

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

1595 65

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) G 01 J 3/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 J/ 2306 646

(22) 25.05.81

(44) 16.03.83

(71) siehe (72)

(72) MOHR, JOACHIM, DIPL.-PHYS.; DD;

(73) siehe (72)

(74) H. KUEGLER, VEB CARL ZEISS JENA, BFS, 6900 JENA, CARL-ZEISS-STR. 1

(54) VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR DURCHFUEHRUNG EINER SPEKTRALANALYSE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Durchführung einer Spektralanalyse, deren Aufgabe es ist, einen großen Spektrenbereich gleichzeitig mit einem Bildempfänger relativ kleiner Fläche aufnehmen zu können. Dazu werden durch gekreuzte Dispersion erzeugte Spektrallinien in mehr als einem Ordnungszeilensystem gleichzeitig abgebildet und voneinander getrennt. Zur Durchführung des Verfahrens sind in einer Anordnung optische Mittel zur Trennung von Spektralordnungen einschaltbar. Die Erfindung ist für Simultangeräte für die Emissions- bzw. Absorptionsspektralanalyse geeignet. Fig. 3

Titel: Verfahren und Anordnung zur Durchführung einer Spektralanalyse

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist bei Simultangeräten für die Emissions- bzw. Absorptionsspektralanalyse zu verwenden.

Charakteristik der bekannten rechnerischen Lösungen

In der Emissionsspektralanalyse werden für Simultanmessungen Quantometer verwendet, bei denen in der Fokalebene des optischen Systems zur Messung von  $n$  Spektrallinien entsprechend  $n$  Empfänger, i.a. Fotovervielfacher eingesetzt werden.

Bei Geräten mit einer hohen Anzahl an Empfängern muß die Fokalebene entsprechend breit ausgelegt sein. Der Gerätepreis erhöht sich durch den Preis für die Empfänger.

Es ist weiterhin eine Lösung bekannt, die ein optisches System mit gekreuzter Dispersion vorsieht, bei der in der Fokalebene eine Kassette angeordnet ist, mit deren Hilfe 20 beliebige Wellenlängen auf 20 Fotovervielfacher abgebildet werden können.

Die Querdispersion in der Fokalebene ist nicht linearisiert. Eine andere technische Lösung linearisiert die Querdispersion für einen Spektralbereich von  $\lambda_{\max} \approx 2 \lambda_{\min}$ , in dem die Abstandsunterschiede zwischen den Spektrallinien durch mehrfache Wellenlängenzerlegung mittels einer Kombination aus Prisma und Gitter reduziert werden, damit eine Spektrenaufzeichnung auf Bildröhren bzw. Film möglich und sinnvoll wird. Dabei wird das gesamte Spektrum

in einem Ordnungszeilensystem auf einem Bildempfänger durchgehend registriert. Nachteilig ist, daß der zu untersuchende Spektralbereich noch relativ beschränkt ist. Es sind auch Geräte für die Absorptionsspektralanalyse bekannt, die Simultanmessungen des gesamten Spektralbereiches gestatten.

Die spektrale Auflösung auf der verwendeten Fotodiodenzeile ist jedoch sehr gering.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, einen Spektralbereich von der maximalen meßbaren Wellenlänge  $\lambda_{\max}$  bis zur minimalen meßbaren Wellenlänge  $\lambda_{\min}$  mit  $\lambda_{\max} \geq 4 \lambda_{\min}$  bei ausreichender Eintrittsspalthöhe und mit einer für die Emissionsspektralanalyse linienreicher Spektren ausreichenden Auflösung auf der Targetfläche eines Empfängers abzubilden.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die simultane Aufzeichnung eines großen Spektrenbereiches auf einem Bildempfänger relativ kleiner Fläche zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Durchführung einer Spektralanalyse, bei dem Licht durch gekreuzte Dispersion mehrfach in Spektrallinien zerlegt, Abstandsunterschiede der Spektrallinien reduziert und die Spektrallinien als Ordnungszeilensystem abgebildet und registriert werden dadurch gelöst, daß die Spektrallinien in mehr als einem Ordnungszeilensystem gleichzeitig abgebildet werden.

Von Vorteil ist dabei die Ordnungszeilensysteme voneinander zu trennen.

