



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 43 729 B4** 2008.08.21

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 43 729.2**  
(22) Anmeldetag: **23.11.1995**  
(43) Offenlegungstag: **28.05.1997**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **21.08.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01J 3/42** (2006.01)  
**G01N 21/31** (2006.01)  
**G01J 3/18** (2006.01)  
**G01J 3/36** (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(73) Patentinhaber:  
**Berthold GmbH & Co. KG, 75323 Bad Wildbad, DE**

(74) Vertreter:  
**Bosch, Graf von Stosch, Jehle  
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München**

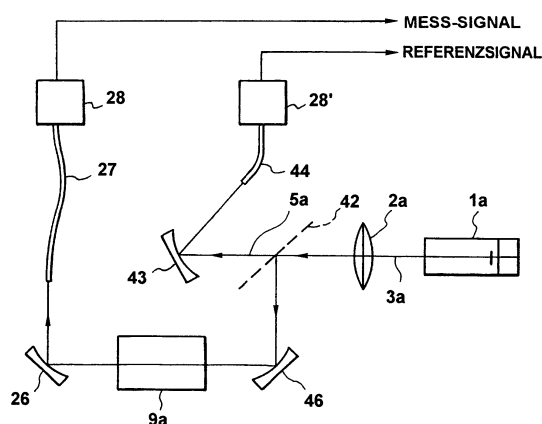
(72) Erfinder:  
**Lahmann, Werner K., 88662 Überlingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 42 32 371 C2**  
**DE 41 33 125 C1**  
**DE 39 39 148 C2**  
**DE 36 11 246 C2**  
**DE 40 38 638 A1**  
**DE 37 26 524 A1**  
**DE 37 11 590 A1**  
**DE 37 01 721 A1**  
**GB 22 80 026 A**

**US 48 52 079**  
**US 48 02 763**  
**US 47 56 619**  
**US 46 78 917**  
**EP 04 97 434 A2**  
**WO 92 11 517 A1**  
**JP 03-14 68 33a A**  
**HEINZELMANN ELSBETH: Mikrotechnische  
Komponenten  
und Systeme. In: TR Transfer, Nr.27/28, 1994,  
S. 14-18;**  
**GERLINGER, H., SCHLEMMER, H.:  
Simultanspektrometer  
für die Produktkontrolle. In: GIT Fachz. Lab.  
3/88, S.167;**  
**JP 62-6126 A., In: Patents Abstracts of Japan,  
P-583, June 6, 1987, Vol. 11, No. 177;**  
**MÜLLER, C., MOHR, J.: Interdisc.Sc.Rev., Vol. 18,  
S. 273 (1993);**

(54) Bezeichnung: **Spektrometer**

(57) Hauptanspruch: Spektrometer mit einer Strahlungsquelle (1), einer Strahlung von der Strahlungsquelle empfangenden Probenzelle (9), einer Einrichtung zur spektralen Zerlegung von aus der Probenzelle oder/und Strahlungsquelle austretender Strahlung, einer Detektoreinrichtung zur Erfassung von aus der Zerlegungseinrichtung austretender Strahlung, und einer Einrichtung für die Erzeugung einer Referenzstrahlung, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerlegungseinrichtung und die Detektoreinrichtung in einer in dem Spektrometer komplett installierbaren Baueinheit (28) zusammengefaßt sind und daß zwei solche jeweils eine Zerlegungs- und Detektoreinrichtung umfassende Baueinheiten vorgesehen sind, von denen eine Baueinheit (28b) für die Erzeugung eines Probensignals und die andere Baueinheit (28b') für die Erzeugung eines Referenzsignals entsprechend der in die Zerlegungseinrichtung dieser Baueinheit eingekoppelten Referenzstrahlung vorgesehen ist, wobei die Erzeugung des Probensignals und des Referenzsignals gleichzeitig erfolgt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Spektrometer mit einer Strahlungsquelle, einer Strahlung von der Strahlungsquelle empfangenden Probenzelle, einer Einrichtung zur spektralen Zerlegung von aus der Probenzelle oder/und Strahlungsquelle austretender Strahlung, einer Detektoreinrichtung zur Erfassung von aus der Zerlegungseinrichtung austretender Strahlung, und einer Einrichtung für die Erzeugung einer Referenzstrahlung.

**[0002]** Spektrometer mit den oben genannten Bauteilen werden zur Atomabsorptionsspektrometrie, Absorptionsspektrometrie mit Hilfe von UV-Strahlung und sichtbarem Licht sowie zur Spektraluntersuchung von Fluoreszenzstrahlung abgebenden Proben verwendet. Als Einrichtungen für die Zerlegung der Strahlung werden verschiedene, auf Beugung oder Dispersion beruhende Monochromatoren eingesetzt. Als Strahlungsdetektoren dienen z. B. Fotovervielfacher und Fotodioden, wobei auch ein- und mehrzeilige Diodenfelder zur Anwendung kommen.

