

(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **279 308 A1**

4(51) G 01 J 3/18

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

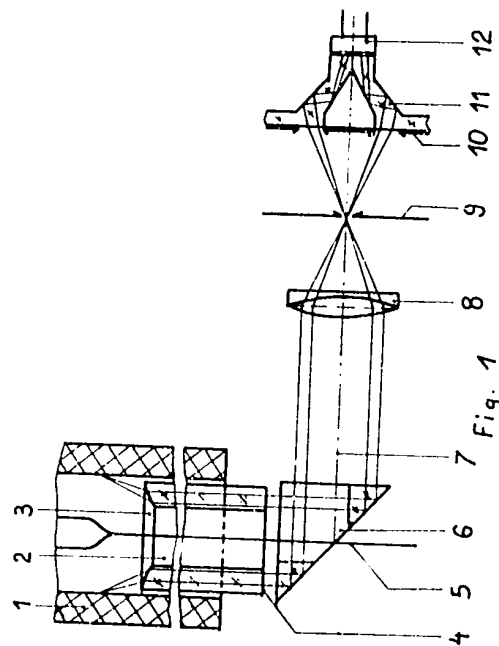
(21) WP G 01 J / 324 700 6 (22) 30.12.88 (44) 30.05.90

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD  
 (72) Becker-Roß, Helmut, Dr. Dipl.-Phys.; Florek, Stefan, Dipl.-Phys., DD

(54) **Echelle-Doppel-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung**

(55) Spektralphotometrie; Echelle-Doppel-Spektrometer; Tetraeder-Anordnung; gemeinsamer Eintrittsspalt; feststehender Kollimatorspiegel, verschiebbarer Kollimatorspiegel

(57) Die Erfindung betrifft ein Echelle-Doppel-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung. Mit ihr wird eine verlustfreie Kopplung zweier simultan messender Echelle-Spektrometer für die Spektralphotometrie an Strahlungsquellen mit geringem Lichtleitwert realisiert. Erfindungsgemäß sind zwei Echelle-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung mit einer gemeinsamen Eintrittsspaltanordnung (1.1, 1.2) solcherart miteinander gekoppelt, daß für beide Spektrometer der Teilabschnitt der optischen Achse zwischen Eintrittsspaltanordnung (1.1, 1.2) und Kollimatorspiegel (2, 7) identisch ist, daß beide Spektrometer um 180° um den o. g. Teilabschnitt der optischen Achse gegeneinander verdreht sind, daß die beiden Kollimatorspiegel (2, 7) hintereinander angeordnet sind und daß der vordere Kollimatorspiegel (7) auf einer Kreisbahn verschiebbar ist, deren Mittelpunkt sein Krümmungsmittelpunkt ist. Figur



