

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
7. Februar 2013 (07.02.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/017458 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01J 3/18 (2006.01) *G01J 3/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/064410
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juli 2012 (23.07.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 080 278.9
2. August 2011 (02.08.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS MICROSCOPY GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DOBSCHAL, Hans-Jürgen** [DE/DE]; Am Kötschauer Weg 26a, 99510 Kleinromstedt (DE). **MÜLLER, Jochen** [DE/DE]; Musäusring 6, 07747 Jena (DE).
- (74) Anwalt: **GEYER, FEHNERS & PARTNER;** Perhamerstraße 31, 80687 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

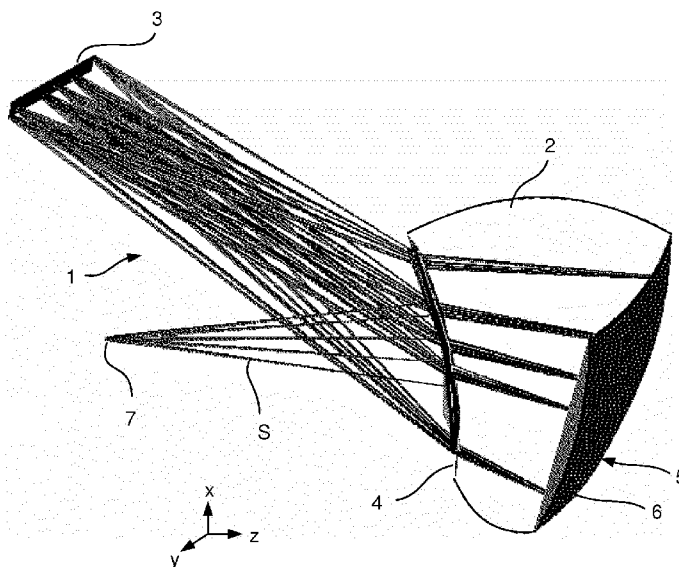
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ECHELLE SPECTROMETER

(54) Bezeichnung : ECHELLE-SPEKTROMETER

Fig. 1



(57) Abstract: An echelle spectrometer is provided, comprising a detector (3) and a monolithic transparent body (2), which has an entry area and an exit area on a front side (4) of the body (2) and a reflective echelle grating (6) on the rear side (5) of the body (2), wherein a beam (S) entering the body (2) via the entry area is reflected at the echelle grating (6) to the exit area and is thereby spectrally split in a first dispersion direction (D1), passes through the exit area and impinges on the detector (3), the body (2) being designed so as to provide a dispersing effect for the beam (S) entering via the entry area, reflected at the echelle grating (6) and exiting via the exit area in such a way that a separation of the orders of diffraction of the echelle grating (6) takes place transversely in relation to the first dispersion direction (D1).

(57) Zusammenfassung: Es wird bereitgestellt ein Echelle-Spektrometer mit einem Detektor (3) und einem monolithischen transparenten Körper (2), der eine Eintrittsfläche und eine Austrittsfläche auf einer Vorderseite (4) des Körpers (2) und ein reflektives Echellengitter (6) auf der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Rückseite (5) des Körpers (2) aufweist, wobei ein über die Eintrittsfläche in den Körper (2) eintretendes Strahlenbündel (S) am Echellegitter (6) zur Austrittsfläche reflektiert und dabei in einer ersten Dispersionsrichtung (D1) spektral aufgespalten wird, durch die Austrittsfläche tritt und auf den Detektor (3) trifft, wobei der Körper (2) so ausgebildet ist, daß er für das über die Eintrittsfläche eintretende, am Echellegitter (6) reflektierte und über die Austrittsfläche austretende Strahlenbündel (S) eine dispergierende Wirkung derart bereitstellt, daß quer zur ersten Dispersionsrichtung (D1) eine Trennung der Beugungsordnungen des Echellegitters (6) erfolgt.

Echelle-Spektrometer

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Echelle-Spektrometer.

- 5 Echelle-Spektrometer werden in der Regel in Bereichen eingesetzt, in denen ein Spektrum mit einem großen Wellenlängenbereich hochaufgelöst auf einmal erfaßt werden soll. Besonders im Bereich der analytischen Chemie beim qualitativen und quantitativen Nachweis von Elementen besteht der Bedarf nach einer Ausweitung des auflösbaren Spektralbereiches bei gleichzeitiger Erhöhung des spektralen Auflösungsvermögens. Auch im Bereich der Astronomie bei der
10 Aufnahme von Sternspektren mit hoher Auflösung werden Echelle-Spektrometer eingesetzt.

- Bekannte Echelle-Spektrometer weisen ein Echellegitter zur Erzeugung eines Dispersionsspektrums und ein weiteres Gitter oder ein Dispersionsprisma auf, um die zum Teil aufeinanderfallenden Beugungsordnungen voneinander zu trennen. Daher weisen solche
15 Echelle-Spektrometer eine Vielzahl von diskreten Optik- und Mechanikkomponenten auf, so daß ein hoher Montage- und Justieraufwand vorliegt und eine kostengünstige Fertigung der Echelle-Spektrometer nicht möglich ist.

- Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein Echelle-Spektrometer zur Verfügung zu
20 stellen, das kompakt ist, kostengünstig hergestellt werden kann und gute optische Leistungsparameter aufweist.

- Die Aufgabe wird gelöst durch ein Echelle-Spektrometer mit einem Detektor und einem monolithischen transparenten Körper, der eine Eintrittsfläche und eine Austrittsfläche auf der
25 Vorderseite des Körpers und ein reflektives Echellegitter auf der Rückseite des Körpers aufweist, wobei ein über die Eintrittsfläche in den Körper eintretendes Strahlenbündel am Echellegitter zur Austrittsfläche reflektiert und dabei in einer ersten Dispersionsrichtung spektral aufgespalten wird, durch die Austrittsfläche tritt und auf den Detektor trifft, wobei der Körper so ausgebildet ist, daß er für das über die Eintrittsfläche eintretende, am Echellegitter reflektierte
30 und über die Austrittsfläche austretende Strahlenbündel eine dispergierende Wirkung derart

bereitstellt, daß quer zur ersten Dispersionsrichtung eine Trennung der Beugungsordnungen des Echellegitters erfolgt.

5 Durch diesen monolithischen Aufbau wird die Anzahl der benötigten Optikelemente minimiert, was einerseits zu einer deutlichen Miniaturisierung führt und andererseits den Justier- und Montageaufwand deutlich reduziert. Ferner werden dabei sehr gute optische Leistungsparameter erzielt.

10 Die dispergierende Wirkung des transparenten Körpers quer zur ersten Dispersionsrichtung kann durch eine prismatische Ausbildung des transparenten Körpers und seiner wellenlängenabhängigen Brechzahl bereitgestellt werden.

Durch den monolithischen Aufbau des transparenten Körpers kann dieser durch Abformverfahren, wie z. B. Spritzgießen oder Spritzprägen, hergestellt werden. Dadurch ist eine
15 kostengünstige und schnelle Herstellung möglich.

Insbesondere ist das Echellegitter als abbildendes Gitter ausgebildet. Dadurch wird eine weitere Reduzierung der Optikelemente erreicht.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Spektrometer kann der transparente Körper so ausgebildet sein, daß seiner prismatischen Wirkung keine einzige Dispersionsrichtung für alle Wellenlängen und Beugungsordnungen zugeordnet werden kann. Es kann jedoch jeder Beugungsordnung eine über die Wellenlänge gemittelte Dispersionsrichtung und somit eine mittlere Dispersionsrichtung als zweite Dispersionsrichtung zugeordnet werden. Es ist bevorzugt, daß die mittlere
25 Dispersionsrichtung jeder Beugungsordnung mit der ersten Dispersionsrichtung jeweils einen Winkel von größer als 45° und insbesondere von größer als 60° einschließt. Insbesondere kann der Winkel für zumindest eine Beugungsordnung 90° betragen.

Ferner können sich die mittleren Dispersionsrichtungen der Beugungsordnungen um z. B.
30 maximal 10° - 20° unterscheiden. Insbesondere liegt dieser Unterschied zwischen der mittleren Dispersionsrichtung der niedrigsten Beugungsordnung und der höchsten Beugungsordnung des Echellegitters vor. Unter der niedrigsten und höchsten Beugungsordnung wird die niedrigste Beugungsordnung, die verwendet wird, und die höchste Beugungsordnung, die verwendet wird, verstanden.

35

Ferner kann das erfindungsgemäße Spektrometer so ausgelegt sein, daß die getrennten Beugungsordnungen des Echellegitters ein kontinuierliches Spektrum bilden. Insbesondere kann die kleinste Wellenlänge einer ersten Beugungsordnung des Echellegitters der größten

Wellenlänge der nächst höheren Beugungsordnung des Echellegitters entsprechen. Somit liegt ein kontinuierliches Spektrum über alle Beugungsordnungen vor.

Bei dem erfindungsgemäßen Spektrometer kann der Strahlengang des Strahlenbündels von der Eintrittsfläche über das Echellegitter bis zur Austrittsfläche genau einmal gefaltet sein. Diese Faltung wird durch die Reflexion an Echellegitter realisiert. Diese Ausgestaltung trägt zur kompakten Ausbildung des transparenten Körpers und somit des Spektrometers bei.

Bei dem erfindungsgemäßen Spektrometer kann die Rückseite zumindest im Bereich des Echellegitters sphärisch gekrümmt sein. Es ist auch möglich, daß die Rückseite zumindest im Bereich des Echellegitters als rotationssymmetrische Asphäre oder als nicht-rotationssymmetrische Asphäre, die auch als Freiformfläche bezeichnet werden kann, ausgebildet ist.

Auch die Vorderseite kann im Bereich der Austrittsfläche als Sphäre, als rotationssymmetrische Asphäre oder als nicht-rotationssymmetrische Asphäre ausgebildet sein.

