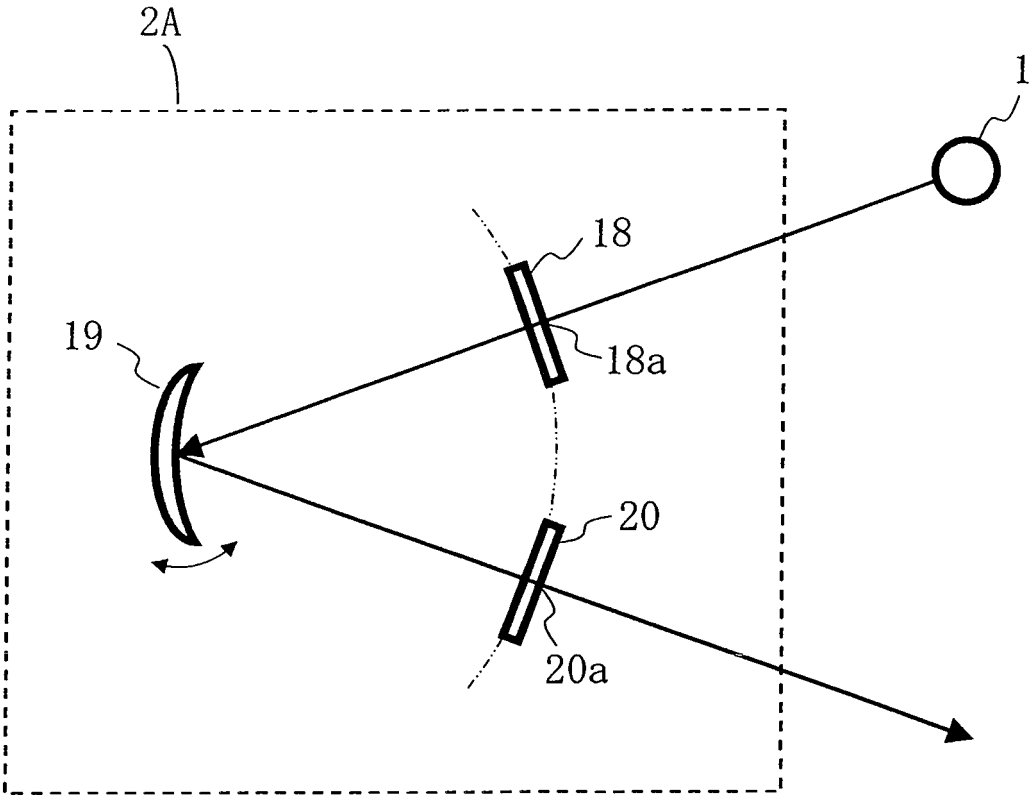


FIG. 10