**[0003]** Bei der Herstellung solcher Spektrometer müssen die einzelnen Bauteile in genauer räumlicher Zuordnung zueinander angeordnet werden. Dies erfordert neben einer hohen Fertigungspräzision der einzelnen Bauteile selbst auch eine entsprechend genaue Herstellung von Bauteilhalterungen zur Halterung der Bauteile innerhalb des Geräts. Häufig sind darüber hinaus bei der Gerätemontage noch umfangreiche Justierarbeiten erforderlich.

**[0004]** C. Müller, J. Mohr, Interdisciplinary Science Reviews Vol. 18, No. 3, 1993, Seiten 273-279 beschreibt ein Mikrospektrometer, das mit Hilfe eines sog. "Liga"-Verfahrens hergestellt wird. Die mit diesem Verfahren hergestellten Gitter können in einer Analyseanordnung verwendet werden, die eine einzige Baueinheit mit Gittern verwendet.

**[0005]** DE 37 11 590 A1 beschreibt eine optische Anordnung für Simultanspektrometer auf der Basis von Zeilenempfängern mit dem Ziel der Aufwandsverringerung, der Verbesserung der Streulichtbedingungen und der Gewährleistung eines hohen Lichtleitwertes, wobei bei funktioneller Trennung der spektralen Teilbereiche und alternierender Nutzung der Lichtquellen, die Strahlungsleistung jeder Lichtquelle über die gesamte Meßzeit und die zur Verfügung stehende Apertur für beide Teilbereiche wirksam und eine Überlagerung von Spektren verhindert wird. Dabei sind zwei in je einem spektralen Teilbereich Strahlung emittierende Lichtquellen jeweils einem Polychromator zugeordnet, wobei die Lichtquellen und Polychromatoren symmetrisch zur Verbindungsgeraden zwischen zwei gemeinsamen Schnittpunkten, in denen Umlenkelemente vorgesehen sind, angeordnet sind. Die Umlenkelemente besitzen neben Licht-

durchlaßbereichen beidseitig reflektierende Bereiche und arbeiten phasensynchron zueinander.

**[0006]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein neues Spektrometer der eingangs erwähnten Art zu schaffen, das sich mit gegenüber dem beschriebenen Stand der Technik verringertem Aufwand herstellen läßt.

**[0007]** Das diese Aufgabe lösende Spektrometer nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zerlegungseinrichtung und die Detektoreinrichtung in einer in dem Spektrometer komplett installierbaren Baueinheit zusammengefaßt sind, und daß zwei solche, jeweils eine Zerlegungs- und Detektoreinrichtung umfassende Baueinheiten vorgesehen sind, von denen eine Baueinheit für die Erzeugung eines Probensignals und die andere Baueinheit für die Erzeugung eines Referenzsignals entsprechend der in die Zerlegungseinrichtung dieser Baueinheit eingekoppelten Referenzstrahlung vorgesehen ist, wobei die Erzeugung des Probensignals und des Referenzsignals gleichzeitig erfolgt.

**[0008]** Durch diese Erfindungslösung wird der Herstellungsaufwand für ein Spektrometer wesentlich verringert, indem sich im Rahmen einer Vorfertigung eines die Zerlegungseinrichtung und die Detektoreinrichtung enthaltenden Bauelements die erforderliche genaue räumliche Zuordnung zwischen diesen Einrichtungen leichter verwirklichen läßt, und bei der Montage einer Spektrometervorrichtung keinerlei die Ausrichtung der Zerlegungseinrichtung und der Detektoreinrichtung zueinander betreffenden Justierarbeiten erforderlich werden. Ein solches, zwei Baueinheiten verwendendes Spektrometer kann vorteilhaft herkömmliche, einen Referenzstrahl verwendende Zweistrahl-spektrometer ersetzen, in denen zur Führung und Trennung der zwei Strahlen umfangreiche optische Einrichtungen verwendet werden müssen.

**[0009]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann eine kompakte, insbesondere ein Chip-Bauelement umfassende Baueinheit vorgesehen werden. Durch eine in der Form eines kleinen optischen Chips ausgestaltete Baueinheit läßt sich das erfindungsgemäße Spektrometer in gegenüber herkömmlichen Spektrometern sehr kleinen Abmessungen und insbesondere als tragbares Spektrometer herstellen. Insbesondere bei Verwendung von durch ein Chip-Bauelement gebildeten Baueinheiten ergibt sich trotz Verwendung zweier Baueinheiten gegenüber herkömmlichen Zweistrahl-spektrometern durch Wegfall der optischen Einrichtungen ein erheblicher Kostenvorteil.