### Patentansprüche:

1. Echelle-Doppel-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung, bestehend aus einer Eintrittsspaltanordnung, zwei sphärischen Kollimatorspiegeln, zwei Echelle-Gittern, zwei sphärischen Kameraspiegeln und zwei Fokalflächen, wobei jeweils ein Kollimatorspiegel, ein Echelle-Gitter, ein Kameraspiegel und eine Fokalfläche zusammen mit der gemeinsamen Eintrittsspaltanordnung ein Echelle-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung bilden, **dadurch gekennzeichnet**, daß für beide Spektrometer der Teilabschnitt der optischen Achse zwischen Eintrittsspaltanordnung (1.1; 1.2) und Kollimatorspiegel (2, 7) identisch ist, daß beide Spektrometer um den genannten Teilabschnitt der optischen Achse um 180° gegeneinander verdreht sind, daß die beiden Kollimatorspiegel (2, 7) auf der optischen Achse hintereinander angeordnet sind, daß der der Eintrittsspaltanordnung (1.1, 1.2) näher gelegene Kollimatorspiegel (7) in seiner Ablenkebene verschiebbar ist und die Bewegungslinie des verschiebbaren Kollimatorspiegels (7) eine Kreisbahn darstellt, deren Mittelpunkt der Krümmungsmittelpunkt des verschiebbaren Kollimatorspiegels (7) ist.
2. Echelle-Doppel-Spektrometer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Ordnungstrennung in mindestens einer der beiden einzelnen Tetraeder-Anordnungen ein Dispersionsprisma (3) in doppeltem Durchgang vor dem Echelle-Gitter (4) eingesetzt ist.
3. Echelle-Doppel-Spektrometer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Ordnungstrennung in mindestens einer der beiden einzelnen Tetraeder-Anordnungen der Kameraspiegel als konkaves Beugungsgitter (9) in Wadsworth-Anordnung ausgebildet ist, dessen Dispersionsebene der Ablenkebene des Kameraspiegels entspricht.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist anwendbar in Geräten für die spektralphotometrische Untersuchung von Strahlungsquellen.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Anordnungen zur Aufteilung der Strahlung einer Strahlungsquelle auf zwei oder mehrere simultan messende Spektrometer sind an sich bekannt. Dabei wird durch mindestens einen teildurchlässigen feststehenden Spiegel oder mindestens einen bewegten hochreflektierenden Spiegel die Aufteilung der Strahlung realisiert, d. h. für mindestens einen der Teilstrahlengänge tritt eine zusätzliche Reflexion auf.

Weiterhin sind Anordnungen von zwei oder mehreren sequentiell messenden Spektrometeranordnungen mit einem gemeinsamen Eintrittsspalt bekannt, wobei durch wahlweisen Austausch eines oder mehrerer der optischen Bauelemente jeweils eine und zwar nur eine der Spektrometeranordnungen zur Messung aktiviert wird (Proceedings of SPIE, Vol. 627 [1986] S. 350–362). Für den Fall der Messung von Spektren solcher Strahlungsquellen, deren Lichtleitwert kleiner oder gleich dem Lichtleitwert der Spektrometer ist, z. B. Sterne bei Beobachtung mit Teleskopen, und deren Spektren den Einsatz von zwei separaten Spektrometern erforderlich machen, z. B. Weitbereichsspektren einschließlich UV- und VUV-Bereich, haben die o. g. Anordnungen die Nachteile der zusätzlichen Reflexionsverluste und/oder der Unmöglichkeit der gleichzeitigen Messung.

### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Echelle-Spektrometer verfügbar zu haben, mit dem simultan in einem ausgedehnten Wellenlängenbereich spektralphotometrische Untersuchungen von Strahlungsquellen durchgeführt werden können.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung anzugeben, welche die optische Kopplung zweier simultan messender Echelle-Spektrometer realisiert, wobei eine stufenlose Aufteilung der durch die Eintrittsspaltanordnung einfallenden Strahlung auf die beiden Teilspektrometer möglich sein soll und die Einrichtung zur Aufteilung der Strahlung keine zusätzlichen Strahlungsverluste bewirkt.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Echelle-Doppel-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung, bestehend aus einer Eintrittsspaltanordnung, zwei sphärischen Kollimatorspiegeln, zwei Echelle-Gittern, zwei sphärischen Kameraspiegeln und zwei Fokalfächen, wobei jeweils ein Kollimatorspiegel, ein Echelle-Gitter, ein Kameraspiegel und eine Fokalfäche zusammen mit der gemeinsamen Eintrittsspaltanordnung ein Echelle-Spektrometer in Tetraeder-Anordnung bilden.

