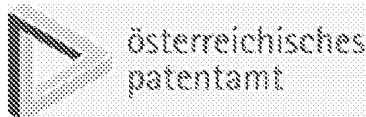


(19)



(10)

AT 516352 A1 2016-04-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50695/2014
 (22) Anmeldetag: 30.09.2014
 (43) Veröffentlicht am: 15.04.2016

(51) Int. Cl.: **G02B 5/18** (2006.01)
G02B 27/44 (2006.01)

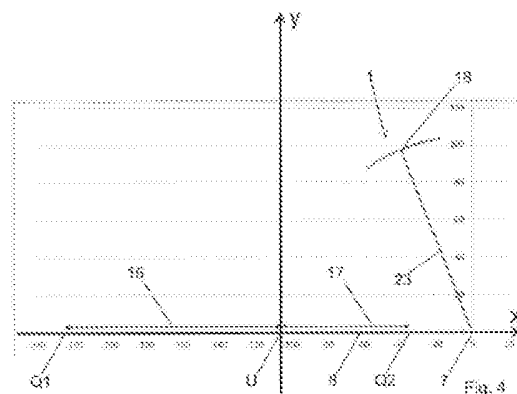
(56) Entgegenhaltungen:
 JP 2004053992 A
 JP H1152114 A
 JP H09239603 A

(71) Patentanmelder:
 CHROMATOR GmbH
 5081 Anif (AT)

(74) Vertreter:
 Kliment & Henhapel Patentanwaelte OG
 1010 Wien (AT)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KONKAVEN/KONVEXEN GITTERS FÜR EINEN MONOCHROMATOR UND EIN SOLCHES GITTER

(57) Verfahren zur Herstellung eines konkaven oder konvexen Gitters (1) für einen Monochromator. Um bei der Auslegung des Gitters keinen Einschränkungen hinsichtlich einer bestimmten Wellenlänge zu unterliegen und außerdem ohne nachträglichen Herstellungsschritt ein Blaze-Gitter herstellen zu können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren die Berechnung von Koordinaten von Gitterpunkten (6) von Gitterlinien (2) auf einem Drehkörper (3) umfasst, indem Schnittpunkte einer Schar von Hilfsflächen mit einer Oberfläche des Drehkörpers (3) bestimmt werden, wobei die Schar von Hilfsflächen durch eine Schar von Kurven zweiter Ordnung, die um eine Drehachse (x) des Drehkörpers (3) rotieren, erzeugt werden, das Verfahren weiters umfassend das Einspeisen der Koordinaten der Schnittpunkte bzw. Gitterpunkte (6) in eine computergesteuerte Ultrapräzisionsdrehmaschine, um eine Gitterstruktur, die um die Drehachse (x) zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse (10) verlaufenden Spirale entspricht, in einen Basiskörper zu drehen, der zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers (3) aufweist.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Verfahren zur Herstellung eines konkaven oder konvexen Gitters (1) für einen Monochromator. Um bei der Auslegung des Gitters keinen Einschränkungen hinsichtlich einer bestimmten

- 5 Wellenlänge zu unterliegen und außerdem ohne nachträglichen Herstellungsschritt ein Blaze-Gitter herstellen zu können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren die Berechnung von Koordinaten von Gitterpunkten (6) von Gitterlinien (2) auf einem Drehkörper (3) umfasst, indem
- 10 Schnittpunkte einer Schar von Hilfsflächen mit einer Oberfläche des Drehkörpers (3) bestimmt werden, wobei die Schar von Hilfsflächen durch eine Schar von Kurven zweiter Ordnung, die um eine Drehachse (x) des Drehkörpers (3) rotieren, erzeugt werden, das Verfahren weiters umfassend das
- 15 Einspeisen der Koordinaten der Schnittpunkte bzw. Gitterpunkte (6) in eine computergesteuerte Ultrapräzisionsdrehmaschine, um eine Gitterstruktur, die um die Drehachse (x) zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse (10) verlaufenden Spirale entspricht, in einen Basiskörper zu drehen, der zumindest
- 20 abschnittsweise die Form des Drehkörpers (3) aufweist.

(Fig. 4)

5 **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KONKAVEN/KONVEXEN GITTERS FÜR
EINEN MONOCHROMATOR UND EIN SOLCHES GITTER**

GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung
10 eines konkaven oder konvexen Gitters für einen Monochromator.

Weiters betrifft die vorliegende Erfindung ein Gitter für
einen Monochromator umfassend einen Basiskörper, der zumindest
abschnittsweise die Form eines Drehkörpers mit einer
gekrümmten, vorzugsweise konkaven Außenfläche aufweist.

15

STAND DER TECHNIK

Gittermonochromatoren finden als energiedispersive Elemente in
vielen Bereichen Anwendung, insbesondere in Spektrographen.
Grundlage für die Aufspaltung von polychromatischem Licht in
20 Lichtstrahlen mit unterschiedlicher Wellenlänge ist die
Gittergleichung

$$N * \lambda = d * (\sin \alpha + \sin \beta),$$

wobei N (die sogenannte Ordnung) eine ganze Zahl ist, λ die
Wellenlänge, d die Gitterkonstante, α der zur Gitternormalen
25 gemessene Einfallswinkel und β der zur Gitternormalen gemessene
Ausfallswinkel. Dabei wird die Konvention verwendet, dass
Winkel auf einer Seite der Gitternormalen positives Vorzeichen

haben (entsprechend der mathematisch positiven Drehrichtung) und auf der anderen Seite der Gitternormalen negatives Vorzeichen. Entsprechend werden Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge durch das Gitter unter unterschiedlichen Winkeln abgelenkt, wodurch die oben genannte spektrale Aufspaltung erfolgt.

Für eine bestimmte Wellenlängen λ_B des Lichts, die auch als Blaze-Wellenlänge bezeichnet wird, kann eine Maximierung der Intensität erzielt werden, indem die Kontur des Gitters im Wesentlichen zackenförmig bzw. dreieckförmig gewählt wird. Dabei schließt eine Seite des Dreiecks (entspricht einer Facette des Gitters) mit der lokalen Gitterebene bzw. mit einer Tangente an das Gitter einen Blaze-Winkel θ_B ein, wobei als Faustformel die Blaze-Bedingung

$$N * \lambda_B = 2 * d * \sin \theta_B$$

verwendet wird. Eine simplifizierte Veranschaulichung des Blaze-Effekts besteht darin, dass die unter dem Blaze-Winkel angeordneten Facetten das Licht, das von einem Eintrittsspalt des Monochromators über das Gitter zu einem Austrittsspalt des Monochromators gelangt, wie Spiegel reflektieren, wenn die Blaze-Bedingung erfüllt ist. D.h. in diesem Fall teilt die Facettennormale den Winkel zwischen einfallendem und ausfallendem Strahl in zwei gleich große Teile.

Übliche Herstellungsverfahren von Gittern für

Gittermonochromatoren basieren auf Interferenz zweier (kohärenter) Laserstrahlen. Dabei werden bei sogenannten „holographischen Gittern erster Generation“ zwei Kugelwellen zur Interferenz gebracht. Die sich ergebenden Flächen maximaler Intensität werden durch Hyperboloide oder Ellipsoide gebildet. In der Praxis wird dies durch Laser mit vorgesetzten Pinholes realisiert, um Punktquellen für Kugelwellen zu

simulieren. Im Allgemeinen ergeben sich somit Gitterlinien, die gekrümmt sind und ungleiche Abstände zueinander aufweisen.

Dieses Herstellungsverfahren wird insbesondere für gekrümmte und hier wiederum im Speziellen für konkave Gitter verwendet.

- 5 Solche Gitter haben den großen Vorteil, dass keine weiteren optischen Elemente wie Linsen nötig sind, um beispielsweise eine Fokussierung der Lichtstrahlen zu gewährleisten.

- Entsprechend kompakt können Gittermonochromatoren mit solchen Gittern aufgebaut sein. Weiters können durch das Weglassen von
10 optischen Elementen (Intensitäts-)Verluste an diesen vermieden werden. Zudem erweist sich dies insbesondere für die Anwendung mit Licht im UV-Bereich als günstig, da die Herstellung von Linsen für diesen Wellenlängenbereich (insbesondere für Wellenlängen unter 190 nm) schwierig ist.

- 15 Zwar ist das Prinzip der oben genannten Herstellung mittels Holographie für ein konkaves Gitter einfach, indem ein passend gekrümmtes Glas- oder Metall-Substrat, auf dem ein Photoresist angeordnet ist, mit dem Interferenzbild belichtet und nachfolgend geätzt wird. Allerdings ist die Herstellung von
20 vielen gleichen Gittern relativ langwierig und kostenintensiv, da hierzu ein aufwendiger Replikationsprozess nötig ist, der in der Literatur gut dokumentiert ist, vgl. z.B. C. Palmer und E. Loewen, „*Diffraction Grating Handbook*“, 6. Auflage, 2005.

- Zudem kann mittels des holographischen Verfahrens kein Blaze-
25 Gitter erzeugt werden, da das so erzeugte Gitter im Wesentlichen eine sinusförmige Kontur aufweist. Um ein Blaze-Gitter zu erzeugen, muss die zackenartige Struktur nachträglich z.B. durch Ionenbeschuss hergestellt werden.

- Schließlich ist man in der Praxis auf eine überschaubare
30 Anzahl von Laser-Wellenlängen beschränkt, was eine empfindliche Einschränkung bei der Auslegung der erzeugbaren Gitter nach sich zieht.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von konkav oder konvex gekrümmten Gittern sowie ein solcherart hergestelltes Gitter zur Verfügung zu stellen, wobei die oben genannten Nachteile vermieden werden sollen. Insbesondere soll das Verfahren bzw. das Gitter keinen Einschränkungen in der Auslegung mittels bestimmter Wellenlängen unterliegen. Darüberhinaus soll auch die Herstellung eines Blaze-Gitters ermöglicht werden, ohne dass ein nachträglicher Herstellungsschritt wie beispielsweise Ionenbeschuss notwendig ist.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Kern der vorliegenden Erfindung ist die Idee, für eine beliebig vorgebbare Wellenlänge λ_0 rechnerisch Koordinaten von Gitterlinien auf einer konvex oder konkav gekrümmten Oberfläche eines Drehkörpers zu bestimmen, wobei die Gitterlinien konzentrische Kreise um eine Drehachse des Drehkörpers bilden, um die Anfertigung eines solchen Gitters durch Drehen mit Hilfe einer Ultrapräzisionsdrehmaschine zu ermöglichen. Dabei müssen die Gitterlinien auf dem tatsächlich erzeugten Gitter keine vollständig geschlossenen Kreise ausbilden, wenn die Drehachse außerhalb des tatsächlich hergestellten Gitters liegen sollte, was für das Drehen kein Problem darstellt. D.h. in diesem Fall liegt das tatsächlich hergestellte Gitter nur auf einem Teil der Oberfläche des Drehkörpers.

Ultrapräzisionsdrehmaschinen mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich sind aus dem Stand der Technik bekannt, wobei als Werkzeug bzw. Drehmeißelschneide üblicherweise Einkorndiamanten verwendet werden. Eine Gitterstruktur, die entweder den Gitterlinien oder Negativen der Gitterlinien

entspricht, kann damit direkt in einen Basiskörper gedreht werden. D.h. der Basiskörper kann entweder der Basiskörper des zu erzeugenden Gitters sein, oder es kann sich dabei auch um den Basiskörper eines Gitternegativs, insbesondere einer

5 Gussform handeln.

Grundsätzlich können beim Drehen der Gitterlinien bzw. der Negative der Gitterlinien diese schrittweise nacheinander erzeugt werden. Mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine können die Gitterlinien bzw. die Negative der Gitterlinien aber auch

10 kontinuierlich in Form einer durchgehenden, um die Drehachse verlaufenden Spirale hergestellt werden, was drehtechnisch mitunter günstiger sein kann, ohne dass dies zu einem großen Fehler des Gitters bzw. zu einer großen Beeinträchtigung der Gitterqualität führen würde.

15 Die Koordinaten der Gitterlinien werden berechnet, indem eine Schar von Hilfsflächen mit der Oberfläche des Drehkörpers geschnitten wird. Die Hilfsflächen wiederum können grundsätzlich von einer Kugelwelle mit Wellenlänge λ_0 oder der Interferenz zweier Kugelwellen mit Wellenlänge λ_0 hergeleitet

20 werden. Entscheidend ist jedoch, dass die Schar von Hilfsflächen sich stets durch eine Schar von um die Drehachse des Drehkörpers rotierenden Kurven zweiter Ordnung erzeugt werden können.

Daher ist es bei einem Verfahren zur Herstellung eines

25 konkaven oder konvexen Gitters für einen Monochromator erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren die Berechnung von Koordinaten von Gitterpunkten von Gitterlinien auf einem Drehkörper umfasst, indem Schnittpunkte einer Schar von Hilfsflächen mit einer Oberfläche des Drehkörpers bestimmt

30 werden, wobei die Schar von Hilfsflächen durch eine Schar von Kurven zweiter Ordnung, die um eine Drehachse des Drehkörpers rotieren, erzeugt werden, das Verfahren weiters umfassend das Einspeisen der Koordinaten der Schnittpunkte bzw. Gitterpunkte

in eine computergesteuerte Ultrapräzisionsdrehmaschine, um eine Gitterstruktur, die um die Drehachse zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse verlaufenden Spirale entspricht, in einen Basiskörper zu drehen, der zumindest abschnittsweise
 5 die Form des Drehkörpers aufweist.