**[0010]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind auf einem Substrat eines die Baueinheit bildenden Chip-Bauelements eine einen planaren Wellenleiter bildende Wellenleiterschicht und ein

an einen Rand der Wellenleiterschicht angrenzendes, unter spektraler Zerlegung Strahlung in den Wellenleiter zurückwerfendes Reflexionsgitter integriert. In einer solche Wellenleiterschicht können zweckmäßig Ausnehmungen für die Bildung von Strahlungseinkopplungs- oder/und Strahlungsauskopplungsstellen ausgebildet werden, wobei in einer bevorzugten Ausführungsform eine rillenförmige Ausnehmung zur Aufnahme eines Faseranschlußkabels für eine Strahlungseinspeisung in die Wellenleiterschicht und eine Ausnehmung zur Bildung einer geneigten, Strahlung aus der Wellenleiterschicht ausblendenden Reflexionsfläche vorgesehen ist. Eingespeistes, aus der Probenzelle austretendes Licht wird am Reflexionsgitter zerlegt, und an der durch die geneigte Reflexionsfläche gebildeten Auskopplungsstelle können verschiedene, unterschiedliche Wellenlängen enthaltende Komponenten des zerlegten Lichts ausgeblendet werden.

**[0011]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist an der Auskopplungsstelle eine Diodenzelle für den Empfang von Strahlungskomponenten unterschiedlicher Wellenlängen vorgesehen. Das beschriebene Chip-Bauelement läßt sich einschließlich der Diodenzelle mit Hilfe der bei der Herstellung integrierter Schaltungen verwendeten Verfahren erzeugen.

**[0012]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

**[0013]** Die Erfindung soll nun anhand von Ausführungsbeispielen und der beiliegenden, sich auf diese Ausführungsbeispiele beziehenden Zeichnungen näher erläutert und beschrieben werden. Es zeigen:

**[0014]** [Fig. 1](#) eine erläuternde Darstellung eines herkömmlichen Atomabsorptionsspektrometers,

**[0015]** [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel für ein Spektrometer nach der vorliegenden Erfindung,

**[0016]** [Fig. 3](#) eine Teildarstellung eines eine Strahlungserlegungseinrichtung und eine Detektionseinrichtung umfassenden Chip-Bauelements, das in einem Spektrometer nach der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann,

**[0017]** [Fig. 4](#) einen Ausschnitt eines in dem Chip-Bauelement von [Fig. 3](#) verwendeten Stufenreflexionsgitters,

**[0018]** [Fig. 5](#) einen Ausschnitt einer Auskopplungsstelle auf einer Wellenleiterschicht des Chip-Bauelements von [Fig. 3](#), und

**[0019]** [Fig. 6](#) einen Ausschnitt, der die Struktur der Wellenleiterschicht des Bauelements von [Fig. 3](#) zeigt.

**[0020]** In dem in [Fig. 1](#) gezeigten bekannten Atomabsorptionsspektrometer ist mit dem Bezugszeichen **1** eine Lichtquelle bezeichnet, vor der eine fokussierende Linse **2** zur Bildung eines Lichtstrahls **3** angeordnet ist. Der Lichtstrahl **3** trifft auf eine Chopper-/Ablenkeinrichtung **4**, durch die je nach der Chopper-Stellung der Strahl **3** entweder geradlinig hindurchtritt oder zur Bildung eines Referenzstrahls **5** abgelenkt wird. Der unabgelenkte Strahl **3** wird über Umlenkspiegel **6**, **7** und **8** in eine für den Lichtstrahl **3** durchlässige Probenzelle **9** geleitet, in der eine zu untersuchende Probe angeordnet werden kann. Der in der Probe teilweise absorbierte Strahl **3** tritt aus der Probenzelle **9** aus und trifft auf einen Strahlvereiniger **10**, den er ohne Ablenkung passiert. Durch den Strahlvereiniger **10** wird der Referenzstrahl **5** auf den Strahlweg umgelenkt, welcher dem Strahlweg des Referenzstrahls **3** jenseits des Strahlvereinigers **10** entspricht. Durch die Chopper-/Ablenkeinrichtung **4** wird dafür gesorgt, daß sich auf diesem Strahlweg abwechselnd der durch die Probenzelle **9** und den Strahlvereiniger **10** getretene Meßstrahl **3** und der Referenzstrahl **5** ausbreiten.

**[0021]** Der Meßstrahl oder Referenzstrahl wird durch einen eine fokussierende Reflexionsfläche aufweisenden Spiegel **11** um 90° umgelenkt und erreicht einen weiteren Umlenkspiegel **12**, wobei in den Strahlweg zwischen dem Spiegel **11** und dem Spiegel **12** ein Filter **13** einschiebbar ist. Der den Meßstrahl oder Referenzstrahl um 90° ablenkende Spiegel **12** ist unmittelbar vor einem Eintrittsspalt **14** eines Monochromators **15** angeordnet. Der Monochromator weist Reflexionsspiegel **16** sowie drehbare Gitter **18** und **19** auf, wobei ein Gitter im UV-Bereich und das andere Gitter im Bereich des sichtbaren Lichts wirksam ist. Vor einem Austrittsspalt **50** des Monochromators **15** ist ein Lichtdetektor **20**, im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Fotovervielfacher, angeordnet.