Das Echellegitter ist bevorzugt als geblaztes Reflexionsgitter ausgebildet. Da das Gitter als Rückseitengitter verwendet wird, tritt eine Verschiebung des Blaze-Maximums um etwa den Faktor n (n = Brechzahl des transparenten Mediums und kann z. B. 1,5 betragen) zu höheren Wellenlängen auf, was in vielen Fällen der praktischen Anwendung entgegenkommt. Insbesondere kann dann für den transparenten Körper ein gewöhnliches Glas, wie z. B. BK7, verwendet werden. Es ist natürlich auch möglich, Quarz oder Flußspat für den transparenten Körper zu verwenden. Im allgemeinen kann der transparente Körper aus Kunststoff, Glas oder Quarz bestehen.

Bei dem erfindungsgemäßen Spektrometer kann der Detektor einen flächigen Detektionsbereich aufweisen. Damit ist es möglich, die unterschiedlichen Beugungsbänder spektral aufgelöst gleichzeitig zu detektieren.

Ferner kann bei dem erfindungsgemäßen Spektrometer die Rückseite des transparenten Körpers zumindest im Bereich des Echellegitters so gekrümmt sein, daß bei Reflexion am Echellegitter eine Fokussierung des Strahlenbündels in horizontaler und vertikaler Ebene bewirkt wird. Die horizontale Ebene ist bevorzugt die Ebene, in der die erste Dispersionsrichtung liegt.

Ferner kann bei dem erfindungsgemäßen Spektrometer das Strahlenbündel bei Durchtritt durch die Austrittsfläche in horizontaler und vertikaler Ebene fokussiert werden. Insbesondere kann

die Austrittsfläche zur Reduzierung des Astigmatismus und/oder der spektralen Bildfeldkrümmung genutzt werden. Dies ist besonders vorteilhaft möglich, da die Austrittsfläche bildfeldnah positioniert ist.

- 5 Die Eintritts- und Austrittsfläche auf der Vorderseite des transparenten Körpers können voneinander beabstandet sein oder sich zumindest teilweise durchdringen. Insbesondere ist es möglich, daß die Eintritts- und Austrittsfläche Teil der selben Fläche, z. B. der selben Freiformfläche sind. Natürlich kann alternativ (insbesondere wenn die Eintritts- und Austrittsfläche voneinander beabstandet sind) die Eintrittsfläche eine von der Austrittsfläche
10 unabhängige Flächenform aufweisen und separat optimiert sein, um möglichst gute optische Leistungsparameter des Spektrometers zu gewährleisten. Insbesondere kann die Eintrittsfläche als plane Fläche ausgebildet sein.

- Das erfindungsgemäße Spektrometer ist insbesondere für Wellenlängen aus dem sichtbaren
15 Wellenlängenbereich, also für elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von 380-780 nm, ausgelegt. Ferner kann das erfindungsgemäße Spektrometer zusätzlich oder alternativ für den UV-Bereich und/oder den IR-Bereich ausgelegt sein. So ist z. B. ein Wellenlängenbereich von 500-900 nm möglich.

- 20 Das Spektrometer kann ein Gehäuse aufweisen, in dem der Detektor und der transparente Körper angeordnet sind. Der Eintrittsspalt kann an einer Wandung des Gehäuses ausgebildet sein.

- Ferner kann der Eintrittsspalt beispielsweise durch das austrittsseitige Ende einer Lichtleitfaser
25 realisiert sein.

- Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden
30 Erfindung zu verlassen.

Nachfolgend wird die Erfindung beispielsweise anhand der beigefügten Zeichnungen, die auch erfindungswesentliche Merkmale offenbaren, noch näher erläutert. Es zeigen:

- 35 Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Echelle-Spektrometers;

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung des transparenten Körpers des erfindungsgemäßen Echelle-Spektrometers;

Fig. 3 eine Seitenansicht des transparenten Körpers von Fig. 2, und

5

Fig. 4 eine schematische Darstellung der auf den Detektor treffenden Beugungsbänder des erfindungsgemäßen Echelle-Spektrometers.

10 Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform umfaßt das erfindungsgemäße Echelle-Spektrometer 1 einen monolithischen transparenten Körper 2 und einen Detektor 3.

Der Körper 2 umfaßt eine Vorderseite 4 und eine Rückseite 5, wobei die Vorderseite 4 asphärisch gekrümmt ist und in die Rückseite 5 eine sphärische Krümmung aufweist. Der
15 konkave Krümmungsradius der Rückseite 5 beträgt 73,652 mm.

Auf der Rückseite 5 ist ein abbildendes Echellegitter 6 ausgebildet, das hier ein geblaztes Reflexionsgitter mit ca. 10 bis 100 Linien pro mm ist. Der Blaze-Winkel liegt im Bereich zwischen 50° und 80°.