Analog ist es bei einem Gitter für einen Monochromator umfassend einen Basiskörper, der zumindest abschnittsweise die Form eines Drehkörpers mit einer Drehachse und einer gekrümmten, vorzugsweise konkaven Außenfläche aufweist,
 10 erfindungsgemäß vorgesehen, dass direkt in der gekrümmten Außenfläche des Basiskörpers Gitterlinien angeordnet sind, die um die Drehachse zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse verlaufenden Spirale entsprechen.

Aus dem oben Gesagten ergibt sich, dass die Drehachse nicht
 15 zwangsläufig durch die gekrümmte Außenfläche verlaufen muss. Jedenfalls aber liegt ein Gittermittelpunkt des Gitters auf der gekrümmten Außenfläche.

Die gekrümmte Außenfläche kann auch konvex sein.

Das erfindungsgemäß hergestellte Gitter und/oder das
 20 erfindungsgemäße Gitter eignen sich klarerweise nicht nur für Monochromatoren, sondern beispielsweise auch für Spektrographen. Insbesondere für Anwendungen in Spektrographen können konvexe Gitter interessant sein, da sich mit diesen mitunter günstige Geometrien des zerlegten Lichts erzielen
 25 lassen.

Es sei betont, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren insbesondere sehr stark gekrümmte Gitter bzw. Gitternegative hergestellt werden können, besonders bevorzugt sehr stark gekrümmte Blaze-Gitter bzw. Blaze-Gitternegative. Analog sind
 30 stark gekrümmte erfindungsgemäße Gitter, insbesondere Blaze-Gitter möglich. Das bedeutet z.B. im Falle einer Kugel als

Drehkörper, dass diese auch einen Radius von deutlich weniger als 100 mm haben kann, z.B. einen Radius von 5 mm bis 15 mm.

Neben der Krümmung des zugrundeliegenden Drehkörpers ist auch die Größe des tatsächlich hergestellten Gitters, d.h. die

5 Größe der aktiven Fläche, auf der tatsächlich Gitterlinien vorhanden sind, entscheidend, insbesondere im Verhältnis zu einem Krümmungsradius des Drehkörpers. Das Verhältnis der aktiven Fläche zum Krümmungsradius des Drehkörpers kann dabei sehr groß sein. Beispielsweise kann bei einer Kugel mit einem

10 Radius zwischen 5 mm und 500 mm, insbesondere zwischen 100 mm und 105 mm problemlos eine aktive Fläche von 25 mm * 25 mm bis 40 mm * 40 mm, z.B. 38 mm * 30 mm realisiert werden, wobei zur Berechnung der angegebenen aktiven Fläche deren Kantenlängen multipliziert worden sind. Es sind aber auch deutlich größere

15 aktive Flächen möglich, insbesondere aktive Flächen, deren Kantenlänge deutlich größer als der halbe Kugelradius bzw. der halbe Krümmungsradius des Drehkörpers ist. Bzw. kann bei einer runden oder im Wesentlichen kreisförmigen aktiven Fläche deren Durchmesser auch deutlich größer sein als die Diagonale eines

20 Quadrats, dessen Seitenlänge so groß wie der halbe Kugelradius bzw. der halbe Krümmungsradius des Drehkörpers ist. Dabei ist das angegebene obere Limit für den Kugelradius im Wesentlichen nur durch die Ultrapräzisionsdrehmaschine begrenzt, wobei derzeit jedenfalls Ultrapräzisionsdrehmaschinen verfügbar

25 sind, die das Drehen von Gittern mit einem Kugelradius bis zu 500 mm problemlos zulassen.

Eine weitere Möglichkeit die Krümmung der erzeugten Gitter zu charakterisieren, besteht darin, das Verhältnis eines

30 maximalen Radius' des zugrundeliegenden Drehkörpers zur maximalen Länge der Gitterlinien des erfindungsgemäß erzeugten bzw. erfindungsgemäßen Gitters anzugeben. Im Hinblick darauf, dass der Drehkörper keine Kugel zu sein braucht, sondern beispielsweise auch ein Torus sein kann, ist hierbei nicht vom Radius, sondern vom maximalen Radius die Rede. Somit ergibt

sich beispielsweise für ein Gitter, welchem eine Kugel mit einem Radius von 105 mm als Drehkörper zugrundeliegt und welches eine maximale Länge der Gitterlinien von 40 mm aufweist, ein Verhältnis von rund 2,63:1. Entsprechend der

- 5 Möglichkeit, erfindungsgemäß sehr stark gekrümmte Gitter herzustellen, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass das Verhältnis von einem maximalen Radius des Drehkörpers zu einer maximalen Länge der Gitterlinien kleiner als 9:1, vorzugsweise kleiner
10 als 7:1, bevorzugt kleiner als 5:1, besonders bevorzugt kleiner als 3:1 ist. Es sei nochmals betont, dass es sich hierbei selbstverständlich um erfindungsgemäße Blaze-Gitter handeln kann.

Um die Schar von Hilfsflächen unter Verwendung einer

- 15 Kugelwelle mit Wellenlänge λ_0 herzuleiten, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass zur Berechnung der Schar von Hilfsflächen eine erste Punktquelle einer Kugelwelle mit einer beliebig vorgebbaren Wellenlänge λ_0 angenommen wird, wobei die
20 Hilfsflächen Flächen der Kugelwelle entsprechen, die konstante Phase haben und zueinander eine Phasenverschiebung aufweisen, die ein ganzzahliges Vielfaches von 2π ist, und wobei die erste Punktquelle auf der Drehachse des Drehkörpers positioniert ist und diese Position der ersten Punktquelle der
25 Position eines Eintrittsspalts oder eines Austrittsspalts des Monochromators entspricht.

Bei einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Zentrum des jeweiligen Drehkörpers, bei dem es sich insbesondere um eine Kugel, einen Torus oder ein
30 Ellipsoid handeln kann, im anderen Spalt (also der Austrittsspalt oder der Eintrittsspalt) angeordnet. D.h. je nachdem, um welchen Drehkörper es sich handelt, kann der

andere Spalt insbesondere zusammenfallen mit: dem Zentrum der Kugel; dem Zentrum des Torus; einem Brennpunkt des Ellipsoids.

Um das bekannte Verfahren zur Herstellung sogenannter holographischer Gitter erster Generation - ohne Einschränkung
 5 auf durch verfügbare Laser vorgegebene Wellenlängen oder auf räumlichen Beschränkungen unterworfenen Geometrien - nachzuahmen, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass zur Berechnung der Schar von Hilfsflächen eine erste Punktquelle und eine
 10 zweite Punktquelle von Kugelwellen mit einer beliebig vorgebbaren Wellenlänge λ_0 angenommen werden, wobei die erste Punktquelle und die zweite Punktquelle auf einer Drehachse des Drehkörpers angeordnet sind und wobei die Hilfsflächen Flächen einer bestimmten, vorzugsweise maximalen Intensität der
 15 Interferenz der beiden Kugelwellen entsprechen. In der Regel ist die Wahl von Flächen maximaler Intensität der Interferenz die einfachste Methode, aber natürlich besteht keine prinzipielle Einschränkung, nicht auch einen anderen Wert, beispielsweise 90% der maximalen Intensität der Interferenz,
 20 zur Berechnung der Hilfsflächen heranzuziehen.

Es versteht sich, dass die Anordnung der Punktquellen so zu wählen ist, dass es nicht aus trivialen Gründen zu keinen Schnittpunkten mit der Oberfläche des Drehkörpers bzw. zu keinen Gitterpunkten kommt, beispielsweise wenn der Drehkörper
 25 eine Kugel ist und die beiden Punktquellen im Zentrum der Kugel angeordnet werden.

Im Falle der Berechnung der Schar von Hilfsflächen durch Betrachtung der Interferenz von Kugelwellen, die von Punktquellen ausgesandt werden, ergeben sich die Schnittpunkte
 30 insbesondere durch Schnitte der Oberfläche des Drehkörpers mit einer Schar rotierender Hyperbeln. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass zur Bestimmung der Schnittpunkte

um die Drehachse rotierende Hyperbeln mit der Oberfläche des Drehkörpers geschnitten werden, wobei in den beiden Brennpunkten der jeweiligen Hyperbel die beiden Punktquellen angenommen sind und nur solche Hyperbeln betrachtet werden, für die gilt, dass bei der jeweiligen Hyperbel die absolute Differenz der Abstände von jedem auf der Hyperbel liegenden Punkt zu den Brennpunkten gleich $N \cdot \lambda_0$ ist, wobei N eine, für die jeweilige Hyperbel gewählte, ganze Zahl ist.

Die Drehsymmetrie um die Drehachse bringt die Möglichkeit einer starken Vereinfachung bei der Berechnung der Koordinaten der Gitterlinien. Konkret ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die Schnittpunkte lediglich in einer Konstruktionsebene, die von der Drehachse und einer Normalachse aufgespannt wird, bestimmt werden, wobei die Normalachse normal auf die Drehachse steht und durch einen, auf der Drehachse liegenden Ursprungspunkt, der ein Schnittpunkt der Oberfläche des Drehkörpers mit der Drehachse ist, verläuft. Die vollständige Gitterlinie folgt dann unmittelbar aus der Tatsache, dass diese ein Kreis ist, dessen Zentrum auf der Drehachse liegt. Der Ursprungspunkt liegt üblicherweise nicht auf dem tatsächlichen Gitter, da dieses, wie bereits ausgeführt, nicht der vollständigen Oberfläche des Drehkörpers zu entsprechen braucht, sondern auch nur einen Abschnitt auf der Oberfläche des Drehkörpers einnehmen kann. Nur wenn die Drehachse durch das tatsächliche Gitter verläuft, ergibt sich der Ursprungspunkt als Schnittpunkt der Drehachse mit dem Gitter und liegt daher auf diesem.

In aufwendigen Untersuchungen konnten relative Anordnungen der Punktquellen zum Ursprungspunkt auf der Drehachse ermittelt werden, die zu außergewöhnlich guten Gittern führen. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass ein auf der Drehachse gemessener Abstand zwischen einem Ursprungspunkt, der ein Schnittpunkt

der Oberfläche des Drehkörpers mit der Drehachse ist, und der ersten Punktquelle zu einem auf der Drehachse gemessenen Abstand zwischen dem Ursprungspunkt und der zweiten Punktquelle in einem Verhältnis von 1:0,34 bis 1:0,95 steht.

- 5 Um entsprechende Gitter mit gängigen Ultrapräzisionsdrehmaschine herstellen zu können, ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Abstand zwischen dem Ursprungspunkt und der ersten Punktquelle
 10 zwischen 95 mm und 145 mm beträgt und dass der Abstand zwischen dem Ursprungspunkt und der zweiten Punktquelle zwischen 50 mm und 90 mm beträgt.

- Beispielsweise lassen sich somit Gitter herstellen mit einer Kugel als Drehkörper, deren Radius zwischen 100 mm und 110 mm,
 15 besonders bevorzugt 105 mm beträgt. Es sei jedoch nochmals betont, dass sich auch Gitter mit einer Kugel als Drehkörper herstellen lassen, deren Radius zwischen 5 mm und 500 mm beträgt.

- Generell ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des
 20 erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Drehkörper eine Kugel, ein Ellipsoid oder ein Torus ist. Beispielsweise kann ein Torus statt einer Kugel gewählt werden, um die Performance des Gitters für eine bestimmte Wellenlänge zu optimieren.

- 25 Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass auf einfache Art und Weise Blaze-Gitter mitberücksichtigt werden können. Konkret ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass in einer Konstruktionsebene, die durch die
 30 Drehachse und eine Normalachse aufgespannt wird, wobei die Normalachse normal auf die Drehachse steht und durch einen Ursprungspunkt verläuft, der ein Schnittpunkt der Oberfläche des Drehkörpers mit der Drehachse ist, eine Kontur des Gitters

festgelegt wird, indem zwischen den Gitterpunkten abschnittsweise gerade Linien angeordnet werden, die an jeweils einen Gitterpunkt direkt anschließen und Facetten des Gitters definieren, wobei die geraden Linien jeweils mit einer

5 in der Konstruktionsebene liegenden Tangente an das Gitter im betrachteten Gitterpunkt einen Winkel θ_B einschließen, der jeweils derart gewählt ist, dass die Blaze-Bedingung für mindestens eine vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B erfüllt ist.