Zur Durchführung des Verfahrens dient eine Anordnung, bei der die Strahlung eines Analysenstrahlers über eine

im Strahlengang befindliche Kollimatoroptik auf Mittel zur spektralen Zerlegung gelenkt wird, von denen mindestens zwei gegenüber einem dritten so aufgestellt sind, daß die Zerlegungsrichtungen im wesentlichen senkrecht zueinander verlaufen und die Strahlung über ein optisches Glied auf mindestens eine Empfänger- und Auswerteelektronik gerichtet wird, die dadurch gekennzeichnet ist, daß zwischen dem optischen Glied und der Empfänger- und Auswerteelektronik optische Mittel zur Trennung von Spektralordnungen einschaltbar sind.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an Hand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1: Winkeldispersion verschiedener Querdispersions-elemente in Beziehung zur Ordnungszeilenzahl des Hauptdispersers (Echellegitter)

Fig. 2: Darstellung von Ordnungszeilensystemen, die jeweils durch Kombination der Querdispersion aus Prisma und einer Gitterordnung in der Fokalebene eines optischen Systems gemäß Fig. 3 erzeugt werden

Fig. 3: Draufsicht eines optischen Systems mit gekreuzter Dispersion zur Spektrenaufzeichnung mit Bildempfänger und Auswerteelektronik

Fig. 4: Filter- und Empfängeranordnung für sequentielle Spektrenregistrierung

Fig. 5: Filter- und Empfängeranordnung für simultane Spektrenregistrierung für drei Teilsysteme

Fig. 1 zeigt die Winkeldispersion  $D$  eines  $\text{Ca F}_2$ - Prismas A und die von Querdispersionsgittern für einen Spektralbereich von  $\lambda_{\min} = 177 \text{ nm}$  bis  $\lambda_{\max} = 853 \text{ nm}$ , wobei B die

eines Querdispersgitters durchgehender Ordnung,  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  die erste, zweite und dritte Ordnung eines anderen Querdispersergitters darstellt.

Die Abszisse ist linear in Ordnungen eines Echellegitters mit den Ordnungszeilen  $m$  geteilt.  $\lambda_m$  stellt die Mittenwellenlänge der Zeile  $m$  dar.

In Fig. 2 sind Ordnungszeilensysteme 1, 2, 3 und 4 mit Ordnungszeilen  $m$ , Ordnungszeilenabständen  $\Delta m$  und einer Höhe  $h$  seitlich versetzt dargestellt, wie sie in einer Fokalebene 14 (s. Fig. 3) jeweils durch die Kombination eines Prismas A mit einem Querdispersergitter, dessen 1. Beugungsordnung  $C_1$ , die zweite  $C_2$  und die dritte  $C_3$  sind, bzw. mit einem anderen Querdispersergitter B entstehen.

Das Ordnungszeilensystem 1 enthält durchgehend alle 100 Ordnungszeilen  $m$ , die für den geforderten Spektralbereich von  $\lambda_{\min}$  bis  $\lambda_{\max}$  notwendig sind. Dabei weist der Ordnungszeilenabstand  $\Delta m$  eine Nichtlinearität vom Faktor zwei bis drei auf und an den Enden einer hohen Fokalebene 14. (s. Abb. 3) treten merkliche Abbildungsfehler auf.

Die Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 enthalten je System weniger als 45 Ordnungszeilen zum interessierenden Spektralbereich, d.h. der Spektralbereich von  $\lambda_{\min}$  bis  $\lambda_{\max}$  wird auf die drei Systeme verteilt. Jedes dieser drei Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 hat eine geringere Höhe  $h$  als das durchgehende Ordnungszeilensystem 4 und die Nichtlinearität im Ordnungszeilenabstand  $\Delta m$  ist kleiner als zwei. Die Systeme 1, 2 und 3 werden gleichzeitig und ineinander abgebildet, d.h. mit den gestrichelten Linien zur Deckung gebracht.

In Fig. 3 ist eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, also der gleichzeitigen Abbildung der Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 dargestellt.

Einem Analysenstrahler 5 sind entlang dem Strahlengang 6 eine Abbildungsoptik 7 und eine Eintrittsapertur 8 sowie eine mit einem Querdispersionsprisma gekoppelte Kollimatoroptik 10 nachgeordnet, die weiter entlang dem Strahlengang 6 von einem Querdispersergitter 11 einem Echellegitter 12, einer Kameraoptik 13 und in einer Fokalebene 14 von einem Bildempfänger 15 und einer Auswerteelektronik 9 gefolgt werden. Zwischen der Kameraoptik 13 und dem Bildempfänger 15 ist eine in Fig. 4 dargestellte Filteranordnung 16 in den Strahlengang 6 einschaltbar.