20

In Fig. 1 ist schematisch der Verlauf eines Strahlenbündels S, das von einem Eintrittsspalt 7 ausgeht, dargestellt. Das Strahlenbündel S tritt durch die Vorderseite 4 in den transparenten Körper ein und läuft bis zur Rückseite 5, wo es am Echellegitter 6 reflektiert wird und wiederum zur Vorderseite 4 läuft, aus diesem austritt und auf den Detektor 3 trifft. Zur Vereinfachung der
25 Darstellung ist in Fig. 1 der Verlauf des Strahlenbündels S nach Eintritt durch die Vorderseite 4 bis zur Rückseite 5 nicht eingezeichnet. Der im transparenten Körper 2 eingezeichnete Strahlenverlauf entspricht dem Strahlenverlauf nach Reflexion an Echellegitter 6.

Das Echellegitter 6 ist so ausgebildet, daß bei Reflexion eine spektrale Aufspaltung in einer
30 ersten Dispersionsrichtung D1 auftritt, die schematisch in Fig. 2 eingezeichnet ist, in der nur der transparente Körper 2 perspektivisch dargestellt ist. Die Gitterfurchen des Echellegitters 6 sind durch die gepunkteten Linien 8 angedeutet. Um nun die Beugungsordnungen des Echellegitters 6, die zumindest zum Teil aufeinander fallen, zu trennen, ist die Vorderseite 4 so gekrümmt und relativ zur sphärischen Rückseite 5 angeordnet, daß das durch den transparenten Körper 2
35 laufenden Strahlenbündel S mit einer dispergierenden Wirkung quer zur ersten Dispersionsrichtung D1 beaufschlagt wird. Dies wird durch die prismatische Ausbildung des transparenten Körpers 2 erreicht, die in Fig. 2 und insbesondere in der Seitenansicht des transparenten Körpers 2 in Fig. 3 zu erkennen ist.

Damit wird erreicht, daß die Spektren der einzelnen Beugungsordnungen voneinander getrennt auf den Detektor 3 treffen, wie schematisch in Fig. 4 für die siebte bis dreizehnte Beugungsordnung dargestellt ist, die in der beschriebenen Ausführungsform genutzt werden und sich jeweils von links nach rechts erstrecken. Dabei wird mit B_7 die siebte Beugungsordnung, mit B_8 die achte Beugungsordnung, ... und mit B_{13} die dreizehnte Beugungsordnung bezeichnet. Da der Detektor 3 einen flächigen Detektionsbereich aufweist, kann er die in Fig. 4 gezeigten Spektren B_7 - B_{13} gleichzeitig detektieren. Der Detektor 3 kann daher auch als Flächendetektor bezeichnet werden.

- 10 Durch die prismatische Ausbildung des transparenten Körpers 2 und insbesondere durch die Krümmung von Vorderseite 4 und Rückseite 5 kann der dispergierenden Wirkung zur Trennung der Beugungsordnungen des Echellegitters 6 keine eindeutige Dispersionsrichtung zugeordnet werden. Man kann jedoch jeder Beugungsordnung B_7 - B_{13} eine über die Wellenlängen jeder Beugungsordnung gemittelte Dispersionsrichtung zuordnen. Für die siebte Beugungsordnung
- 15 B_7 ist die gemittelte Dispersionsrichtung D2 (die auch als zweite Dispersionsrichtung D2 bezeichnet werden kann) senkrecht zur ersten Dispersionsrichtung, wie z. B. in Fig. 2 schematisch dargestellt ist.

Wie insbesondere der Darstellung in Fig. 4 zu entnehmen ist, sind die gemittelten Dispersionsrichtungen D2 der unterschiedlichen Beugungsordnungen voneinander verschieden. So kann sich die gemittelte Dispersionsrichtung der siebten Beugungsordnung von der gemittelten Dispersionsrichtung der dreizehnten Beugungsordnung um z. B. 10° - 20° unterscheiden. Zur Vereinfachung der Darstellung ist in Fig. 2 und 3 nur die gemittelte Dispersionsrichtung D2 der siebten Beugungsordnung eingezeichnet.

25

Das erfindungsgemäße Echelle-Spektrometer 1 ist hier bevorzugt so ausgelegt, daß die genutzten Beugungsordnungen (hier siebte bis dreizehnte Beugungsordnung) ein kontinuierliches Spektrum darstellen. Das Spektrum kann z. B. von 500-900 nm laufen.

- 30 Die Bandbreite jeder einzelnen Beugungsordnung B_7 - B_{13} entspricht in etwa der mittleren Wellenlänge λ_{Mitte} geteilt durch die Beugungsordnung n . Dies ist in Fig. 4 gut zu erkennen, da mit steigender Beugungsordnung die Breite (waagrechte Ausdehnung) der jeweiligen Beugungsordnung auf dem Detektor 3 abnimmt. Die Darstellung in Fig. 4 ist dabei so gewählt, daß die Wellenlänge von links nach rechts zunimmt und von unten nach oben abnimmt. Somit
- 35 entspricht z. B. die Wellenlänge der siebten Beugungsordnung ganz links (Bezugszeichen 10) der Wellenlänge der achten Beugungsordnung ganz rechts (Bezugszeichen 11).