Die Bestimmung von θ_B kann bei einer bevorzugten

10 Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders einfach gestaltet werden, indem vorgesehen ist, dass zur Bestimmung des jeweiligen Winkels θ_B auch ein Eintrittsspalt sowie ein Austrittsspalt des Monochromators auf der Drehachse angeordnet werden; dass zu jedem Gitterpunkt das Gitter soweit

15 um eine durch einen Gittermittelpunkt verlaufende Gitterdrehachse um einen Verdrehwinkel Δ gedreht wird, bis für Lichtstrahlen, die vom gedrehten Gitter zum Austrittsspalt abgelenkt werden, die vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B erzielt wird; dass eine Winkelhalbierende zwischen Lichtstrahlen, die

20 vom Eintrittsspalt auf das Gitter fallen, und den vom Gitter zum Austrittsspalt abgelenkten Lichtstrahlen bestimmt wird, die normal auf die gerade Linie der Kontur steht, woraus unmittelbar θ_B folgt.

Die Kontur des Blaze-Gitters kann somit äußerst leicht mittels

25 der Ultrapräzisionsdrehmaschine hergestellt werden, indem deren Einkorndiamant für jede Gitterlinie entsprechend ausgerichtet wird, um die jeweilige Kontur bzw. die jeweilige gerade Linie mit dem richtigen Winkel zu schneiden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das Gitter beim Drehen nicht um

30 den Verdrehwinkel Δ verdreht montiert ist. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass für jeden Gitterpunkt der jeweilige Winkel θ_B korrigiert um den Verdrehwinkel Δ in die

Ultrapräzisionsdrehmaschine eingespeist wird, um Bearbeitungswinkel für ein Werkzeug der Ultrapräzisionsdrehmaschine zur Verfügung zu stellen, die ein Drehen der Gitterstruktur mit der Kontur ermöglichen.

- 5 Dabei ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die Gitterlinien bzw. deren Negative einzeln nacheinander oder als durchgehende Spirale gedreht werden. Für die Herstellung von Blaze-Gittern bedeutet dies, dass der Bearbeitungswinkel des Werkzeugs der
- 10 Ultrapräzisionsdrehmaschine entweder zwischen jedem Drehschritt entsprechend justiert wird bzw. oder dass die Justierung kontinuierlich während des Drehens der Spirale erfolgt.

- Um das Gitter für mehrere unterschiedliche Blaze-Wellenlängen
- 15 gleichzeitig zu optimieren, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass zur Festlegung der Kontur des Gitters zwischen zwei Gitterpunkten jeweils mindestens eine weitere gerade Linie anschließend an die jeweilige gerade Linie angeordnet wird,
- 20 wobei die mindestens eine weitere gerade Linie mit der Tangente einen Winkel θ_B' einschließt, der jeweils derart gewählt ist, dass die Blaze-Bedingung für eine vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B' erfüllt ist, wobei $\theta_B' \neq \theta_B$ und $\lambda_B' \neq \lambda_B$ gilt. D.h. eine Facette zwischen zwei aufeinander folgenden
- 25 Gitterpunkten gewährleistet jeweils mehrere Blaze-Bedingungen. Es versteht sich, dass auch für die Bestimmung von θ_B' das oben beschriebene Verfahren mit Drehung des Gitters verwendet werden kann.

- Alternativ ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des
- 30 erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass für verschiedene Facetten die Blaze-Bedingung für unterschiedliche vorgebbare Blaze-Wellenlängen λ_B erfüllt ist. D.h. jede Facette zwischen zwei aufeinander folgenden Gitterpunkten gewährleistet jeweils

eine Blaze-Bedingung. Es zeigt sich, dass derartige Gitter etwas unempfindlicher gegen sogenannte Ghosts (unerwünschte Wellenlängen am Austrittsspalt des Monochromators bei bestimmten Nennwellenlängen) sind als im oben genannten Fall,
 5 wo eine Facette jeweils mehrere Blaze-Bedingungen gewährleistet. Beispielsweise lassen sich auf diese Art und Weise auch drei unterschiedliche Blaze-Bedingungen in einem Gitter realisieren.

Eine besonders einfache Ausführungsform ergibt sich bei zwei
 10 unterschiedlichen Blaze-Bedingungen, indem die Facetten abwechselnd die eine und die andere Blaze-Bedingungen erfüllen. Entsprechend ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass für aufeinander folgende Facetten die Blaze-Bedingung
 15 abwechselnd für zwei unterschiedliche vorgebbare Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' erfüllt ist.

Um qualitativ hochwertige Blaze-Gitter mit einer Kugel als korrespondierenden Drehkörper auf einfache Art und Weise zu erzeugen, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des
 20 erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Drehkörper eine Kugel ist, deren Zentrum, welches auf der Drehachse angeordnet ist, mit dem Eintrittsspalt zusammenfällt.

Um qualitativ hochwertige Blaze-Gitter mit einem Torus als korrespondierenden Drehkörper auf einfache Art und Weise zu
 25 erzeugen, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Drehkörper ein Torus ist, dessen Zentrum, welches auf der Drehachse angeordnet ist, mit dem Eintrittsspalt zusammenfällt. Dabei fällt die Drehachse mit der Hauptachse des Torus zusammen.
 30 Jedoch braucht im vorliegenden Fall der Torus kein Loch zu haben, durch das die Hauptachse bzw. Drehachse verläuft. D.h. die übliche Definition des Torus, wonach um sein Zentrum ein Kreis mit Radius R verläuft und alle Punkte auf der Oberfläche

des Torus von dieser Kreislinie einen festen Abstand r haben, wobei $r < R$ gilt, ist nicht anzuwenden, da bei den erfindungsgemäßen Gittern nicht nur $r \geq R$ gelten kann, sondern auch vornehmlich gilt. Das bedeutet, dass im Sinne der

- 5 Erfindung ein Torus insbesondere im Wesentlichen die Gestalt einer abgeflachten oder eingedrückten Kugel aufweisen kann.

Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass der Drehkörper eine Kugel oder ein Torus ist.

- 10 Ebenso ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass es sich bei dem Gitter um ein Blaze-Gitter handelt, welches für mindestens eine Blaze-Wellenlänge λ_B optimiert ist. D.h. das Gitter kann auch für mehrere Blaze-Wellenlängen bzw. Blaze-Bedingungen
- 15 ausgelegt sein. Entsprechend ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass es sich bei dem Gitter um ein Blaze-Gitter handelt, welches für mindestens zwei unterschiedliche Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' optimiert ist.

- 20 Wie bereits erwähnt, können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Gitter, insbesondere Blaze-Gitter direkt durch Drehen mittels einer Ultrapräzisionsdrehmaschine hergestellt werden. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen,
- 25 dass mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine die Gitterlinien unter Verwendung der eingespeisten Koordinaten direkt in einen Basiskörper des Gitters, der zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers aufweist, gedreht werden, um das Gitter zu erzeugen, wobei hierbei eine Außenfläche des Basiskörpers
- 30 bearbeitet wird, die dieselbe Krümmung wie das herzustellende Gitter aufweist. Vorteilhaft ist es, den Basiskörper zumindest im Bereich der Außenfläche einstückig zu wählen, wobei als

Material insbesondere auch Metalle wie Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen in Frage kommen.

Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass der Basiskörper
 5 zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche aus Quarz oder Metall, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht. Es sei betont, dass das direkte Drehen selbstverständlich auch bei Basiskörpern möglich ist, die zumindest im Bereich ihrer gekrümmten Außenfläche aus Glas
 10 oder Kunststoff bestehen.

Alternativ kann jedoch auch ein Gitternegativ, insbesondere eine Gussform mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden, die eine leichte und kostengünstige Reproduzierung ermöglicht. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten
 15 Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine Negative der Gitterlinien unter Verwendung der eingespeisten Koordinaten direkt in einen Basiskörper einer Gussform gedreht werden, wobei der Basiskörper der Gussform zumindest abschnittsweise
 20 die Form des Drehkörpers aufweist und wobei hierbei eine Außenfläche des Basiskörpers der Gussform bearbeitet wird, die eine entgegengesetzte Krümmung wie das herzustellende Gitter aufweist. Insbesondere eröffnet dies die Möglichkeit, Gussformen für Spritzgussverfahren herzustellen. D.h. es
 25 können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Gitter praktisch ohne Einschränkungen für beliebige Wellenlängen und auch als Blaze-Gitter ausgelegt werden und mittels Spritzgussverfahren massenweise extrem kostengünstig produziert werden.

Als Materialien für Spritzgussverfahren kommen insbesondere
 30 Kunststoff, aber auch Glas in Frage. Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass der Basiskörper zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche aus Kunststoff oder Glas besteht.

Ebenso ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass der Basiskörper zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche mit den Gitterlinien im Spritzgussverfahren hergestellt ist.

- 5 Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters ist der Basiskörper einstückig ausgeführt.

- 10 Insbesondere ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass das Gitter mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

- Selbstverständlich lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht nur Gitter herstellen, die in Reflexionsgeometrie verwendet werden können, sondern auch Transmissionsgitter. Letztere können gleichzeitig auch als
15 Prisma fungieren. Weiters kann ein Transmissionsgitter bzw. dessen Basiskörper auch direkt mit einem weiteren optischen Element, insbesondere mit einer Linse oder allgemein mit einem transparenten Körper verbunden werden, sodass das optische Element bzw. das Gitter gegen äußere Einflüsse wie z.B. Staub
20 geschützt ist.

- Hierzu muss das Material des Gitters bzw. des Basiskörpers entsprechend transparent für den Wellenlängenbereich gewählt werden, für den das Gitter verwendet werden soll. Für sichtbares Licht kommen daher insbesondere transparenter
25 Kunststoff und Glas als solche Materialien in Frage. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass das Gitter ein Transmissionsgitter ist.

- 30 Insbesondere wenn die Anordnung des optischen Elements, das mit dem Gitter bzw. Basiskörper direkt verbunden ist, so gewählt wird, dass die einfallenden Strahlen zunächst durch das optische Element und/oder durch den mit dem optischen

Element verbundenen Basiskörper treten müssen, bevor sie schließlich an den Gitterlinien reflektiert werden, kann es hilfreich sein, das Gitter mit einer reflektierenden Schicht zu versehen. Diese kann z.B. aus einer Metallschicht bestehen, die auf der Seite der Gitterlinien des Gitters aufgedampft ist.

Weiters sei bemerkt, dass der Basiskörper natürlich auch selbst das optische Element ausbilden kann. Insbesondere bei Anwendungen in Spektrographen kann dies von Vorteil sein.

Dabei kann das Gitter als Transmissionsgitter z.B. so ausgelegt sein, dass das Licht erst nach Durchtritt durch das Gitter in den transparenten Basiskörper gelangt. In diesem Fall kann weiters eine reflektierende Schicht am oder im Basiskörper vorgesehen sein, um das Licht wieder aus dem Basiskörper heraus zu reflektieren.

Bei einer weiteren möglichen Auslegung des Gitters, die sich ebenfalls insbesondere für die Verwendung in Spektrographen eignet, ist das Gitter grundsätzlich ein Reflexionsgitter, wobei das Licht jedoch zuerst durch den Basiskörper treten muss, bevor es auf das Gitter fällt. Zu diesem Zweck kann ebenfalls eine reflektierende Schicht am oder im Basiskörper vorgesehen sein, um das Licht einerseits gezielt auf das Gitter lenken zu können und andererseits um das vom Gitter kommende Licht wieder gezielt aus dem Basiskörper heraus zu reflektieren. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters vorgesehen, dass eine reflektierende Schicht, vorzugsweise aus Metall, am oder im Basiskörper vorgesehen ist.

Es sei weiters betont, dass ein separates optisches Element mit dem Gitter, insbesondere auf der Seite der Gitterlinien des Gitters verbunden sein kann. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters

vorgesehen, dass ein optisches Element direkt mit der gekrümmten Außenfläche des Basiskörpers verbunden ist.

Insbesondere die Herstellung im Spritzgussverfahren erlaubt es, durch Kombination von zwei Gussformen für Gitter, ein
5 Kombinationsgitter zu erzeugen, das auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten zwei erfindungsgemäße Gitter enthält.

Entsprechend ist erfindungsgemäß ein Kombinationsgitter vorgesehen, umfassend ein erfindungsgemäßes Gitter und ein
10 weiteres erfindungsgemäßes Gitter, wobei das Gitter und das weitere Gitter denselben Basiskörper aufweisen, wobei der Basiskörper abschnittsweise die Form eines Drehkörpers mit einer gekrümmten, vorzugsweise konkaven Außenfläche des weiteren Gitters aufweist und wobei die gekrümmten
15 Außenflächen auf einander gegenüberliegenden Seiten des Basiskörpers angeordnet sind.

Hierbei können die beiden Gitter für unterschiedliche Wellenlängenbereiche optimiert sein, also beispielsweise ein Gitter für einen kurzwelligen Wellenlängenbereich (z.B. im
20 blauen Bereich des sichtbaren Spektrums) und ein Gitter für einen langwelligen Wellenlängenbereich (z.B. im roten Bereich des sichtbaren Spektrums). Wird ein solches Kombinationsgitter z.B. in einem Monochromator oder Spektrograph bzw. Spektrometer eingesetzt, kann durch einfaches Umdrehen (d.h.
25 im Wesentlichen um 180°) des Kombinationsgitters das jeweilige Gerät für die unterschiedlichen Wellenlängenbereiche optimiert werden, was sich insbesondere in einer besonders hohen Lichtausbeute und Genauigkeit der Wellenlängenseparation in den jeweiligen Wellenlängenbereichen niederschlägt.