Ein derartiges Echelle-Doppel-Spektrometer ist erfindungsgemäß in nachstehend beschriebener Weise ausgebildet. Für beide Spektrometer ist der Teilabschnitt der optischen Achse zwischen Eintrittsspaltanordnung und Kollimatorspiegel identisch. Beide Spektrometer sind um den genannten Teilabschnitt der optischen Achse um  $180^\circ$  gegeneinander verdreht angeordnet. Die beiden Kollimatorspiegel sind auf der optischen Achse hintereinander angeordnet. Der der Eintrittsspaltanordnung näher gelegene Kollimatorspiegel ist in seiner Ablenkebene verschiebbar. Seine Bewegungslinie stellt eine Kreisbahn dar, deren Mittelpunkt der Krümmungsmittelpunkt des verschiebbaren Kollimatorspiegels ist. Zur Ordnungstrennung kann aber auch in mindestens einer der beiden einzelnen Tetraeder-Anordnungen der Kameraspiegel als konkaves Beugungsgitter in Wadsworth-Anordnung ausgebildet sein, dessen Dispersionsebene der Ablenkebene des Kameraspiegels entspricht.

Die Verschiebung des vorderen, verschiebbaren Kollimatorspiegels bewirkt eine teilweise oder vollständige Abschattung des hinteren, feststehenden Kollimatorspiegels und damit die Aufteilung der durch die Eintrittsspaltanordnung einfallenden Strahlung auf die beiden Teilspektrometer.

Durch die Bewegung auf der o. g. speziellen Kreisbahn ist der verschiebbare Kollimatorspiegel in jeder Position bezüglich der zugehörigen Tetraeder-Anordnung ideal justiert. Zur Astigmatismuskorrektur wird in der Tetraeder-Anordnung die Aufteilung des Eintrittsspaltaltes in zwei senkrecht zueinander angeordnete Teilspalte, und zwar den Hauptspalt in Richtung der Echelle-Gitter-Dispersion und den Querspalt in Richtung der Querdispersion mit unterschiedlichem Abstand zum Kollimatorspiegel benutzt. Die Abstandsdifferenz zwischen den Spaltkomponenten ist eine Funktion der Radien der sphärischen Spiegel und der ablenkenden Winkel an den sphärischen Spiegeln und am Echelle-Gitter. Für das erfindungsgemäße Echelle-Doppel-Spektrometer werden für die beiden einzelnen Tetraeder-Anordnungen die Radien und Winkel derart festgelegt, daß die Bedingung der Astigmatismuskorrektur in beiden Anordnungen durch die gleiche Abstandsdifferenz zwischen den Spaltkomponenten des Eintrittsspaltaltes erfüllt ist. Eine Lösung für diese Aufgabe existiert nur für den Fall der Verdrehung der beiden Anordnungen um  $180^\circ$  gegeneinander.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung ist die erfindungsgemäße optische Anordnung schematisch dargestellt. Im Fall 1 befindet sich der verschiebbare Kollimatorspiegel 7 in der Pos. 1. Die einfallende Strahlung gelangt von der Strahlungsquelle 11 durch die Eintrittsspaltanordnung 1.1, 1.2 auf den feststehenden Kollimatorspiegel 2. Das unter dem Winkel  $\Theta$  reflektierte Licht durchsetzt das Dispersionsprisma 3 und fällt auf das Echelle-Gitter 4. Der vom Gitter 4 unter dem Winkel  $\Theta_1$  abgelenkte Strahl durchsetzt erneut das Dispersionsprisma 3 und fällt auf den Kameraspiegel 5. Von dort wird er unter dem Winkel  $\alpha_2$  in die Fokalebene 6 reflektiert, in welcher die Spektralelemente des durch Prisma 3 und Echelle-Gitter 4 definierten Spektralbereichs mit minimalem Abbildungsfehler abgebildet werden. Es gilt  $\alpha_1 = \alpha_2$ .

Im Fall 2 befindet sich der verschiebbare Kollimatorspiegel 7 in der Pos. 2. Die einfallende Strahlung gelangt von der Strahlungsquelle 11 durch die Eintrittsspaltanordnung 1.1, 1.2 auf den verschiebbaren Kollimatorspiegel 7. Das unter dem Winkel  $\alpha_3$  reflektierte Licht fällt auf die Echelle-Gitter 8.