**[0022]** Mit den Bezugszeichen **21** und **22** sind in der [Fig. 1](#) als weitere Lichtquellen eine Halogenlampe und eine D2-Lampe bezeichnet, die wahlweise vor einer einen Lichtstrahl **23** ausblendenden Blende **24** angeordnet werden können. Der Lichtstrahl **23** wird über einen fokussierenden Umlenkspiegel **25** zu der Chopper-/Ablenkeinrichtung **4** geleitet, wo er je nach Stellung des Choppers entweder auf den dem Strahlweg des Lichtstrahls **3** entsprechenden Strahlweg oder den dem Strahlweg des Referenzstrahls **5** entsprechenden Strahlweg abgelenkt wird, so daß auch aus dem Licht der Lichtquelle **21** bzw. **22** jeweils abwechselnd ein Meßstrahl und ein Referenzstrahl gebildet werden kann.

**[0023]** Im Meßbetrieb empfängt der Detektor abwechselnd einen durch die Probe beeinflussten Meßstrahl und einen durch die Probe unbeeinflussten Referenzstrahl, so daß anhand des Referenzstrahls z.

B. Intensitätsschwankungen der Lichtquellen eliminiert werden können. Je nach Stellung der drehbaren Gitter **18** und **19** empfängt der Detektor Licht unterschiedlicher Wellenlängenbereiche.

**[0024]** In der ein Spektrometer nach der Erfindung zeigenden [Fig. 2](#) sind gleiche oder gleichwirkende Teile mit derselben Bezugszahl wie in [Fig. 1](#) bezeichnet, wobei die Bezugszahl jedoch mit dem Buchstaben a versehen ist.

**[0025]** Vor einer Lichtquelle **1a** ist eine Fokussierlinse **2a** angeordnet, wobei Quelle und Linse einen Lichtstrahl **3a** erzeugen, welcher durch eine für das Licht des Lichtstrahls **3a** durchlässige Probenzelle **9a** tritt. Der aus der Probenzelle austretende und durch die Probe beeinflusste Lichtstrahl **3a** wird über einen fokussierenden Umlenkspiegel **26** abgelenkt und auf eine Lichteintrittsfläche einer Lichtfaserleitung **27** abgebildet. Die Lichtfaserleitung **27** ist mit einer Baueinheit **28** verbunden, welche eine Lichtzerlegungseinrichtung und eine Detektoreinrichtung enthält und genauer anhand der [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) beschrieben ist.

**[0026]** Über einen Strahlteiler **42** wird aus dem durch die Lichtquelle **1a** und die Linse **2a** erzeugten Strahl **3a** ein Referenzstrahl **5a** abgezweigt. Während der durch den Strahlteiler **42** umgelenkte Meßstrahl **3a** über einen fokussierenden Umlenkspiegel **46** durch die Probenzelle **9a** geleitet wird, trifft der Referenzstrahl **5a** auf einen Umlenkspiegel **43** auf, durch den er auf eine Eintrittsfläche einer Lichtleiterfaser **44** fokussiert wird.

**[0027]** Die Lichtleiterfaser ist mit einer Baueinheit **28'** verbunden, die identisch mit der den Meßstrahl verarbeitenden Baueinheit **28** ist und den in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) beschriebenen Chip-Baustein enthält.

**[0028]** Wie aus der [Fig. 3](#) hervorgeht, ist die Lichtfaserleitung **27** an einen im wesentlichen die Baueinheit **28** bildenden Chip-Baustein **29** angeschlossen. Der Chip-Baustein **29** weist ein Substrat **30** auf, auf dem zur Bildung eines planaren Lichtwellenleiters eine Schicht **31** aufgebracht ist.

**[0029]** Wie insbesondere aus der [Fig. 6](#) hervorgeht, die einen Ausschnitt des Chip-Bausteins **29** zeigt, weist die Schicht **31** drei Lagen auf, wobei die Brechzahl  $n_1$  des Materials der mittleren Lage größer als die Brechzahl  $n_2$  des Materials der untersten und obersten Lage ist. Bekannterweise kann durch derartige Wahl der Brechzahlen dafür gesorgt werden, daß sich Licht nur innerhalb der mittleren Schicht ausbreitet.

**[0030]** Die Wellenleiterschicht **31** weist an einem Rand eine gestufte, ein Reflexionsgitter bildende Reflexionsendfläche **34** auf. Die ausschnittsweise ge-

sondert in [Fig. 4](#) dargestellte, gestufte Reflexionsendfläche bildet ein selbstfokussierendes Reflexionsgitter.