30 Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kombinationsgitters vorgesehen, dass das Gitter einen Gittermittelpunkt aufweist, dass das weitere Gitter einen Gittermittelpunkt aufweist und dass das Gitter im

Bereich seines Gittermittelpunkts eine Gitterkonstante aufweist, die sich von einer Gitterkonstante unterscheidet, die das weitere Gitter im Bereich seines Gittermittelpunkts aufweist.

- 5 Wenn zwei konkave Gitter auf die beschriebene Weise kombiniert werden, kann insbesondere durch Einsatz des Spritzgussverfahrens ein Kombinationsgitter erzeugt werden, das sehr kompakt gebaut ist. Konkret kann eine minimale Wandstärke des Kombinationsgitters im Bereich der Gittermitten
- 10 der beiden kombinierten Gitter von 0,5 mm bis 14 mm, vorzugsweise bis 3,5 mm realisiert werden, wobei die untere Grenze in erster Linie herstellungstechnisch bedingt ist. Somit könnten z.B. kugelförmige Drehkörper mit einem Radius von 103,5 mm für jedes der beiden kombinierten vorgesehen
- 15 sein, oder aber auch kugelförmige Drehkörper mit unterschiedlichen Radien wie z.B. 105 mm einerseits und 102 mm andererseits bei einer minimalen Wandstärke von 3 mm.

- Darüberhinaus können bei der Herstellung mittels Spritzgussverfahren generell, d.h. sowohl für erfindungsgemäße
- 20 Gitter als auch erfindungsgemäße Kombinationsgitter, Befestigungsstrukturen miterzeugt werden, die für die Montage des jeweiligen Gitters bzw. Kombinationsgitters z.B. in einem Monochromator oder Spektrographen vorgesehen sind.

- Es sei jedoch betont, dass das Kombinationsgitter nicht
- 25 zwangsweise im Spritzgussverfahren hergestellt werden muss. Selbstverständlich ist auch das direkte Drehen möglich, wobei der Basiskörper vorzugsweise aus Metall, insbesondere aus Aluminium bzw. einer Aluminiumlegierung besteht.

- Schließlich versteht es sich, dass es sich bei jeweils einem
- 30 oder bei beiden der im Kombinationsgitter kombinierten Gittern um erfindungsgemäße Blaze-Gitter handeln kann, wobei die Blaze-Bedingung für dieselbe oder für unterschiedliche Blaze-Wellenlängen erfüllt sein kann. Entsprechend ist es bei einer

bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kombinationsgitters vorgesehen, dass das Gitter und das weitere Gitter Blaze-Gitter sind, die für unterschiedliche Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' optimiert sind. Dies gestattet

5 wiederum die Optimierung der Lichtausbeute bei unterschiedlichen Blaze-Wellenlängen, und macht ein derartiges Kombinationsgitter insbesondere für den Einsatz in einem Monochromator oder Spektrograph interessant, die einen großen Wellenlängenbereich abdecken sollen.

10 Aus dem Gesagten folgt auch, dass die erfindungsgemäßen Gitter Gitterkonstanten aufweisen können, die über die gesamte aktive Fläche des Gitters variieren können. D.h. der Abstand der Gitterlinien zueinander ist nicht notwendigerweise über das gesamte Gitter bzw. über dessen gesamte aktive Fläche

15 konstant. Vielmehr kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens der Abstand der Gitterlinien bzw. die Gitterkonstante gezielt variiert werden, um Aberrationskorrekturen zu erzeugen. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen

20 Gitters vorgesehen, dass ein Abstand der Gitterlinien zueinander in unterschiedlichen Bereichen des Gitters unterschiedlich groß ist, um ein aberrationskorrigiertes Gitter zu gewährleisten.

Außerdem ist erfindungsgemäß ein Monochromator vorgesehen, 25 umfassend ein erfindungsgemäßes Gitter oder ein erfindungsgemäßes Kombinationsgitter. Insbesondere um Streulicht zu minimieren, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Monochromators vorgesehen, dass es sich um einen Doppel-Monochromator oder um 30 einen Dreifach-Monochromator handelt.

Ebenso ist erfindungsgemäß ein Spektrograph bzw. Spektrometer vorgesehen, umfassend ein erfindungsgemäßes Gitter oder ein erfindungsgemäßes Kombinationsgitter.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind beispielhaft und sollen den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls

5 einengen oder gar abschließend wiedergeben.

Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Gitters in einem Monochromator

10 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Gitters in einem Monochromator mit konstanter Ablenkung in einer Schnittansicht

Fig. 3 ein schematisches Diagramm zur erfindungsgemäßen Konstruktion eines Gitters in einer Konstruktionsebene unter der Annahme zweier Punktquellen

15 Fig. 4 ein Diagramm analog zu Fig. 3, jedoch mit Abmessungen für ein konkretes Ausführungsbeispiel

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Gitters, das erfindungsgemäß konstruiert ist, in direkter Aufsicht auf das Gitter

20 Fig. 6 eine Prinzipskizze zur Illustration eines Blaze-Gitters mit einer Kontur, die eine Blaze-Bedingung erfüllt

Fig. 7 ein Diagramm analog zu Fig. 4, wobei ein Blaze-Gitter erzeugt wird

25 Fig. 8 eine Detailansicht eines Ausschnitts einer Kontur eines Blaze-Gitters in einer Darstellung analog zu Fig. 7

Fig. 9 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kombinationsgitters in einer Schnittansicht

Fig. 10 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Spektrographen mit einem erfindungsgemäßen Gitter in Reflexionsgeometrie

Fig. 11 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Spektrographen mit einem erfindungsgemäßen Gitter in Transmissionsgeometrie

10 WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Fig. 1 illustriert ein erfindungsgemäßes konkav gewölbtes bzw. gekrümmtes Gitter 1, welches in einem Monochromator 24 verwendet wird. Das Gitter 1 umfasst einen Basiskörper 10 mit einer konkav gewölbten Außenfläche 11, in welcher Gitterlinien 2 angeordnet sind.

Auf das Gitter 1 trifft ein einfallender Lichtstrahl 20, der von einem Eintrittsspalt 7 des Monochromators 24 unter einem Einfallswinkel α auf das Gitter 1 trifft. Dabei ist der Einfallswinkel α zwischen einer Gitternormalen 9 und dem einfallenden Lichtstrahl 20 gemessen. Die Gitternormale 9 geht durch einen Gittermittelpunkt 18 und steht normal auf einer Tangentialebene, wobei die Tangentialebene (nicht dargestellt) das Gitter 1 im Gittermittelpunkt 18 berührt.

Durch das Gitter 1 wird der Lichtstrahl 20 so in seine spektralen Komponenten zerlegt, dass ein ausgehender Lichtstrahl 21 mit einer gewissen Wellenlänge λ unter einem Ausfallswinkel β zu einem Austrittsspalt 8 des Monochromators abgelenkt wird. Sofern der einfallende Lichtstrahl 20 benachbarte Wellenlängen aufweist, erzeugen diese benachbarten Wellenlängen neben dem Austrittsspalt 8 Abbildungen des

Eintrittsspalts 7, was zur Verwendung in einem Spektrograph bzw. Spektrometer ausgenutzt werden kann.

Durch Drehung des Gitters 1 um eine Gitterdrehachse z , die in der Tangentialebene liegt und normal auf eine durch die
 5 Lichtstrahlen 20, 21 aufgespannte Ebene steht, können unterschiedliche Wellenlängen λ selektiert werden, ohne dass die Anordnung von Eintrittsspalt 7 und Austrittsspalt 8 geändert wird.

D.h. ein Ablenkungswinkel 22 zwischen den Lichtstrahlen 20, 21
 10 bleibt stets gleich, was in der schematischen Schnittdarstellung der Fig. 2 besser erkennbar ist.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist der Basiskörper 10 einstückig ausgeführt. Die Gitterlinien 2 sind erfindungsgemäß mittels einer Ultrapräzisionsdrehmaschine in
 15 die konkave Außenfläche 11 des Basiskörpers 10 gedreht. Dabei bildet die konkave Außenfläche 11 einen Teil einer Oberfläche eines Drehkörpers 3, bei dem es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um eine Kugel handelt.

Zur erfindungsgemäßen Berechnung der Koordinaten von
 20 Gitterpunkten 6 (vgl. Fig. 6) der Gitterlinien 2, die in die Ultrapräzisionsdrehmaschine, welche computergesteuert ist, eingespeist werden, um die Gitterlinien 2 in den Basiskörper 10 zu drehen, wird im gezeigten Ausführungsbeispiel das Interferenzmuster von Kugelwellen mit einer vorgegebenen
 25 Wellenlänge λ_0 , die von zwei Punktquellen Q_1 , Q_2 ausgehen, angenommen. Dabei werden die beiden Punktquellen Q_1 , Q_2 auf einer Drehachse der Kugel 3 angeordnet. Flächen maximaler Intensität im Interferenzbild werden durch Hyperbeln 30 (vgl. Fig. 3) gebildet, die um eine Drehachse x rotieren, wobei in
 30 den Hyperbel-Brennpunkten F_1 , F_2 die Punktquellen Q_1 , Q_2 sitzen. Um nun die Koordinaten der Gitterpunkte 6 zu erhalten, wird prinzipiell eine Schar solcher Hyperbeln 30 mit der

Oberfläche der Kugel 3 geschnitten. Dabei werden nur solche Hyperbeln 30 betrachtet, für die gilt, dass bei der jeweiligen Hyperbel 30 die absolute Differenz der Abstände S_1 , S_2 von jedem auf der Hyperbel 30 liegenden Punkt P zu den

- 5 Brennpunkten F_1 , F_2 gleich $N \cdot \lambda_0$ ist, wobei N eine, für die jeweilige Hyperbel 30 gewählte, ganze Zahl ist.

- Dies ist in Fig. 3 anhand einer Hyperbel 30 (die Asymptoten 31 sind als strichlierte Linien dargestellt) in einer Konstruktionsebene illustriert, wobei die Konstruktionsebene
10 durch die Drehachse x und eine Normalachse y aufgespannt wird. Die Normalachse y steht dabei normal auf die Drehachse und geht durch einen Ursprungspunkt U , der wiederum ein Schnittpunkt der Oberfläche der Kugel 3 mit der Drehachse x ist. In der Konstruktionsebene ergibt sich der strichpunktiert
15 dargestellte Kreis als Schnitt der Kugel 3 mit Kugelradius 23.

In Fig. 3 ergibt sich für die gezeigte Hyperbel 30 ein weiterer Schnittpunkt bei Punkt Q , wobei natürlich auch die absolute Differenz der Abstände t_1 , t_2 gleich $N \cdot \lambda_0$ ist.

- Aufgrund der Drehsymmetrie der Gitterlinien 2 um die Drehachse
20 x sind die Gitterlinien 2 bereits durch die Bestimmung der Koordinaten der Gitterpunkte 6 in der Konstruktionsebene vollständig bestimmt.

- Fig. 4 ist eine weitere Illustration einer solchen Berechnung von Gitterpunkten 6 in der Konstruktionsebene, wobei das
25 Gitter 1 wiederum auf einem Teil einer Oberfläche einer Kugel 3 angenommen wird. In Fig. 4 sind jedoch im Gegensatz zu Fig. 3 konkrete Größenangaben in Millimetern für ein Ausführungsbeispiel zu finden, wobei als Wellenlänge
 $\lambda_0 = 520 \text{ nm}$ gewählt ist – ein Wert, der sich bei aus dem Stand
30 der Technik bekannten holographischen Herstellungsverfahren mit gängigen Laserquellen üblicherweise nicht realisieren lässt. Es sei bemerkt, dass beispielsweise auch $\lambda_0 = 660 \text{ nm}$

gewählt werden könnte – ebenfalls ein Wert, der sich bei aus dem Stand der Technik bekannten holographischen Herstellungsverfahren mit gängigen Laserquellen üblicherweise nicht realisieren lässt. Der Kugelradius 23 beträgt 105 mm, wobei der Kugelmittelpunkt auf der Drehachse x liegt und sich die Millimeterangaben auf den Achsen in Fig. 4 auf diesen Punkt beziehen. Entsprechend liegt der Ursprungspunkt U auf der Drehachse x bei 105 mm.

Die Anordnung der Punktquellen Q1, Q2 auf der Drehachse x relativ zueinander und zum Ursprungspunkt U kann optimiert werden, um für eine optimale Gitterqualität bei einer gewünschten Wellenlänge zu sorgen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 4 liegt die erste Punktquelle Q1 auf der Drehachse x bei 225 mm und die zweite Punktquelle Q2 bei 35 mm. Somit ergibt sich als Abstand 16 zwischen der ersten Punktquelle Q1 und dem Ursprungspunkt 120 mm und als Abstand 17 zwischen der zweiten Punktquelle Q2 und dem Ursprungspunkt U 80 mm.