Durch die gekrümmte Ausbildung der Rückseite 5 weist das Echellegitter 6 neben der dispergierenden Funktion noch eine abbildende Funktion auf. Ferner ist die Vorderseite 4 so ausgelegt, daß mit ihr fehlerkorrigierende Funktionen verwirklicht werden. Insbesondere wird mittels der Vorderseite 4 der Astigmatismus sowie die spektrale Bildfeldkrümmung verringert.

5

Der transparente Körper 2 vereint somit vier optische Funktionen in sich: zwei dispergierende Funktionen (Echellegitter 6 und prismatische Ausbildung zwischen Vorder- und Rückseite 4, 5), eine abbildende Funktion (Echellegitter 6) und eine fehlerkorrigierende Funktion (Vorderseite 4).

10 Die Vorderseite 4 kann durch die nachfolgende Formel beschrieben werden:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \cdot c^2 r^2}} + \sum_{j=2}^{66} C_j x^m y^n$$

mit $j = [(m+n)^2 + m + 3n]/2 + 1$ und $r = \sqrt{x^2 + y^2}$,

15

wobei die konische Konstante $k = -9,5153 \cdot 10^{-1}$ beträgt sowie alle Parameter C_j , die in der nachfolgenden Tabelle nicht angegeben sind, den Wert Null aufweisen:

C_2	x	-1.5132E-01
C_3	y	2.5913E-03
C_4	x^2	2.3128E-02
C_5	xy	1.3591E-03
C_6	y^2	2.3789E-02
C_7	x^3	-2.7535E-05
C_8	x^2y	2.7057E-05
C_9	xy^2	-2.1922E-05
C_{10}	y^3	1.2711E-05
C_{11}	x^4	9.1802E-07
C_{12}	x^3y	6.5461E-07
C_{13}	x^2y^2	2.1153E-06
C_{14}	xy^3	4.9258E-07

C_{15}	y^4	1.0817E-06
C_{16}	x^5	-4.2743E-09
C_{17}	x^4y	1.5433E-08
C_{18}	x^3y^2	-7.8904E-09
C_{19}	x^2y^3	1.1958E-08
C_{20}	xy^4	-1.1055E-08
C_{21}	y^5	-3.6363E-10
C_{22}	x^6	8.2837E-11
C_{23}	x^5y	3.5541E-10
C_{24}	x^4y^2	1.2038E-10
C_{25}	x^3y^3	4.6633E-10
C_{26}	x^2y^4	-3.7480E-10

20 In der obigen Tabelle ist für jeden Parameter C_j der Wert angegeben und welchem xy-Polynom er zugeordnet ist. So beträgt der Parameter C_{12} $6,5461 \cdot 10^{-7}$ für das Polynom x^3y .

- Wenn der Scheitel der Rückseite 4 und somit des Echellegitters 6 im Koordinatenursprung liegt, liegt die Vorderseite 4 relativ zur Rückseite 5 in x-Richtung um +5,5622 mm, in y-Richtung um +3,5117 mm und in z-Richtung um -16,7275 mm versetzt, wobei Drehungen in dieser Reihenfolge um die x-Achse um $-25,0104^\circ$, um die y-Achse um $-16,0487^\circ$ und um die z-Achse
- 5 um $-21,3584^\circ$ durchgeführt sind. Der Wert für c ist gleich der Kehrwert von -15,8114 mm.

Patentansprüche

1. Echelle-Spektrometer mit
5 einem Detektor (3) und
 einem monolithischen transparenten Körper (2), der eine Eintrittsfläche und eine Austrittsfläche
 auf einer Vorderseite (4) des Körpers (2) und ein reflektives Echellegitter (6) auf der Rückseite
 (5) des Körpers (2) aufweist,
 wobei ein über die Eintrittsfläche in den Körper (2) eintretendes Strahlenbündel (S) am
10 Echellegitter (6) zur Austrittsfläche reflektiert und dabei in einer ersten Dispersionsrichtung (D1)
 spektral aufgespalten wird, durch die Austrittsfläche tritt und auf den Detektor (3) trifft, wobei der
 Körper (2) so ausgebildet ist, daß er für das über die Eintrittsfläche eintretende, am Echellegitter
 (6) reflektierte und über die Austrittsfläche austretende Strahlenbündel (S) eine dispergierende
 Wirkung derart bereitstellt, daß quer zur ersten Dispersionsrichtung (D1) eine Trennung der
15 Beugungsordnungen des Echellegitters (6) erfolgt.
2. Spektrometer nach Anspruch 1, wobei das Echellegitter (6) als abbildendes Gitter
 ausgebildet ist.
- 20 3. Spektrometer nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die dispergierende Wirkung des
 transparenten Körpers (2) quer zur ersten Dispersionsrichtung durch eine prismatische
 Ausbildung des transparenten Körpers (2) bereitgestellt ist.
4. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die erste Dispersionsrichtung
25 (D1) mit der mittleren Dispersionsrichtung (D2) jeder Beugungsordnung des Echellegitters (6)
 jeweils einen Winkel von größer als 45° oder einen Winkel von größer als 60° einschließen.
5. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die getrennten
 Beugungsordnungen des Echellegitters (6) ein kontinuierliches Spektrum bilden.

6. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem das Strahlenbündel (S) genau einmal im transparenten Körper (2) am Echellegitter (6) reflektiert wird.
7. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Rückseite (5) zumindest im
5 Bereich des Echellegitters sphärisch gekrümmt ist.
8. Spektrometer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Rückseite (5) zumindest im Bereich des Echellegitters (6) asphärisch ausgebildet ist.
9. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Vorderseite (4) asphärisch
10 gekrümmt ist.
10. Spektrometer nach Anspruch 9, bei dem die Vorderseite als nicht-rotationssymmetrische Asphäre ausgebildet ist.
11. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem das Echellegitter als geblatztes Reflexionsgitter ausgebildet ist.
12. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem der Detektor (3) einen
20 flächigen Detektionsbereich aufweist.
13. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Rückseite (5) zumindest im Bereich des Echellegitters (6) so gekrümmt ist, daß bei Reflexion am Echellegitter (6) eine Fokussierung des Strahlenbündels (S) in horizontaler und vertikaler Ebene bewirkt wird.
14. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem das Strahlenbündel (S) bei
25 Durchtritt durch die Austrittsfläche in horizontaler und vertikaler Ebene fokussiert wird.
15. Spektrometer nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Austrittsfläche
30 Astigmatismus und/oder spektrale Bildfeldkrümmung reduziert.