Weiterhin kann in den Strahlengang 6 zwischen dem Analysenstrahler 5 und der Abbildungsoptik 7 ein rotierender Spiegel 17 eingeschwenkt werden. Senkrecht zum Strahlengang 6 und auf den Spiegel 17 bei eingeschwenkter Stellung ist ein Eichstrahler 18 gerichtet. Die vom Analysenstrahler 5 ausgehende Strahlung verläuft entlang dem Strahlengang 6 durch die Abbildungsoptik 7, die Eintrittsapertur 8 und trifft auf die Kollimatoroptik 10, die mit einem  $\text{CaF}_2$ - oder  $\text{LiF}$ -Prisma für die Linearisierung der Querdispersion gekoppelt ist. Durch das Querdispersergitter 11 wird die Strahlung in einer Richtung spektral zerlegt, die senkrecht zur Zerlegung des Echellegitters 12 erfolgt. Durch die Kameraoptik 13 wird die Strahlung über die Filteranordnung 16 auf den Bildempfänger 15 abgebildet, der sich in der Fokalebene 14 befindet.

Das Querdispersergitter 11 ist so ausgelegt, daß auf dem Bildempfänger 15 die drei in Fig. 2 dargestellten Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 gleichzeitig und ineinander abgebildet werden können. Der Eichstrahler 18 dient zur Eichung der Abstände innerhalb der Ordnungszeilen  $m$  und kann durch Kontinuumstrahler bzw. Linienstrahler realisiert werden, deren Strahlung eingeblendet werden kann.

Fig. 4 gibt eine detaillierte Darstellung der Filteranordnung 16 vor der Fokalebene 14. Diese besteht aus einer Filtersektorenscheibe 19, die zu je einem Drittel in Filtersektoren 20, 21 und 22 aufgeteilt sind.

Die Filteranordnung 16 erlaubt es, bei Strahlungsquellen mit konstanten Anregungsbedingungen innerhalb einer Umdrehung die drei Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 zeitlich nacheinander aufzunehmen. Dabei besteht z.B. der Filtersektor 20 aus einem Kantenfilter mit einem Durchlaßbereich  $\lambda > 500$  nm, der Filtersektor 21 aus einer Filterkombination oder einem Metallinterferenz-Verlaufsfiler, die nur die zweite Ordnung des Querdispersergitters 11 durchlassen. Im dritten Filtersektor 22 ist lediglich eine Quarz- oder Kalziumfluoridplatte zur Fokuskompensation eingesetzt.

Die durch die drei Filtersektoren 20, 21 und 22 getrennten Ordnungszeilensysteme werden mit Hilfe einer Auswerteelektronik 9 (s. Fig. 3) folgendermaßen verarbeitet: Von dem Spektrum, das durch den dritten Filtersektor 22 vom Bildempfänger 15 registriert und in der Auswerteelektronik 9 gespeichert wurde, d.h. von der Summe der drei Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 werden  $c \times 2$  und  $d \times 1$  Ordnungszeilensysteme elektronisch subtrahiert. Dabei sind  $c$  und  $d$  Korrekturgrößen, entsprechend den Filterverlusten.

Eine andere, mögliche Registrierung und eindeutige Wellenlängenzuordnung wäre gegeben durch die Reihenfolge: Erstes Ordnungszeilensystem 1, erstes und zweites Ordnungszeilensystem 1 und 2 durch geeignete Filterkombinationen, dann erstes, zweites und drittes System 1, 2 und 3 und anschließende Ordnungstrennung.

In Fig. 5 ist eine Filter- und Empfängeranordnung dargestellt, die es ermöglicht, alle drei Ordnungszeilensysteme 1, 2 und 3 gleichzeitig und getrennt auf drei Bildempfängern zu registrieren.

Dazu ist in einem Winkel zum Strahlengang 6 der Kameraoptik 13 ein erster teildurchlässiger Langpaßfilter 23 nachgeordnet, in dessen reflektiertem Strahlengang 24, der im wesentlichen senkrecht zum Strahlengang 6 verläuft, ein aus zwei Hälften 25 a und 25 b bestehender zweiter teildurchlässiger Langpaßfilter 25 angeordnet ist, dem im Strahlengang 24 ein Bildempfänger 26 nachgeordnet ist. Im Strahlengang 6 ist wie in Fig. 3 der Bildempfänger 15 und in einem zu Strahlengang 6 parallelen Strahlengang 27 ein weiterer Bildempfänger 28 angeordnet.