Das sich ergebende Gitter 1 ist in Fig. 5 in frontaler Aufsicht dargestellt, wobei aus Gründen der Klarheit nur ca. jede 2000. Gitterlinie 2 eingezeichnet ist. Dabei ist das Gitter 1 von einem Rahmen 25 umgeben, der Streulicht vom Rand des Gitters 1 verhindern soll und üblicherweise schwarz ausgeführt wird.

Um die Intensitätsausbeute für eine ausgewählte Blaze-Wellenlänge λ_B zu erhöhen, kann das erfindungsgemäße Gitter 1 ein Blaze-Gitter sein bzw. können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auf einfache Art und Weise Blaze-Gitter hergestellt werden. Fig. 6 illustriert anhand einer Schnittansicht das Prinzip eines Blaze-Gitters, welches eine zackenartige Kontur 4 aufweist. Zwischen den Gitterlinien 2 sind ebene Facetten 5. Entsprechend der Schnittdarstellung der Fig. 6 ergeben sich die Facetten 5 als gerade Linien zwischen den Gitterpunkten 6

in der Zeichenebene der Fig. 6. Wenn die Blaze-Bedingung für die Blaze-Wellenlänge λ_B erfüllt ist, wirkt die Facette 5 wie ein Spiegel und eine Facettennormale 26 halbiert dann entsprechend den Winkel zwischen dem einfallenden Lichtstrahl 20 und dem ausfallenden Lichtstrahl 21. Der Winkel, den die Facettennormale 26 hierbei mit der Gitternormalen 9 einschließt ist der Blaze-Winkel θ_B . Ebenso ergibt sich der Blaze-Winkel θ_B zwischen der Facette 5 und der Tangentialebene an das Gitter 1 im betrachteten Gitterpunkt 6 bzw. in der dargestellten Schnittansicht zwischen der geraden Linie und einer Tangente 29. Eine Gitterkonstante d im in Fig. 6 dargestellten Bereich ergibt sich aus dem Abstand der Gitterlinien 2 bzw. Gitterpunkte 6 zueinander, gemessen entlang der Tangente 29.

Hierzu sei bemerkt, dass die Gitterkonstante d bzw. der Abstand der Gitterlinien 2 zueinander nicht über das gesamte Gitter 1 bzw. dessen gesamte aktive Fläche konstant zu sein braucht. Vielmehr erlaubt es das erfindungsgemäße Verfahren, den Abstand der Gitterlinien 2 bzw. die Gitterkonstante d gezielt zu variieren, um aberrationskorrigierte Gitter 1 herzustellen.

Wie oben bereits ausgeführt, ist man bei der Auslegung des Gitters 1 nicht auf bestimmte Wellenlängen beschränkt. Insbesondere lassen sich somit durch Wahl eines ganzzahligen Vielfachen einer bestimmten Grundwellenlänge optimiert Gitter 1 erzeugen, die für höhere Ordnungen dieser Grundwellenlänge gezielt eingesetzt werden können. D.h. es können entsprechend große Wellenlängen λ_0 vorgegeben werden. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gitters 1 bzw. bei dessen Erzeugung mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass als Wellenlänge $\lambda_0 > 1500$ nm, vorzugsweise $\lambda_0 > 1000$ nm, besonders bevorzugt $\lambda_0 > 500$ nm gewählt wird. Wenn es sich in diesem Fall um ein Blaze-Gitter

handelt, so wird auch die Blaze-Bedingung für mehrere Wellenlängen - entsprechend den unterschiedlichen Ordnungen der Grundwellenlänge - erfüllt.

Erfindungsgemäß kann ein Blaze-Gitter erzeugt werden, indem
 5 beim Drehen mit der Ultrapräzisionsdrehmaschine deren Werkzeug für jede Gitterlinie um einen passenden Bearbeitungswinkel gedreht wird, damit Facetten 5 mit dem jeweils richtigen Blaze-Winkel θ_B erzeugt werden. D.h. es muss für jede Gitterlinie 2 neben der Koordinate des zugehörigen
 10 Gitterpunkts 6 in der Konstruktionsebene auch der zugehörige Blaze-Winkel θ_B für eine vorgegebene Blaze-Wellenlänge λ_B berechnet werden. Entsprechend werden in die Ultrapräzisionsdrehmaschine nicht nur die Koordinaten von Gitterpunkten eingespeist, sondern auch die zugehörigen Blaze-
 15 Winkel θ_B .

Die Berechnung der Blaze-Winkel θ_B wird anhand Fig. 7 illustriert, die grundsätzlich Fig. 4 entspricht. Zusätzlich werden nun jedoch auch der Eintrittsspalt 7 und der Austrittsspalt 8 des Monochromators 24 auf die Drehachse
 20 gelegt. Nachdem die Gitterpunkte 6 des Gitters 1 wie im Zusammenhang mit Fig. 3 und Fig. 4 beschrieben berechnet worden sind, wird das Gitter 1 für jeden Gitterpunkt 6 um die Gitterdrehachse z um einen Verdrehwinkel Δ soweit verdreht, bis für den ausfallenden Lichtstrahl 21 die vorgegebene Blaze-
 25 Wellenlänge λ_B erzielt wird. Die Winkelhalbierende zwischen den Lichtstrahlen 20, 21 steht dann normal auf die Facette 5 bzw. auf die der Facette 5 entsprechende gerade Linie in der Konstruktionsebene, sodass der Blaze-Winkel θ_B unmittelbar hieraus folgt.

30 Fig. 8 zeigt eine Detailansicht eines Ausschnitts der Kontur 4 eines so erzeugten Blaze-Gitters 1, wobei zum besseren Verständnis bei einzelnen Facetten 5 die Lichtstrahlen 20, 21

sowie die Facettennormale 26 eingezeichnet sind. Man beachte, dass auch in Fig. 8 die Größenangaben in mm gemacht sind. D.h. die Kontur 4 weist Stufen im Submikrometerbereich auf. Solche Strukturen sind mit heute verfügbaren

5 Ultrapräzisionsdrehmaschinen erzeugbar.

Dabei können auch Gitter-Negative gedreht werden, insbesondere als Gussformen für Spritzgussverfahren, um in weiterer Folge Gitter 1 in großen Mengen extrem kostengünstig herzustellen.

Insbesondere die Verwendung von Gussformen bietet auch die
10 Möglichkeit, eine Gussform eines Gitters 1, welches für einen gewissen Wellenlängenbereich (z.B. den blauen Bereich im sichtbaren Lichtspektrum) optimiert ist, mit einer Gussform eines weiteren Gitters 13, welches für einen anderen Wellenlängenbereich (z.B. den roten Bereich im sichtbaren
15 Lichtspektrum) optimiert ist, miteinander zu kombinieren, um ein Kombinationsgitter 12 zu erzeugen. Ein solches Kombinationsgitter 12 ist in Fig. 9 in einer Schnittdarstellung illustriert.

Das Kombinationsgitter 12 umfasst das konkave Gitter 1 und das
20 konkave weitere Gitter 13, wobei beide Gitter 1, 13 erfindungsgemäße Gitter sind. D.h. die Gitter 1, 13 können auch Blaze-Gitter sein, die insbesondere für unterschiedliche Blaze-Wellenlängen ausgelegt sein λ_B können. Beide Gitter 1, 13 weisen denselben Basiskörper 10 auf, der nicht nur die konkave
25 Außenfläche 11, sondern dieser gegenüberliegend auch eine weitere konkave Außenfläche 15 des weiteren Gitters 13 aufweist. In der weiteren konkaven Außenfläche 15 sind die Gitterlinien des weiteren Gitters 13 angeordnet.

Die weitere konkave Außenfläche 15 entspricht einem Teil eines
30 weiteren Drehkörpers 14 (in Fig. 9 durch eine strichlierte Linie angedeutet, ebenso wie der dem Gitter zugeordnete Drehkörper 3), der dem weiteren Gitter 13 zugeordnet ist und

bei der erfindungsgemäßen Herstellung zur Berechnung der Gitterpunkte des weiteren Gitters 13 verwendet wird.

- Das gezeigte Kombinationsgitter 12 ist sehr kompakt aufgebaut und weist typischerweise eine minimale Wandstärke im Bereich
- 5 der Gittermitten 18, 19 der beiden kombinierten Gitter 1, 13 von vorzugsweise 3 mm auf. Die Gittermitten 18, 19 weisen in diesem Fall beide denselben Abstand von 1,5 mm von der Gitterdrehachse z auf. Je größer die minimale Wandstärke im Bereich der Gittermitten 18, 19 ist, desto größer ist deren
- 10 Abstand von der Gitterdrehachse z, und damit steigen entsprechend die geometrischen Verluste beim Verdrehen des Kombinationsgitters 12 um die Gitterdrehachse z, wenn in einem Monochromator 24 unterschiedliche Energien ausgewählt werden sollen.
- 15 Um, z.B. beim Einsatz des Kombinationsgitters 12 in einem Monochromator 24, rasch zwischen den beiden Gittern 1, 13 zu wechseln, wird das Kombinationsgitter 12 einfach um eine Schwenkachse 28 um 180° verschwenkt. Dabei kann die Schwenkachse 28 mit der Gitterdrehachse z auch zusammenfallen.
- 20 Hierbei ist es von Vorteil, wenn das Kombinationsgitter 12 Zapfen 27 aufweist, die eine entsprechende Drehlagerung des Kombinationsgitters 12 ermöglichen. Insbesondere wenn das Kombinationsgitter 12 im Spritzgussverfahren hergestellt wird, können die Zapfen 27 oder andere geeignete Befestigungsmittel
- 25 des Kombinationsgitters 12 gleichzeitig miterzeugt werden. Weitere geeignete Befestigungsmittel wären Bohrungen bzw. Sacklöcher oder Passstifte.

- Fig. 10 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Spektrographen 33, in welchem ein erfindungsgemäßes Gitter 1
- 30 in Reflexionsgeometrie verwendet wird. Dabei ist der Basiskörper 10 für das zu zerlegende Licht transparent ausgebildet. Weiters ist der Basiskörper 10 an seiner der konkaven Außenfläche 11 gegenüberliegenden Seite ebenfalls

gekrümmt ausgebildet, wobei im gezeigten Beispiel diese Seite sphärisch gekrümmt ist. Diese gekrümmte Seite ist mit einer reflektierenden Schicht 35 versehen, welche im gezeigten Beispiel eine sphärische Reflexionsfläche mit Radius 32

5 ausbildet. Auch die konkave Außenfläche 11 ist im gezeigten Beispiel sphärisch gekrümmt – mit Radius 23. Dabei haben die entsprechenden Kugeln der Radien 23 und 32 denselben Mittelpunkt.

Durch den Eintrittsspalt 7 gelangen einfallende Lichtstrahlen
10 20 zu einer Eintrittsfläche 36 des Basiskörpers 10 und breiten sich im Basiskörper 10 aus, bis sie an der reflektierenden Schicht 35 zurück in Richtung konkave Außenfläche 11 reflektiert werden. Es kommt zu einer Zerlegung des Lichts, indem ausfallende Lichtstrahlen 21, 21' unterschiedlicher
15 Wellenlänge in unterschiedlichen Richtungen von den Gitterlinien 2 weg reflektiert werden. Die ausfallenden Lichtstrahlen 21, 21' treffen nun ihrerseits auf die reflektierende Schicht 35 und werden schließlich in Richtung einer Austrittsfläche 37 reflektiert, durch welche sie den
20 Basiskörper 10 verlassen. Die aus dem Basiskörper 10 ausgetretenen Lichtstrahlen 21, 21' unterschiedlicher Wellenlänge werden schließlich mit einem Detektor, vorzugsweise einem Flächendetektor 34 wie z.B. einer CCD-Kamera detektiert. Es könnte aber natürlich prinzipiell auch
25 ein Zeilendetektor verwendet werden. In jedem Fall werden die Lichtstrahlen 21, 21' in Abhängigkeit von ihrer Wellenlänge an unterschiedlichen Positionen auf dem Detektor detektiert.

Fig. 11 zeigt eine weitere Ausführungsform eines
erfindungsgemäßen Spektrographen 33, in welchem jedoch ein
30 erfindungsgemäßes Gitter 1 in Transmissionsgeometrie verwendet wird. Wiederum ist der Basiskörper 10 für das zu zerlegende Licht transparent ausgebildet. Weiters ist der Basiskörper 10 an seiner der konkaven Außenfläche 11 gegenüberliegenden Seite ebenfalls gekrümmt ausgebildet, wobei im gezeigten Beispiel

diese Seite sphärisch gekrümmt ist. Diese gekrümmte Seite ist mit einer reflektierenden Schicht 35 versehen, welche im gezeigten Beispiel eine sphärische Reflexionsfläche mit Radius 32 ausbildet. Auch die konkave Außenfläche 11 ist im gezeigten

5 Beispiel sphärisch gekrümmt - mit Radius 23. Dabei haben die entsprechenden Kugeln der Radien 23 und 32 denselben Mittelpunkt, der in diesem Fall im Eintrittsspalt 7 angeordnet ist.