Fig. 1

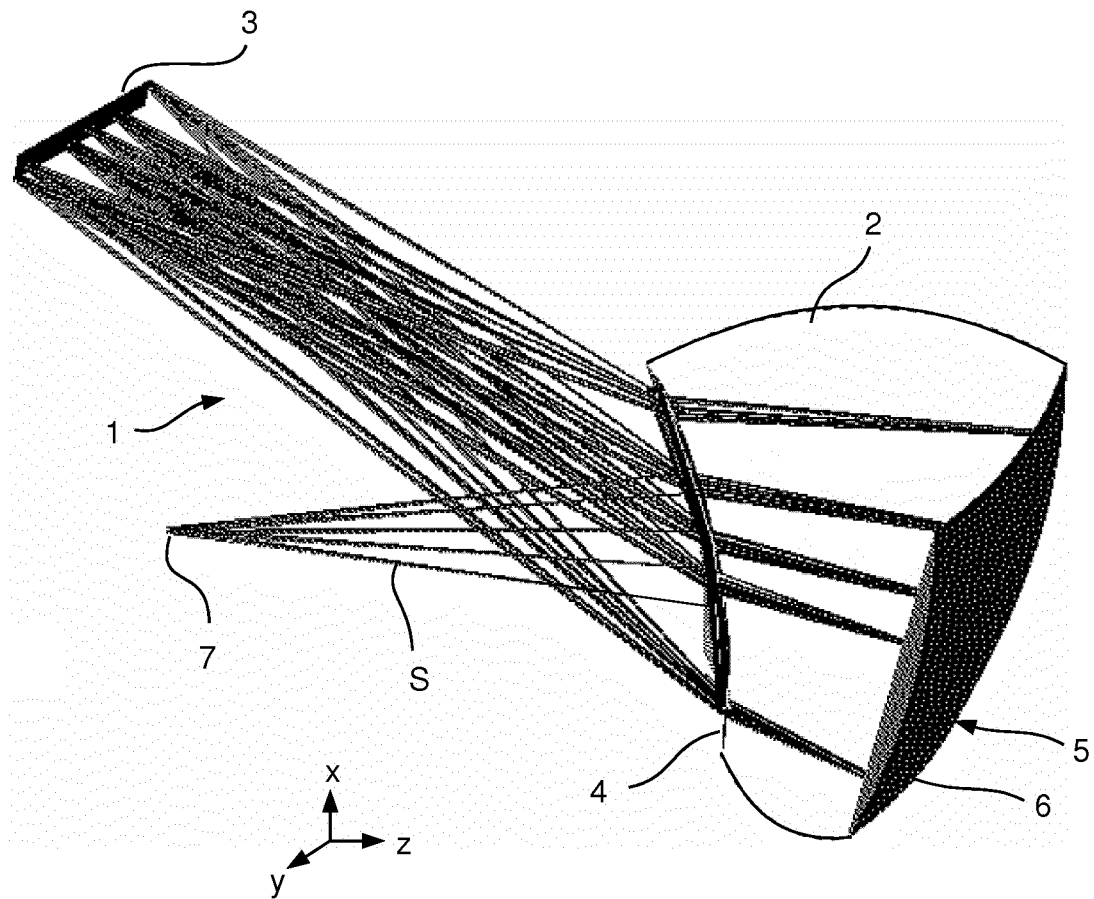


Fig. 2

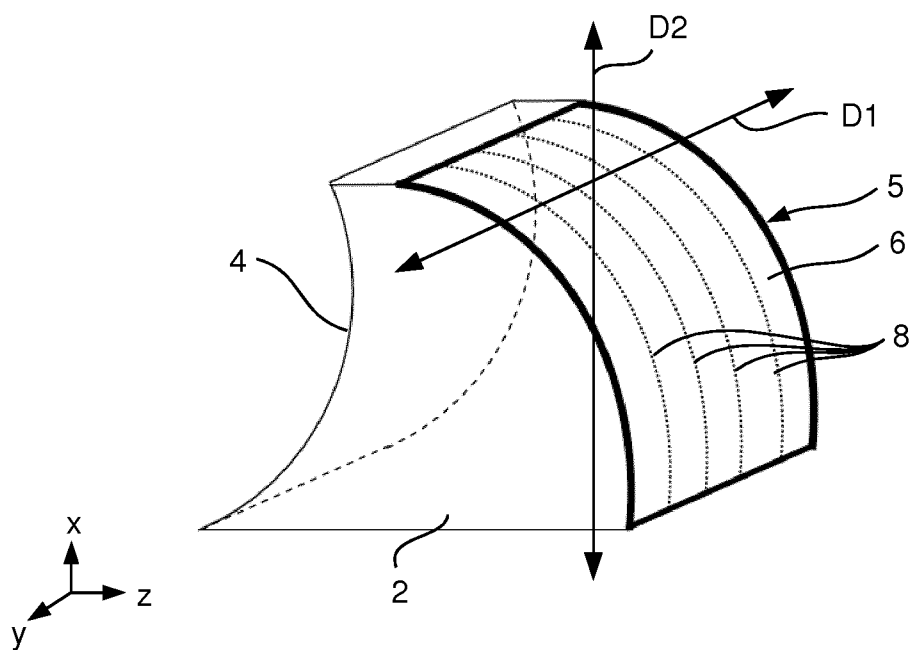


Fig. 3

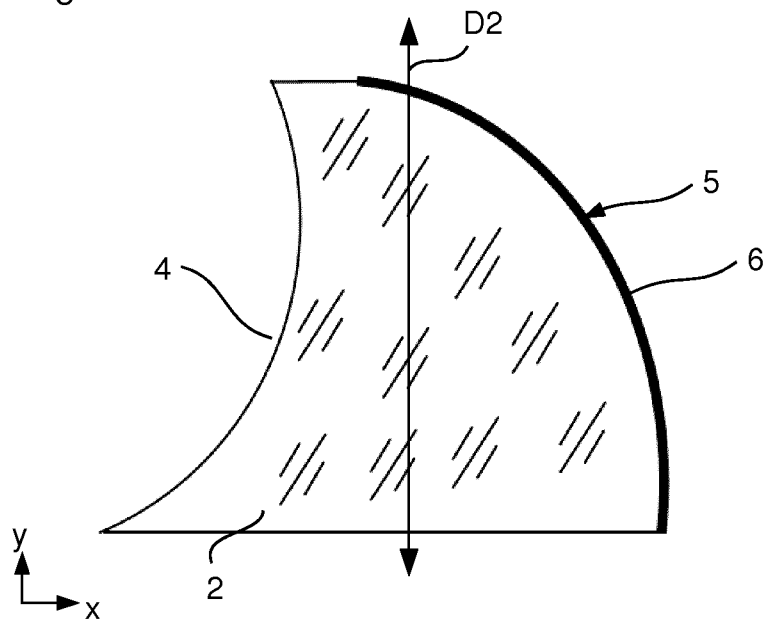
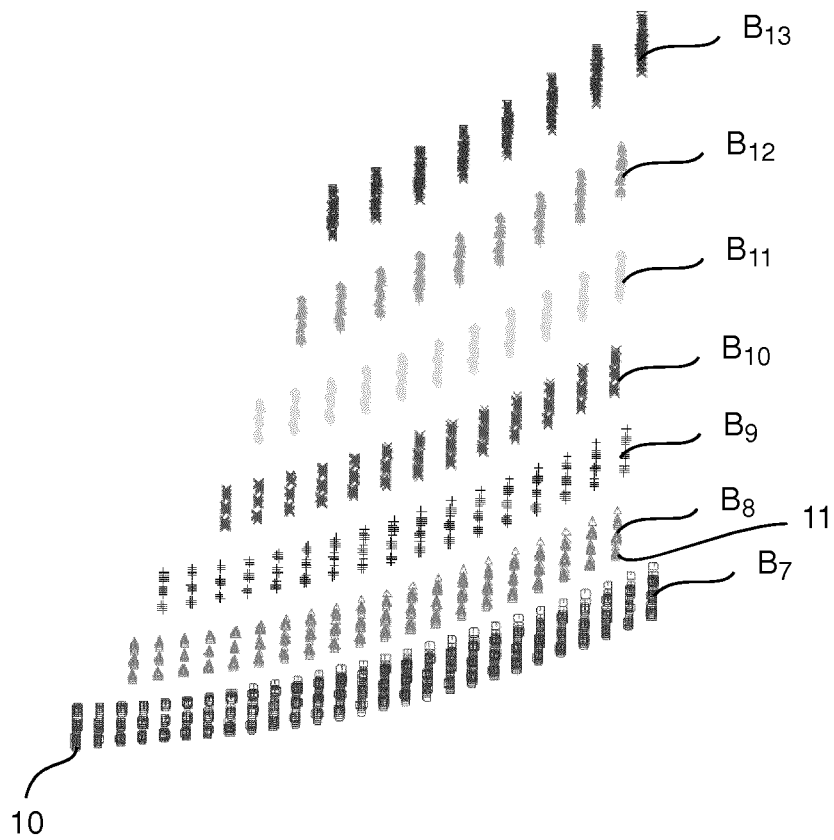