Der Bildempfänger 15 ist für das langwellige Ordnungszeilensystem 1, der Bildempfänger 26 für das mittlere Ordnungszeilensystem 2 und der Bildempfänger 28 für das kurzwellige Ordnungszeilensystem 3 vorgesehen.

Die Filter 23 und 25 werden beispielsweise durch teildurchlässige Spiegel realisiert, wobei das Filter 23 Wellenlängen von  $\lambda > 530$  nm hindurchläßt,  $\lambda < 470$  nm reflektiert, das Filter 25 in der Hälfte 25b  $\lambda < 360$  nm und in der Hälfte 25 a  $\lambda < 260$  nm reflektiert. Die restliche Strahlung wird auf dem Bildempfänger 26 durchgelassen.

Es ist auch möglich, die Aufteilung der drei Ordnungszeilensysteme mit Hilfe von Kurzpaß- oder Bandpaßfiltern durchzuführen.

Zur Synchronisierung der Abtastung im Bildempfänger bzw. zur Triggerung der Bezugspunkte bei der Signalverarbeitung können Testspektren verwendet werden.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Durchführung einer Spektralanalyse, bei dem Licht durch gekreuzte Dispersion mehrfach in Spektrallinien zerlegt, Abstandsunterschiede der Spektrallinien reduziert und die Spektrallinien als Ordnungszeilensystem abgebildet und registriert werden, gekennzeichnet dadurch, daß die Spektrallinien in mehr als einem Ordnungszeilensystem gleichzeitig abgebildet werden.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Ordnungszeilensysteme voneinander getrennt werden.
3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 und 2, bei der die Strahlung eines Analysenstrahlers über eine im Strahlengang befindliche Kollimatoroptik auf Mittel zur spektralen Zerlegung gelenkt wird, von denen mindestens zwei gegenüber einem dritten so aufgestellt sind, daß die Zerlegungsrichtungen im wesentlichen senkrecht zueinander verlaufen und die Strahlung über ein optisches Glied auf mindestens eine Empfänger- und Auswerteelektronik gerichtet wird, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen dem optischen Glied und der Empfänger- und Auswerteelektronik optische Mittel zur Trennung von Spektralordnungen einschaltbar sind.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