Durch den Eintrittsspalt 7 gelangen einfallende Lichtstrahlen

10 20 auf das Gitter 1 bzw. auf dessen aktive Fläche. Das Licht tritt durch die aktive Fläche hindurch in den Basiskörper 10 ein und wird dabei aufgrund der Gitterlinien 2 abgelenkt.

Dabei kommt es zu einer Zerlegung des Lichts, indem ausfallende Lichtstrahlen 21, 21' unterschiedlicher

15 Wellenlänge in unterschiedlichen Richtungen abgelenkt werden.

Die ausfallenden Lichtstrahlen 21, 21' breiten sich im Basiskörper 10 aus und treffen in der Folge auf die reflektierende Schicht 35. Von dieser werden die Lichtstrahlen 21, 21' schließlich in Richtung einer Austrittsfläche 37

20 reflektiert, durch welche sie den Basiskörper 10 verlassen.

Die aus dem Basiskörper 10 ausgetretenen Lichtstrahlen 21, 21' unterschiedlicher Wellenlänge werden schließlich wieder mit einem Detektor, vorzugsweise einem Flächendetektor 34 wie z.B. einer CCD-Kamera detektiert. Es könnte aber natürlich

25 prinzipiell auch ein Zeilendetektor verwendet werden. In jedem Fall werden die Lichtstrahlen 21, 21' in Abhängigkeit von ihrer Wellenlänge an unterschiedlichen Positionen auf dem Detektor detektiert.

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Gitter
	2	Gitterlinie
	3	Drehkörper
5	4	Kontur
	5	Facette
	6	Gitterpunkt
	7	Eintrittsspalt
	8	Austrittsspalt
10	9	Gitternormale
	10	Basiskörper des Gitters
	11	Konkave Außenfläche
	12	Kombinationsgitter
	13	Weiteres Gitter
15	14	Weiterer Drehkörper
	15	Weitere konkave Außenfläche
	16	Abstand zwischen erster Punktquelle und Ursprung des Gitters
20	17	Abstand zwischen zweiter Punktquelle und Ursprung des Gitters
	18	Mittelpunkt des Gitters
	19	Mittelpunkt des weiteren Gitters
	20	Einfallender Lichtstrahl

	21	Ausfallender Lichtstrahl
	21`	Ausfallender Lichtstrahl einer zweiten Wellenlänge
	22	Ablenkungswinkel
	23	Kugelradius
5	24	Monochromator
	25	Rahmen
	26	Facettennormale
	27	Zapfen
	28	Schwenkachse
10	29	Tangente
	30	Hyperbel
	31	Asymptote
	32	Radius einer sphärischen Reflexionsfläche
	33	Spektrograph
15	34	Flächendetektor
	35	Reflektierende Schicht, die die sphärische Reflexionsfläche ausbildet
	36	Eintrittsfläche
	37	Austrittsfläche
20	α	Einfallswinkel
	β	Ausfallswinkel
	Q1	Erste Punktquelle

	Q2	Zweite Punktquelle
	F1	Erster Brennpunkt einer Hyperbel
	F2	Zweiter Brennpunkt der Hyperbel
	P	Punkt auf der Hyperbel
5	Q	weiterer Punkt auf der Hyperbel
	S1	Abstand zwischen P und F1
	S2	Abstand zwischen P und F2
	t1	Abstand zwischen Q und F1
	t2	Abstand zwischen Q und F2
10	x	Drehachse
	y	Normalachse
	z	Gitterdrehachse
	U	Ursprungspunkt
	d	Gitterkonstante

15

A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Herstellung eines konkaven oder konvexen Gitters (1) für einen Monochromator, das Verfahren umfassend die Berechnung von Koordinaten von Gitterpunkten (6) von Gitterlinien (2) auf einem Drehkörper (3), indem Schnittpunkte einer Schar von Hilfsflächen mit einer Oberfläche des Drehkörpers (3) bestimmt werden, wobei die Schar von Hilfsflächen durch eine Schar von Kurven zweiter Ordnung, die um eine Drehachse (x) des Drehkörpers (3) rotieren, erzeugt werden, das Verfahren weiters umfassend das Einspeisen der Koordinaten der Schnittpunkte bzw. Gitterpunkte (6) in eine computergesteuerte Ultrapräzisionsdrehmaschine, um eine Gitterstruktur, die um die Drehachse (x) zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse (10) verlaufenden Spirale entspricht, in einen Basiskörper zu drehen, der zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers (3) aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Berechnung der Schar von Hilfsflächen eine erste Punktquelle (Q1) einer Kugelwelle mit einer beliebig vorgebbaren Wellenlänge λ_0 angenommen wird, wobei die Hilfsflächen Flächen der Kugelwelle entsprechen, die konstante Phase haben und zueinander eine Phasenverschiebung aufweisen, die ein ganzzahliges Vielfaches von 2π ist, und wobei die erste Punktquelle (Q1) auf der Drehachse (x) des Drehkörpers (3) positioniert ist und diese Position der ersten Punktquelle (Q1) der Position eines Eintrittsspalts (7) oder eines Austrittsspalts (8) des Monochromators entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Berechnung der Schar von Hilfsflächen eine erste

Punktquelle (Q1) und eine zweite Punktquelle (Q2) von Kugelwellen mit einer beliebig vorgebbaren Wellenlänge λ_0 angenommen werden, wobei die erste Punktquelle (Q1) und die zweite Punktquelle (Q2) auf einer Drehachse (x) des Drehkörpers (3) angeordnet sind und wobei die Hilfsflächen Flächen einer bestimmten, vorzugsweise maximalen Intensität der Interferenz der beiden Kugelwellen entsprechen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**

zur Bestimmung der Schnittpunkte um die Drehachse (x) rotierende Hyperbeln (30) mit der Oberfläche des Drehkörpers (3) geschnitten werden, wobei in den beiden Brennpunkten (F1, F2) der jeweiligen Hyperbel (30) die beiden Punktquellen (Q1, Q2) angenommen sind und nur solche Hyperbeln (30) betrachtet werden, für die gilt, dass bei der jeweiligen Hyperbel (30) die absolute Differenz der Abstände (S1, S2) von jedem auf der Hyperbel (30) liegenden Punkt (P) zu den Brennpunkten (F1, F2) gleich $N * \lambda_0$ ist, wobei N eine, für die jeweilige Hyperbel (30) gewählte, ganze Zahl ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch**

gekennzeichnet, dass die Schnittpunkte lediglich in einer Konstruktionsebene, die von der Drehachse (x) und einer Normalachse (y) aufgespannt wird, bestimmt werden, wobei die Normalachse (y) normal auf die Drehachse (x) steht und durch einen, auf der Drehachse (x) liegenden Ursprungspunkt (U), der ein Schnittpunkt der Oberfläche des Drehkörpers (3) mit der Drehachse (x) ist, verläuft.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch**

gekennzeichnet, dass ein auf der Drehachse (x) gemessener Abstand (16) zwischen einem Ursprungspunkt (U), der ein Schnittpunkt der Oberfläche des Drehkörpers (3) mit der Drehachse (x) ist, und der ersten Punktquelle (Q1) zu

einem auf der Drehachse (x) gemessenen Abstand (17) zwischen dem Ursprungspunkt (U) und der zweiten Punktquelle (Q2) in einem Verhältnis von 1:0,34 bis 1:0,95 steht.

- 5 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (16) zwischen dem Ursprungspunkt (U) und der ersten Punktquelle (Q1) zwischen 95 mm und 145 mm beträgt und dass der Abstand (17) zwischen dem Ursprungspunkt (U) und der zweiten Punktquelle (Q2) zwischen 50 mm und 90 mm
- 10 beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehkörper (3) eine Kugel, ein Ellipsoid oder ein Torus ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch**
- 15 **gekennzeichnet, dass** in einer Konstruktionsebene, die durch die Drehachse (x) und eine Normalachse (y) aufgespannt wird, wobei die Normalachse (y) normal auf die Drehachse (x) steht und durch einen Ursprungspunkt (U) verläuft, der ein Schnittpunkt der Oberfläche des
- 20 Drehkörpers (3) mit der Drehachse (x) ist, eine Kontur (4) des Gitters (1) festgelegt wird, indem zwischen den Gitterpunkten (6) abschnittsweise gerade Linien angeordnet werden, die an jeweils einen Gitterpunkt (6) direkt anschließen und Facetten (5) des Gitters (1) definieren,
- 25 wobei die geraden Linien jeweils mit einer in der Konstruktionsebene liegenden Tangente (29) an das Gitter (1) im betrachteten Gitterpunkt (6) einen Winkel θ_B einschließen, der jeweils derart gewählt ist, dass die Blaze-Bedingung für mindestens eine vorgebbare Blaze-
- 30 Wellenlänge λ_B erfüllt ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des jeweiligen Winkels θ_B auch ein

Eintrittsspalt (7) sowie ein Austrittsspalt (8) des Monochromators auf der Drehachse (x) angeordnet werden; dass zu jedem Gitterpunkt (6) das Gitter (1) soweit um eine durch einen Gittermittelpunkt (18) verlaufende Gitterdrehachse (z) um einen Verdrehwinkel Δ gedreht wird, bis für Lichtstrahlen (20, 21), die vom gedrehten Gitter (1) zum Austrittsspalt (8) abgelenkt werden, die vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B erzielt wird; dass eine Winkelhalbierende zwischen Lichtstrahlen, die vom Eintrittsspalt (7) auf das Gitter (1) fallen, und den vom Gitter (1) zum Austrittsspalt (8) abgelenkten Lichtstrahlen bestimmt wird, die normal auf die gerade Linie der Kontur (4) steht, woraus unmittelbar θ_B folgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Gitterpunkt (6) der jeweilige Winkel θ_B korrigiert um den Verdrehwinkel Δ in die Ultrapräzisionsdrehmaschine eingespeist wird, um Bearbeitungswinkel für ein Werkzeug der Ultrapräzisionsdrehmaschine zur Verfügung zu stellen, die ein Drehen der Gitterstruktur mit der Kontur (4) ermöglichen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Festlegung der Kontur (4) des Gitters (1) zwischen zwei Gitterpunkten (6) jeweils mindestens eine weitere gerade Linie anschließend an die jeweilige gerade Linie angeordnet wird, wobei die mindestens eine weitere gerade Linie mit der Tangente (29) einen Winkel θ_B' einschließt, der jeweils derart gewählt ist, dass die Blaze-Bedingung für eine vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B' erfüllt ist, wobei $\theta_B' \neq \theta_B$ und $\lambda_B' \neq \lambda_B$ gilt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** für verschiedene Facetten (5) die Blaze-Bedingung für unterschiedliche vorgebbare Blaze-Wellenlängen λ_B erfüllt ist.
- 5 14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** für aufeinander folgende Facetten (5) die Blaze-Bedingung abwechselnd für zwei unterschiedliche vorgebbare Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' erfüllt ist.
- 10 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehkörper (3) eine Kugel ist, deren Zentrum, welches auf der Drehachse (x) angeordnet ist, mit dem Eintrittsspalt (7) zusammenfällt.
- 15 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehkörper (3) ein Torus ist, dessen Zentrum, welches auf der Drehachse (x) angeordnet ist, mit dem Eintrittsspalt (7) zusammenfällt.
- 20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine die Gitterlinien (2) unter Verwendung der eingespeisten Koordinaten direkt in einen Basiskörper (10) des Gitters, der zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers aufweist, (3) gedreht werden, um das Gitter (1) zu erzeugen, wobei hierbei eine Außenfläche (11) des Basiskörpers (10) bearbeitet wird, die dieselbe Krümmung wie das herzustellende Gitter (1) aufweist.
- 25 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine Negative der Gitterlinien (2) unter Verwendung der eingespeisten Koordinaten direkt in einen Basiskörper einer Gussform gedreht werden, wobei der Basiskörper der Gussform zumindest abschnittsweise die
- 30

Form des Drehkörpers (3) aufweist und wobei hierbei eine Außenfläche des Basiskörpers der Gussform bearbeitet wird, die eine entgegengesetzte Krümmung wie das herzustellende Gitter (1) aufweist.

- 5 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gitterlinien (2) bzw. deren Negative einzeln nacheinander oder als durchgehende Spirale gedreht werden.
- 10 20. Gitter (1) für einen Monochromator umfassend einen Basiskörper (10), der zumindest abschnittsweise die Form eines Drehkörpers (3) mit einer Drehachse (x) und einer gekrümmten, vorzugsweise konkaven Außenfläche (11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt in der gekrümmten Außenfläche (11) des Basiskörpers (10)
- 15 Gitterlinien (2) angeordnet sind, die um die Drehachse (x) zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse (10) verlaufenden Spirale entsprechen.
- 20 21. Gitter (1) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von einem maximalen Radius (23) des Drehkörpers (3) zu einer maximalen Länge der Gitterlinien (2) kleiner als 9:1, vorzugsweise kleiner als 7:1, bevorzugt kleiner als 5:1, besonders bevorzugt kleiner als 3:1 ist.
- 25 22. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper (10) zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche (11) aus Kunststoff oder Glas besteht.
- 30 23. Gitter (1) nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper (10) zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche (11) mit den Gitterlinien (2) im Spritzgussverfahren hergestellt ist.

24. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (1) ein
 Transmissionsgitter ist.
- 5 25. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass der Basiskörper (10)
 zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche (11) aus
 Quarz oder Metall, insbesondere aus Aluminium oder einer
 Aluminiumlegierung besteht.
- 10 26. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, dass der Drehkörper (3) eine Kugel
 oder ein Torus ist.
- 15 27. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 26,
dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Gitter (1) um
 ein Blaze-Gitter handelt, welches für mindestens eine
 Blaze-Wellenlänge λ_B optimiert ist.
28. Gitter (1) nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet,**
dass es sich bei dem Gitter (1) um ein Blaze-Gitter
 handelt, welches für mindestens zwei unterschiedliche
 Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' optimiert ist.
- 20 29. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (1) mit einem
 Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19 hergestellt
 ist.
- 25 30. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass eine reflektierende Schicht
 (35), vorzugsweise aus Metall, am oder im Basiskörper (10)
 vorgesehen ist.
31. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 30,
dadurch gekennzeichnet, dass ein optisches Element direkt

mit der gekrümmten Außenfläche (11) des Basiskörpers (10) verbunden ist.

32. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 31,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand der Gitterlinien
 (2) zueinander in unterschiedlichen Bereichen des Gitters
 (1) unterschiedlich groß ist.

33. Kombinationsgitter (12) umfassend ein Gitter (1) und
 ein weiteres Gitter (13), jeweils nach einem der Ansprüche
 20 bis 32, wobei das Gitter (1) und das weitere Gitter
 (13) denselben Basiskörper (10) aufweisen, wobei der
 Basiskörper (10) abschnittsweise die Form eines
 Drehkörpers (14) mit einer gekrümmten, vorzugsweise
 konkaven Außenfläche (15) des weiteren Gitters (13)
 aufweist und wobei die gekrümmten Außenflächen (11, 15)
 auf einander gegenüberliegenden Seiten des Basiskörpers
 (10) angeordnet sind.

34. Kombinationsgitter (12) nach Anspruch 33, **dadurch
 gekennzeichnet, dass** das Gitter (1) einen
 Gittermittelpunkt (18) aufweist, dass das weitere Gitter
 (13) einen Gittermittelpunkt (19) aufweist und dass das
 Gitter (1) im Bereich seines Gittermittelpunkts (18) eine
 Gitterkonstante (d) aufweist, die sich von einer
 Gitterkonstante unterscheidet, die das weitere Gitter (13)
 im Bereich seines Gittermittelpunkts (19) aufweist.

35. Kombinationsgitter (12) nach einem der Ansprüche 33
 bis 34 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gitter (1) und das
 weitere Gitter (13) Blaze-Gitter sind, die für
 unterschiedliche Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' optimiert
 sind.

36. Monochromator (24) umfassend ein Gitter (1) nach
 einem der Ansprüche 20 bis 32 oder ein Kombinationsgitter
 (12) nach einem der Ansprüche 33 bis 35.

37. Monochromator nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich um einen Doppel-Monochromator oder um einen Dreifach-Monochromator handelt.

5 38. Spektrograph (33) umfassend ein Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 32 oder ein Kombinationsgitter (12) nach einem der Ansprüche 33 bis 35.