**[0031]** Mit der Bezugszahl **36** ist in der [Fig. 3](#) eine in der Wellenleiterschicht **31** vorgesehene Ausnehmung bezeichnet, durch die eine ein Ende der Lichtfaserleitung **27** aufnehmende Rille gebildet ist, wobei eine Einspeisung von Licht über die Lichtfaserleitung **27** in die Wellenleiterschicht **31** über eine die Länge der Rille begrenzende Endfläche **37** erfolgt.

**[0032]** In der Wellenleiterschicht **31** ist eine weitere Ausnehmung **38** gebildet, wobei eine Randfläche der Ausnehmung an einem der Reflexionsendfläche **34** gegenüberliegenden Randabschnitt gegen die Oberfläche des Substrats **30** in dem gezeigten Ausführungsbeispiel um  $45^\circ$  geneigt ist. Durch diese Neigung ist, wie insbesondere aus der [Abb. 5](#), die eine Ansicht gemäß der Schnittlinie A-A von [Fig. 3](#) zeigt, hervorgeht, eine Reflexionsfläche **40** gebildet, die auftreffendes Licht um  $90^\circ$  ablenkt und so aus der Wellenleiterschicht **31** ausblendet.

**[0033]** Wie in der [Fig. 5](#) schematisch angedeutet ist, ist an dem die geneigte Reflexionsfläche **40** aufweisenden Randabschnitt der Wellenleiterschicht **31** eine in der [Fig. 3](#) nicht gezeigte Diodenzeile **41** angeordnet, welche wie die Schicht **31** in den Chip-Baustein **29** von [Fig. 3](#) integriert ist. Die eine Vielzahl einzelner Dioden aufweisende Diodenzeile **41** empfängt entsprechend der unterschiedlichen räumlichen Anordnungen der Dioden in bezug auf die das Gitter bildende Reflexionsendfläche **34** Lichtkomponenten unterschiedlicher Wellenlängen.

**[0034]** Im Meßbetrieb liefert die Kombination aus der Lichtquelle **1a** und der Linse **2a** den Strahl **3a**, der in die Probenzelle **9a** eintritt. Eine in der Probenzelle **9a** angeordnete Probe absorbiert Licht aus dem Strahl **3a**. Der verbleibende Reststrahl wird über den fokussierenden Spiegel **26** auf die Eintrittsfläche der Lichtleiterfaser **27** abgebildet. Über die Lichtleiterfaser **27** gelangt das durch die Probe beeinflusste Meßlicht über die durch die Rillenendfläche **37** der Rille **36** gebildete Einkopplungsstelle in die Wellenleiterschicht **31** und breitet sich innerhalb der Wellenleiterschicht **31** bis zur der ein Schelle-Gitter bildenden Reflexionsendfläche **34** aus. An dem Gitter wird das Licht in Komponenten unterschiedlicher Wellenlänge zerlegt, wobei über die in den Bausteinen **29** integrierte Diodenzeile **41** eine Vielzahl von Meßsignalen, die Komponenten des zerlegten Lichts mit unterschiedlichen Wellenlängen entsprechen, abgreifbar ist. Somit können über die Diodenzeile direkt Spektralverteilungen ermittelt werden, ohne daß eine Verstellung eines Gitters erforderlich wäre. Die den durch eine Probe unbeeinflussten Referenzstrahl **5a** verarbeitende Baueinheit **28** liefert ein Referenzsignal, durch das z. B. Schwankungen der Intensität der

Lichtquelle eliminiert werden können und das zum Vergleich mit dem Meßsignal das volle Spektrum der Lichtquelle wiedergibt.

[0035] Der anhand der [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) beschriebene Polychromator-Chip-Baustein kann kostengünstig nach den zur Herstellung von integrierten Schaltungen verwendeten Verfahren hergestellt werden, wobei für eine genaue räumliche Zuordnung zwischen dem Gitter und den Detektoren gesorgt werden kann. Bei der Montage des Spektrometers entfallen entsprechende Justierarbeiten. Der Chip-Baustein **29** läßt sich in geringen Abmessungen herstellen. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel kann die Grundfläche des Chip-Bausteins in der Größenordnung von 1–2 cm<sup>2</sup> liegen. Durch diese im Vergleich zu herkömmlichen Monochromatoren und Detektoreinrichtungen sehr geringen Abmessungen läßt sich die Baugröße der Spektrometer insgesamt merklich verringern, und die Spektrometer können z. B. als tragbare Geräte ausgebildet werden.