WES/kl

20. 5. 1981

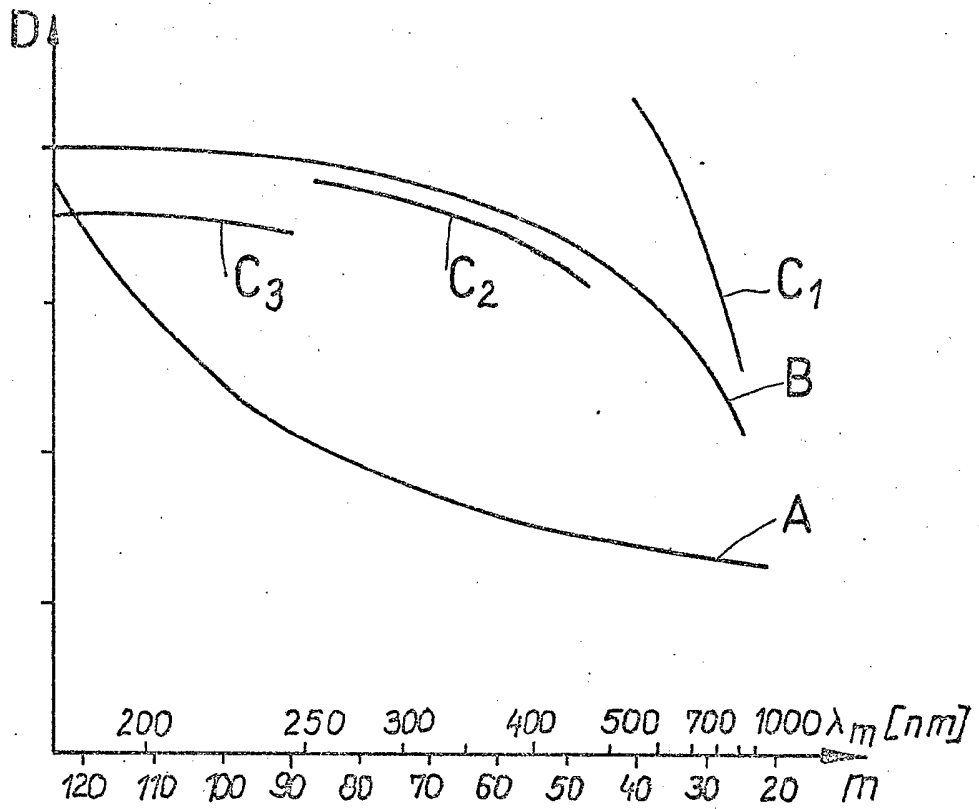


Fig.1

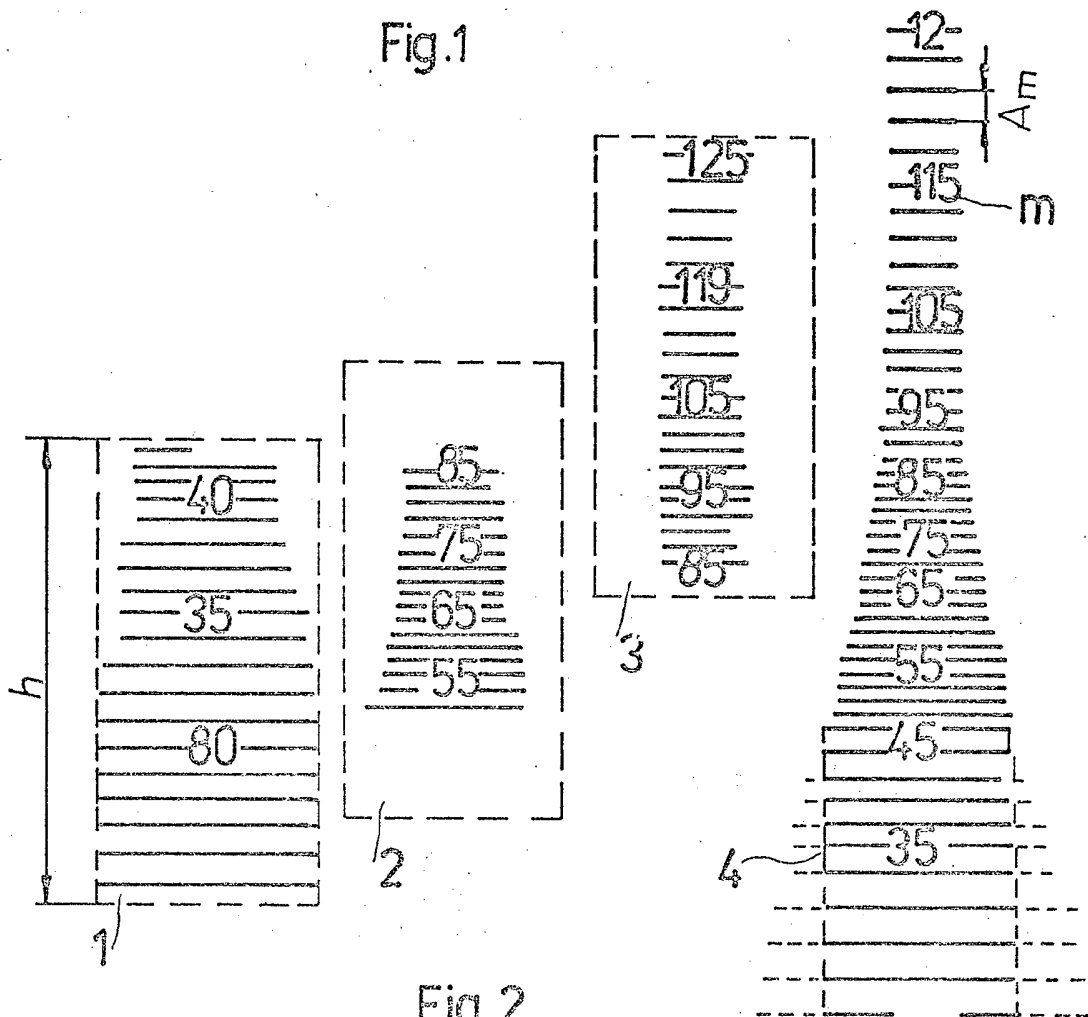


Fig.2