Der vom Gitter unter dem Winkel  $\Theta_2$  abgelenkte Strahl fällt auf das Konkavgitter 9, welches in Wadsworth-Anordnung die Strahlung um den Winkel  $\alpha_4$  ablenkt und bei einem Beugungswinkel von annähernd  $0^\circ$  die verschiedenen Spektralelemente mit minimalem Abbildungsfehler in die Fokalebene 10 abbildet.

Bei jeder Position des verschiebbaren Kollimatorspiegels 7 zwischen Pos. 1 und Pos. 2 gelangt jeweils ein Teil der einfallenden Strahlung auf den Kollimatorspiegel 2, der restliche Teil auf den Kollimatorspiegel 7. Jeder Anteil durchläuft dann die jeweiligen Teilspektrometer in der oben beschriebenen Weise, so daß eine stufenlose Aufteilung der Strahlung auf die beiden Teilspektrometer realisiert werden kann.

Der in der Zeichnung dargestellte erfindungsgemäße Aufbau wird mit folgenden Parametern realisiert:

Krümmungsradien:	$R(2) = R(5) = 750 \text{ mm}$ $R(7) = R(9) = 700 \text{ mm}$
Gitterstrichzahlen und Blazewinkel:	$N(4) = 75 \text{ L/mm}, \Theta_B(4) = 64^\circ$ $N(8) = 150 \text{ L/mm}, \Theta_B(8) = 64^\circ$ $N(9) = 600 \text{ L/mm}, \Theta_B(9) = 3^\circ$
Prismenwinkel:	$\epsilon(3) = 18^\circ$
Prismenmaterial:	Quarz
Ablenkwinkel:	$\alpha_1 = \alpha_2 = 6^\circ$ $\alpha_3 = \alpha_4 = 6^\circ$ $\Theta_1 = 8^\circ$ $\Theta_2 = 10^\circ$

Aufstellungsorte und Aufstellungswinkel, bezogen auf ein kartesisches Koordinatensystem mit dem Koordinatenursprung im Scheitelpunkt des festen Kollimatorspiegels 2 sind aus der Tabelle ersichtlich.

Das optische System ist für die Wellenlängenbereiche von 190 nm–350 nm für das Teilspektrometer mit prismenquerdispenser 3 und von 110 nm–195 nm für das Teilspektrometer mit Konkavgitterquerdispenser 9 ausgelegt. Die Ausdehnung der Fokalflächen beträgt für beide Teilspektrometer jeweils 20 mm × 20 mm. Das spektrale Auflösungsvermögen  $\lambda/\Delta\lambda$  ist für beide Teilspektrometer größer  $4 \cdot 10^4$ .

#### Tabelle

Bauelementekoordinaten für das VUV/UV-Echelle-Doppel-Spektrometer gemäß Ausführungsbeispiel

Bauelemente	Koordinaten [mm]			Drehung [°]		
	x	y	z	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
Querspalt (1.2)	374,5	0	0	0	0	0
Hauptspalt (1.1)	377,4	0	0	90°	0	0
Kollimator- spiegel (UV) (2)	0	0	0	0	-3°	0
Prisma (1. Fläche) (3)	342,5	-36	11	0	-4°	7,7°
Echellegitter (UV) (4)	404	-33	0	0	22°	-3,5°
Kameraspiegel (5) Fokalfläche	5	-0,5	58	0	-8°	9°
(UV) (6)	366	-78,5	6	0	-8°	9°
Kollimatorspiegel (VUV) (7)	25	0	0	0	3°	0
Echellegitter (VUV) (8)	348	34	0	0	-21°	-6°
Kameragitter (9) Fokalfläche	30	0,5	-57	0	+10°	-12°
(VUV) (10)	366	78	3	0	10°	-12°

(Hinter die Bezeichnung der Bauelemente sind in Klammern die Bezugszeichen lt Ausführungsbeispiel und Zeichnung gesetzt!)

279308 4