[0036] Die erhebliche Verringerung der Abmessungen läßt sich trotz der Verwendung zweier, jeweils eine Zerlegungseinrichtung und eine Detektoreinrichtung umfassender Einheiten erreichen. Darüber hinaus kann ein solches Spektrometer trotz Verwendung zweier solcher Baueinheiten weitaus kostengünstiger als ein herkömmliches, z. B. in [Fig. 1](#) gezeigtes Spektrometer hergestellt werden, weil keine aufwendigen optischen Einrichtungen zur Abzweigung und Führung eines Referenzstrahls alternierend zu dem Meßstrahl erforderlich sind. Die als integrierte Bausteine herstellbaren Baueinheiten **28** und **28'** können mit übereinstimmenden Eigenschaften, insbesondere übereinstimmenden Detektorempfindlichkeiten derart hergestellt werden, daß eventuelle Empfindlichkeitsunterschiede im Vergleich zu z. B. durch das Referenzsignal zu eliminierende Schwankungen der Lichtquelle vernachlässigbar sind.

### Patentansprüche

1. Spektrometer mit einer Strahlungsquelle (**1**), einer Strahlung von der Strahlungsquelle empfangenden Probenzelle (**9**), einer Einrichtung zur spektralen Zerlegung von aus der Probenzelle oder/und Strahlungsquelle austretender Strahlung, einer Detektoreinrichtung zur Erfassung von aus der Zerlegungseinrichtung austretender Strahlung, und einer Einrichtung für die Erzeugung einer Referenzstrahlung, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zerlegungseinrichtung und die Detektoreinrichtung in einer in dem Spektrometer komplett installierbaren Baueinheit (**28**) zusammengefaßt sind und daß zwei solche jeweils eine Zerlegungs- und Detektoreinrichtung umfassende Baueinheiten vorgesehen sind, von denen eine Baueinheit (**28b**) für die Erzeugung eines Probensignals und die andere Baueinheit (**28b'**) für die Erzeugung eines Referenzsignals entsprechend

der in die Zerlegungseinrichtung dieser Baueinheit eingekoppelten Referenzstrahlung vorgesehen ist, wobei die Erzeugung des Probensignals und des Referenzsignals gleichzeitig erfolgt.

2. Spektrometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Baueinheit (**28**) als kompakte, insbesondere ein Chip-Bauelement (**29**) umfassende Baueinheit ausgebildet ist.

3. Spektrometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzstrahlung aus der Strahlung der Strahlungsquelle (**1a**) über einen Strahlteiler (**42**) ausgekoppelt ist.

4. Spektrometer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Baueinheit (**28**) als Polychromator mit mehreren Detektoren (**41**) für die Erfassung unterschiedliche Wellenlängen aufweisender Komponenten der durch ihre Zerlegungseinrichtung zerlegten Strahlung ausgebildet ist.

5. Spektrometer nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem Substrat (**30**) des Chip-Bauelements (**29**) eine einen planaren Wellenleiter bildende Wellenleiterschicht (**31**) und ein an einen Rand der Wellenleiterschicht (**31**) angrenzendes, unter spektraler Zerlegung Strahlung in den Wellenleiter zurückwerfendes Reflexionsgitter (**34**) angeordnet sind.

6. Spektrometer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenleiterschicht (**31**) Ausnehmungen (**36**, **38**) für die Bildung von Strahlungseinkopplungs- (**37**) oder/und Strahlungsauskopplungsstellen (**40**) aufweist.

7. Spektrometer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine rillenförmige Ausnehmung (**36**) zur Aufnahme eines Faseranschlußkabels (**27**) für eine Strahlungseinspeisung in die Wellenleiterschicht (**31**) über eine Rillenendfläche (**37**) der Ausnehmung (**36**) und eine Einrichtung (**26**) für die Einspeisung von aus der Probenzelle (**9**) austretender Strahlung in das Faseranschlußkabel (**27**) vorgesehen sind.

8. Spektrometer nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere Ausnehmungen (**38**) zur Bildung einer geneigten, Strahlung aus der Wellenleiterschicht (**31**) ausblendenden Reflexionsfläche (**40**) vorgesehen sind.

9. Spektrometer nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere, um 45° gegen die Substratoberfläche geneigte Reflexionsflächen (**40**) vorgesehen sind.

10. Spektrometer nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Wellen-

leiterschicht (39) mehrere Dioden für den Empfang von aus der Wellenleiterschicht (31) ausgeblendeten Strahlungskomponenten unterschiedlicher Wellenlängen gebildet sind.

11. Spektrometer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Dioden in der Form einer Diodenzeile (41) vorgesehen sind.

12. Spektrometer nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dioden (41) in den Chip-Baustein integriert sind.

13. Spektrometer nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenleiterschicht (31) drei Schichten umfaßt, wobei die Brechzahl ( $n_1$ ) des Materials der mittleren Schicht größer als die Brechzahl ( $n_2$ ) des Materials der anderen Schichten ist.