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/064410

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01J3/18 G01J3/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ROBERT G. TULL ET AL: "The High-Resolution Cross-Dispersed Echelle White-Pupil Spectrometer of the McDonald Observatory 2.7-m Telescope", PUBLICATION OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC, vol. 107, 30 March 1995 (1995-03-30), pages 251-264, XP002685668, abstract; figure 6	1-6,11, 12
A	----- US 2005/151966 A1 (PACKIRISAMY MUTHUKUMARAN [CA] ET AL) 14 July 2005 (2005-07-14) paragraphs [0035], [0048]; figure 1 ----- -/--	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 2012

Date of mailing of the international search report

05/11/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schmidt, Charlotte

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/064410

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/010367 A2 (UNIV DANMARKS TEKNISKE [DK]; HUEBNER JOERG [DK]; JOERGENSEN ANDERS MIC) 2 February 2006 (2006-02-02) page 14, paragraph 2; figures 1,8,9 page 18, line 27 - page 19, line 6 -----	1-15
A	DE 10 2009 040885 A1 (UNIV MUENCHEN TECH [DE]) 10 March 2011 (2011-03-10) paragraph [0033]; figure 2 -----	1-15
A	EP 0 489 286 A2 (ZEISS CARL FA [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 10 June 1992 (1992-06-10) abstract; figure 1 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/064410

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005151966	A1	14-07-2005	NONE
WO 2006010367	A2	02-02-2006	EP 1779074 A2 02-05-2007 US 2008123095 A1 29-05-2008 WO 2006010367 A2 02-02-2006
DE 102009040885	A1	10-03-2011	DE 102009040885 A1 10-03-2011 EP 2475971 A1 18-07-2012 WO 2011029884 A1 17-03-2011
EP 0489286	A2	10-06-1992	AT 126586 T 15-09-1995 DE 4038638 A1 11-06-1992 EP 0489286 A2 10-06-1992 JP 3119917 B2 25-12-2000 JP 4294223 A 19-10-1992 US 5159404 A 27-10-1992

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01J3/18 G01J3/02
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ROBERT G. TULL ET AL: "The High-Resolution Cross-Dispersed Echelle White-Pupil Spectrometer of the McDonald Observatory 2.7-m Telescope", PUBLICATION OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC, Bd. 107, 30. März 1995 (1995-03-30), Seiten 251-264, XP002685668, Zusammenfassung; Abbildung 6 -----	1-6,11, 12
A	US 2005/151966 A1 (PACKIRISAMY MUTHUKUMARAN [CA] ET AL) 14. Juli 2005 (2005-07-14) Absätze [0035], [0048]; Abbildung 1 ----- -/-	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Oktober 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/11/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schmidt, Charlotte

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2006/010367 A2 (UNIV DANMARKS TEKNISKE [DK]; HUEBNER JOERG [DK]; JOERGENSEN ANDERS MIC) 2. Februar 2006 (2006-02-02) Seite 14, Absatz 2; Abbildungen 1,8,9 Seite 18, Zeile 27 - Seite 19, Zeile 6 -----	1-15
A	DE 10 2009 040885 A1 (UNIV MUENCHEN TECH [DE]) 10. März 2011 (2011-03-10) Absatz [0033]; Abbildung 2 -----	1-15
A	EP 0 489 286 A2 (ZEISS CARL FA [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 10. Juni 1992 (1992-06-10) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/064410

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005151966 A1	14-07-2005	KEINE	
WO 2006010367 A2	02-02-2006	EP 1779074 A2	02-05-2007
		US 2008123095 A1	29-05-2008
		WO 2006010367 A2	02-02-2006
DE 102009040885 A1	10-03-2011	DE 102009040885 A1	10-03-2011
		EP 2475971 A1	18-07-2012
		WO 2011029884 A1	17-03-2011
EP 0489286 A2	10-06-1992	AT 126586 T	15-09-1995
		DE 4038638 A1	11-06-1992
		EP 0489286 A2	10-06-1992
		JP 3119917 B2	25-12-2000
		JP 4294223 A	19-10-1992
		US 5159404 A	27-10-1992