14. Spektrometer nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Reflexionsgitter ein Stufengitter (34) ist.

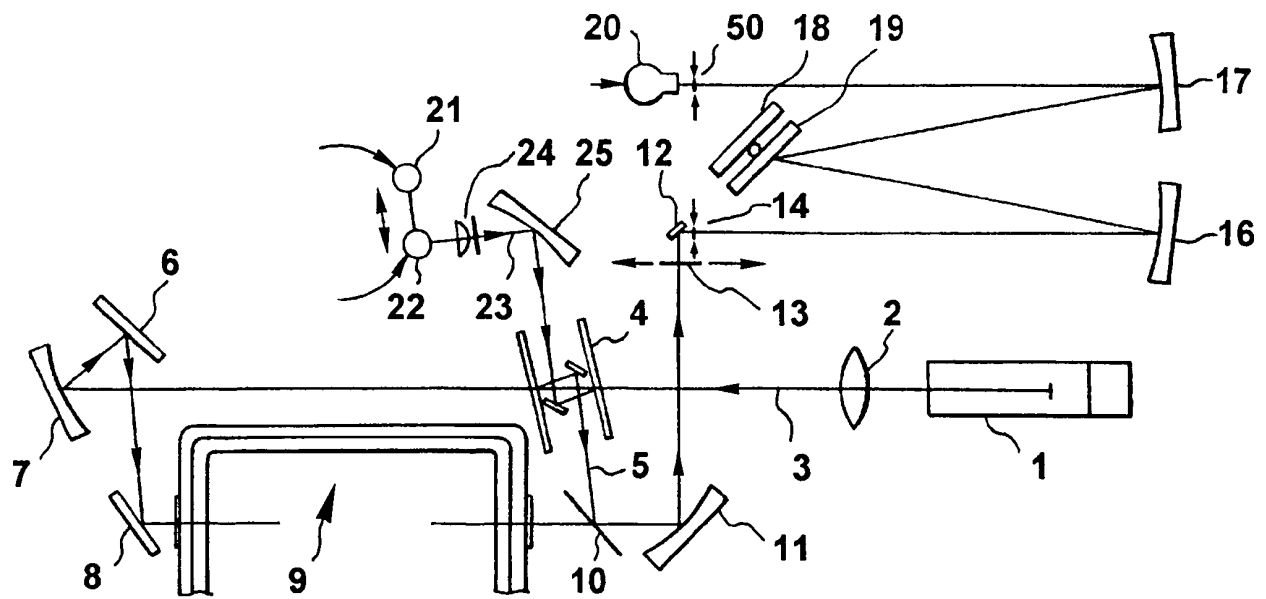
15. Spektrometer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Stufengitter ein selbstfokussierendes Gitter (34) ist.

16. Spektrometer nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Spektrometer ein Atomabsorptionsspektrometer mit einer durch ein Graphitrohr, Quarzrohr oder durch eine Flamme gebildeten Absorptionszelle als Probenzelle (9) ist.

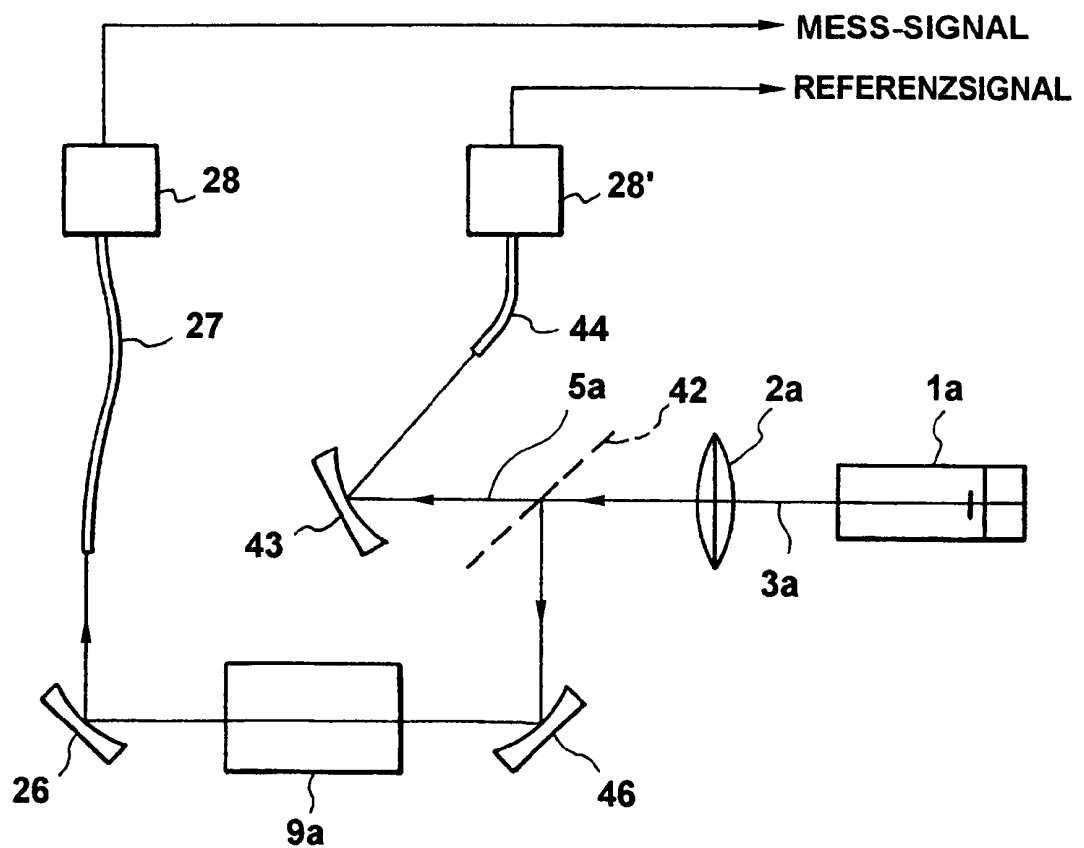
17. Spektrometer nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Spektrometer ein UV-Spektrometer, ein Spektrometer für sichtbares Licht oder ein Fluoreszenzspektrometer mit einer durch eine Probenküvette gebildete Probenzelle (9) ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

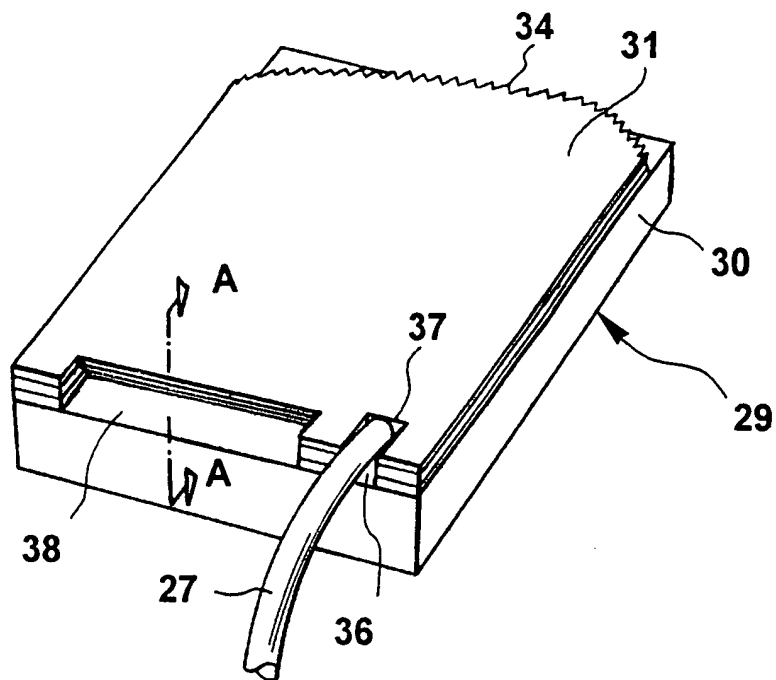
Anhängende Zeichnungen



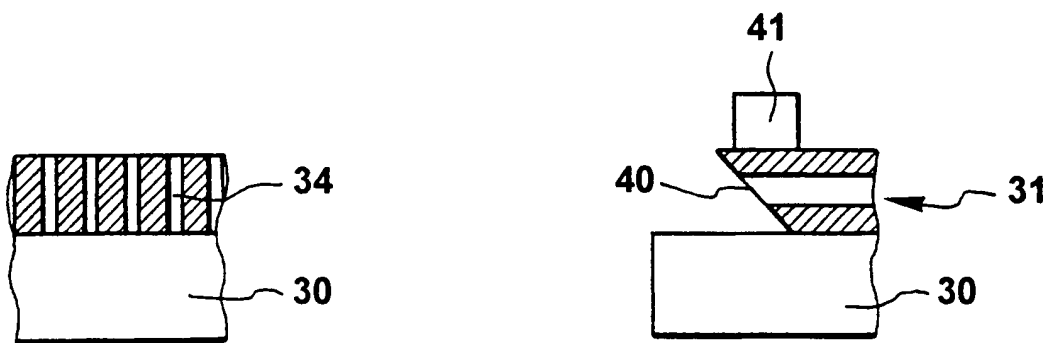
**FIG. 1** STAND DER TECHNIK



**FIG. 2**

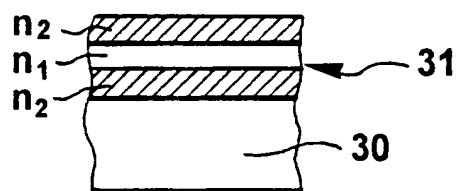


**FIG. 3**



**FIG. 4**

**FIG. 5**



**FIG. 6**