1/7

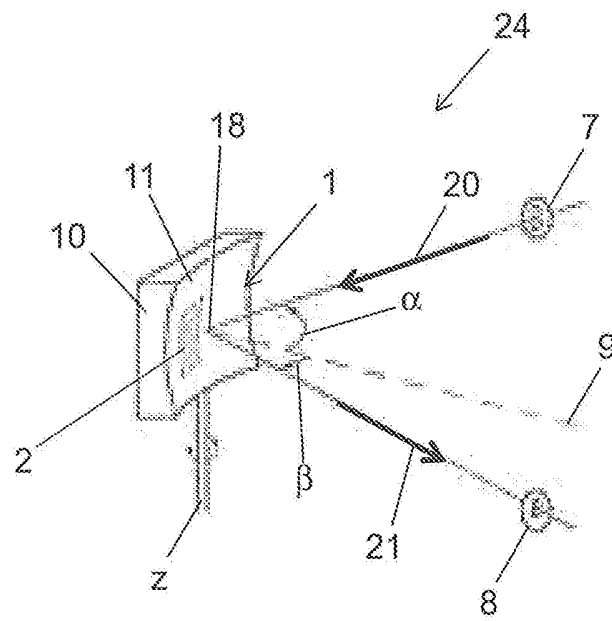


Fig. 1

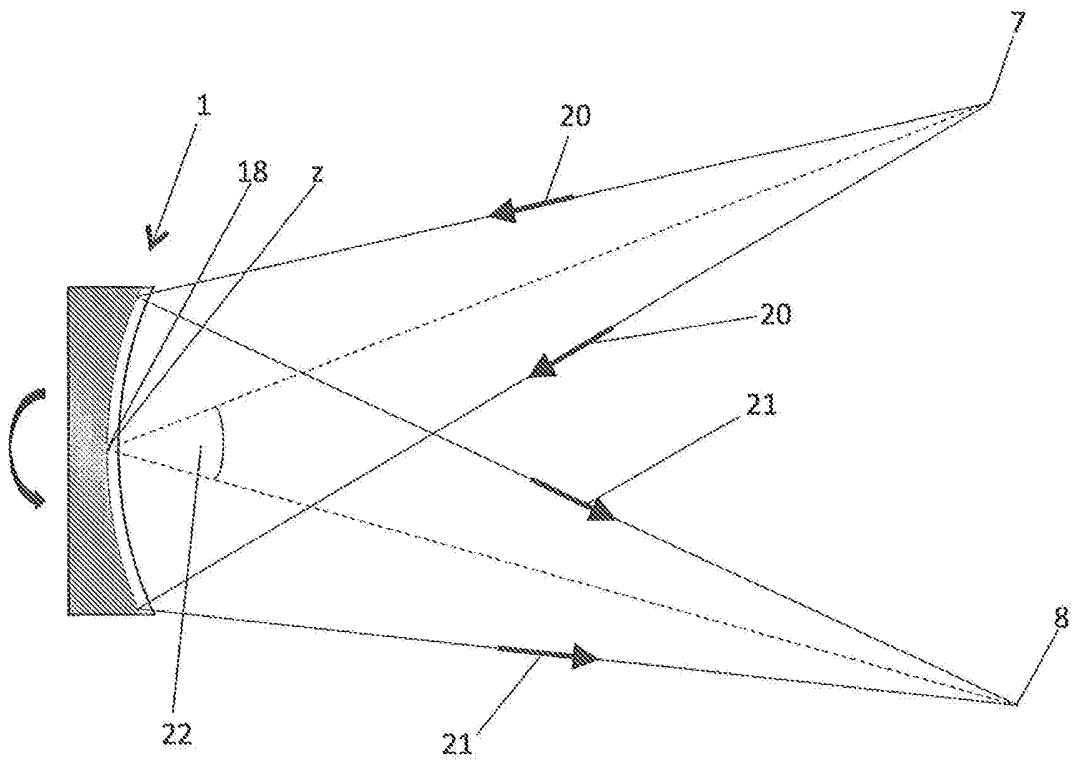


Fig. 2

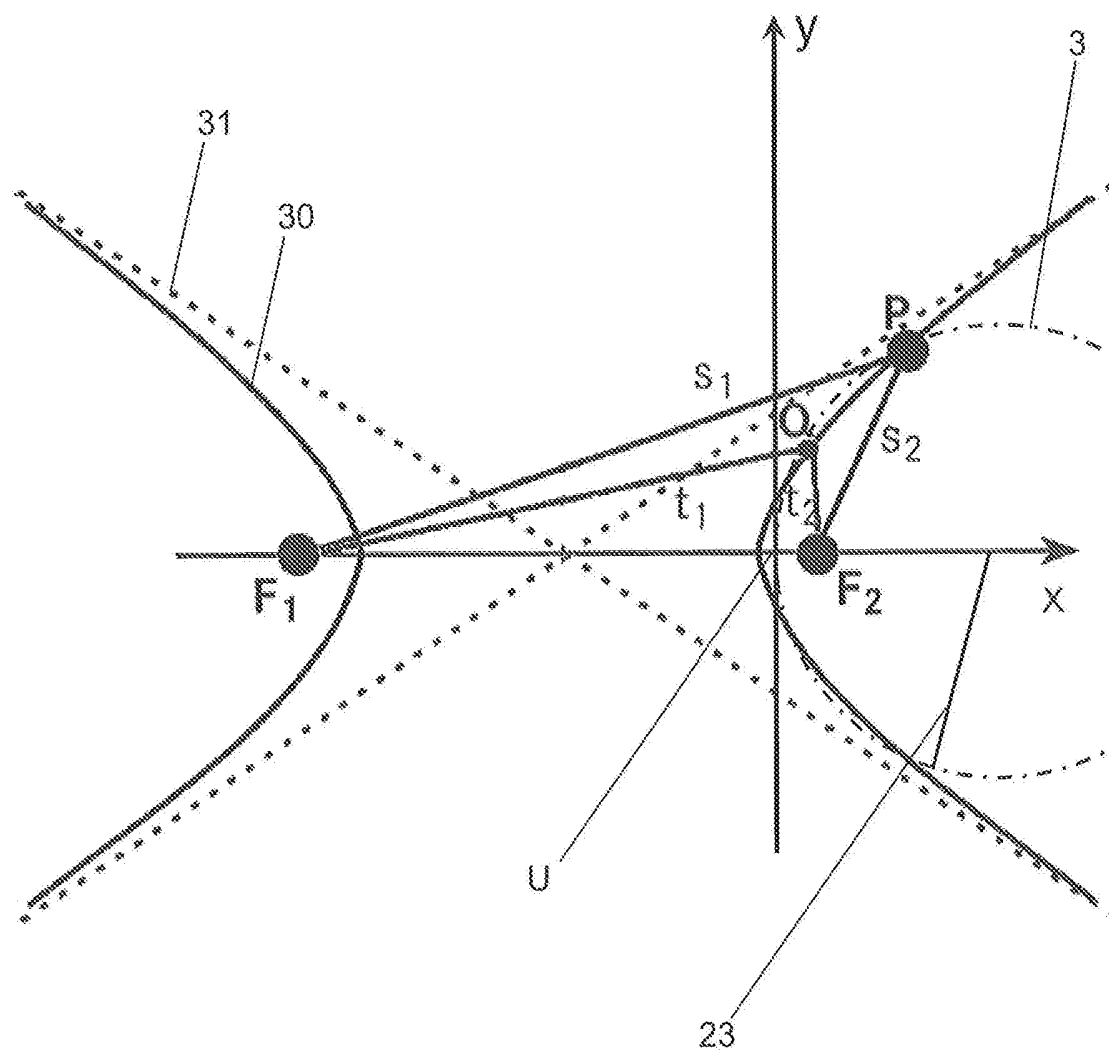
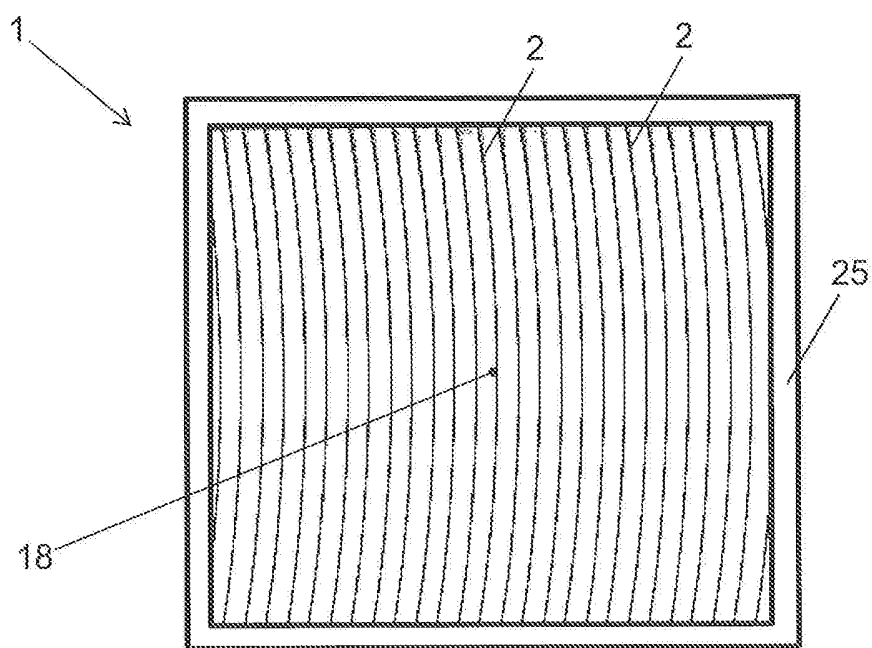
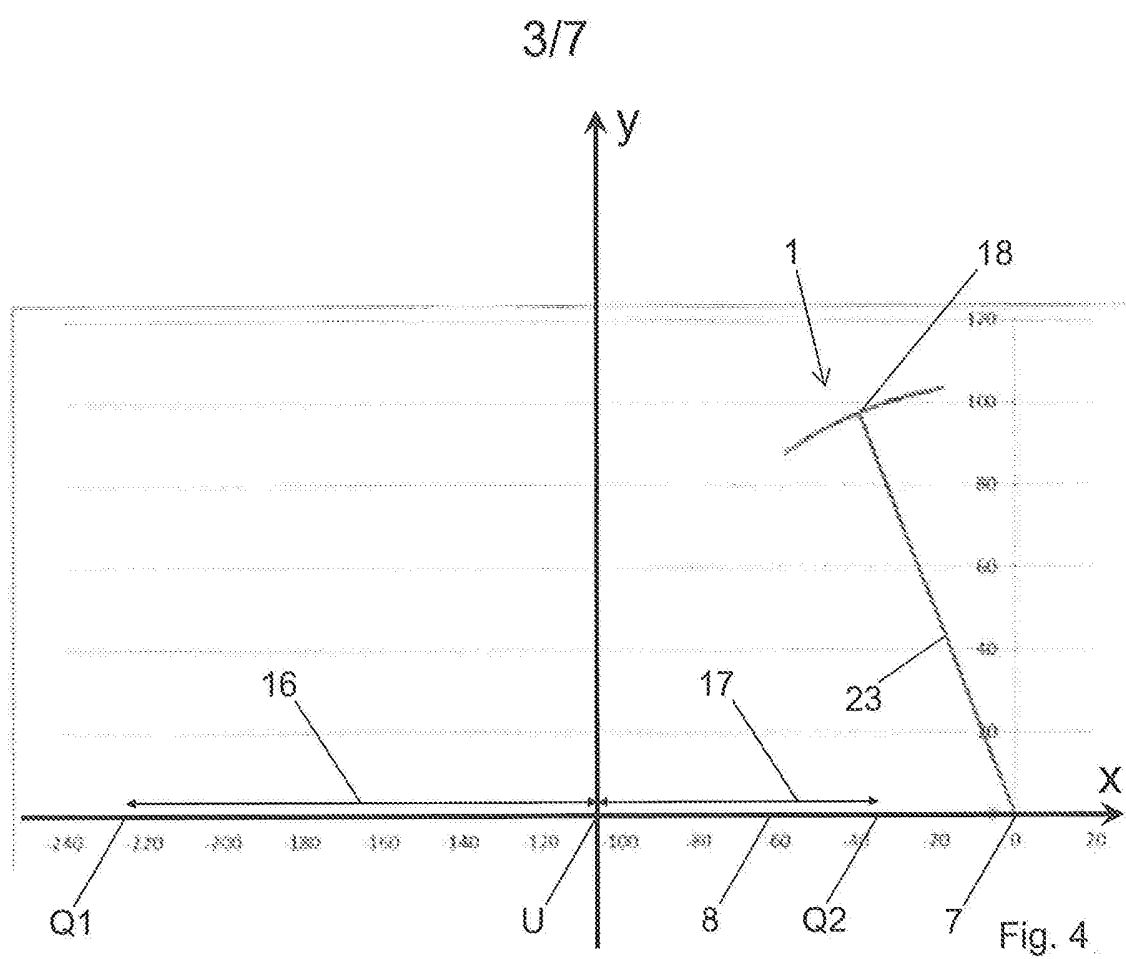
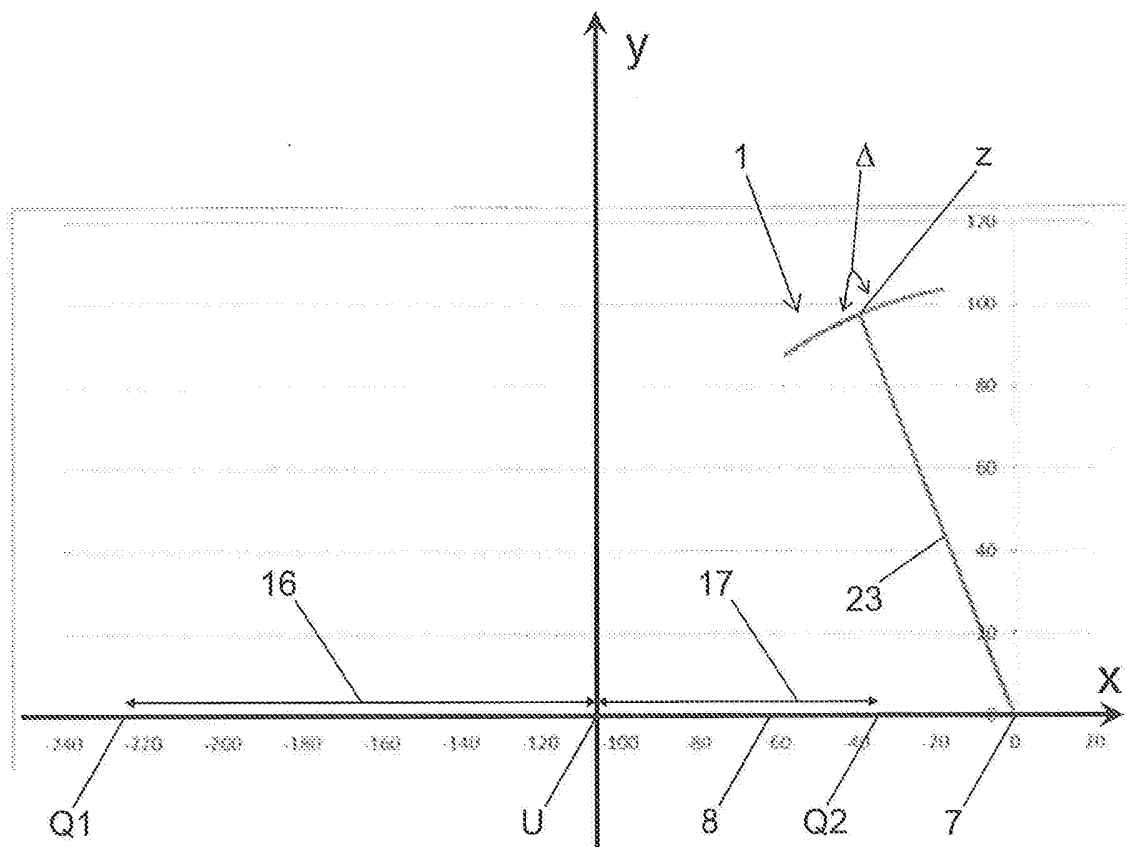
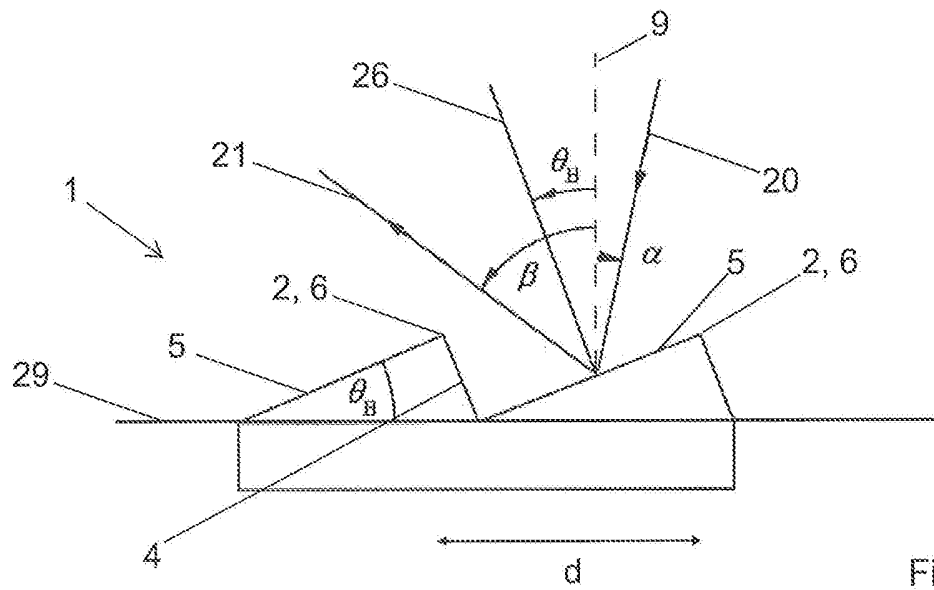


Fig. 3





5/7

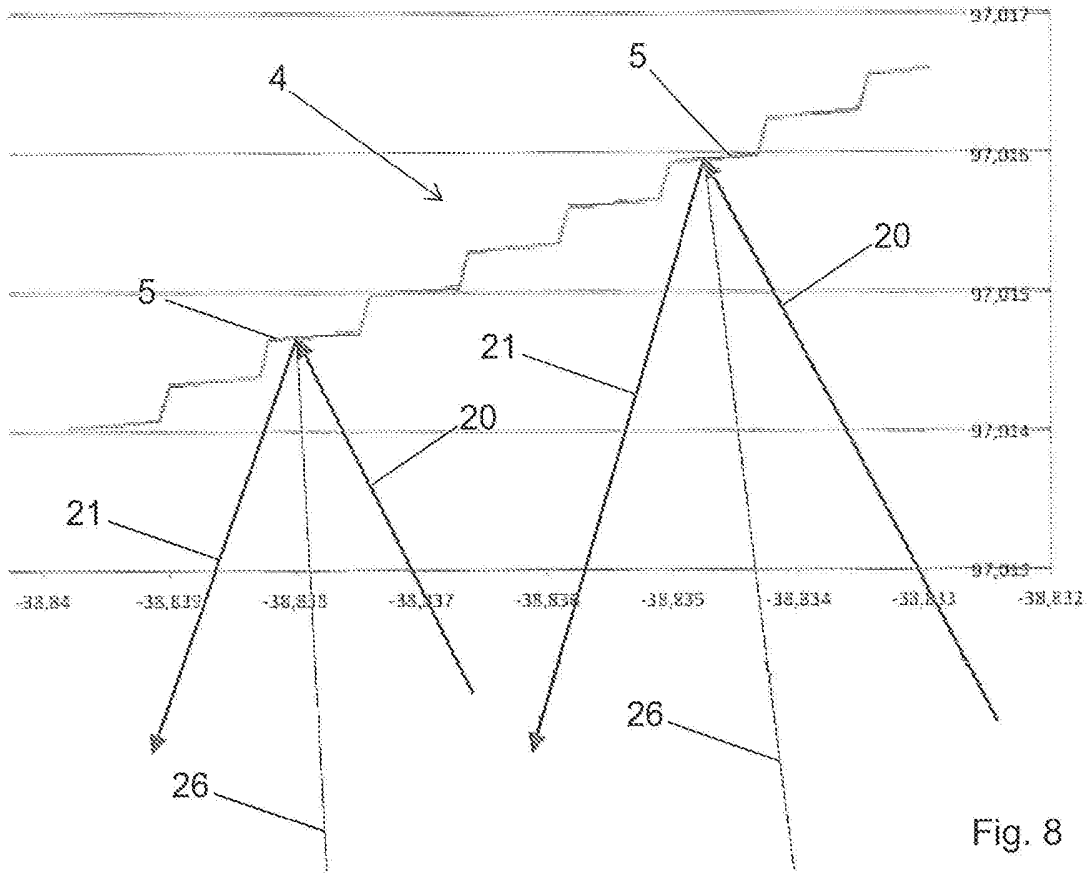


Fig. 8

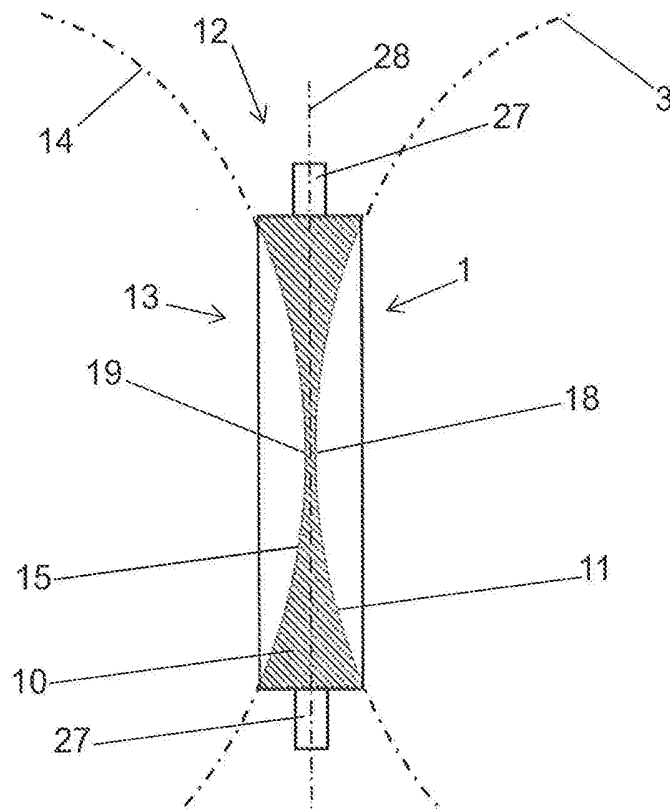


Fig. 9

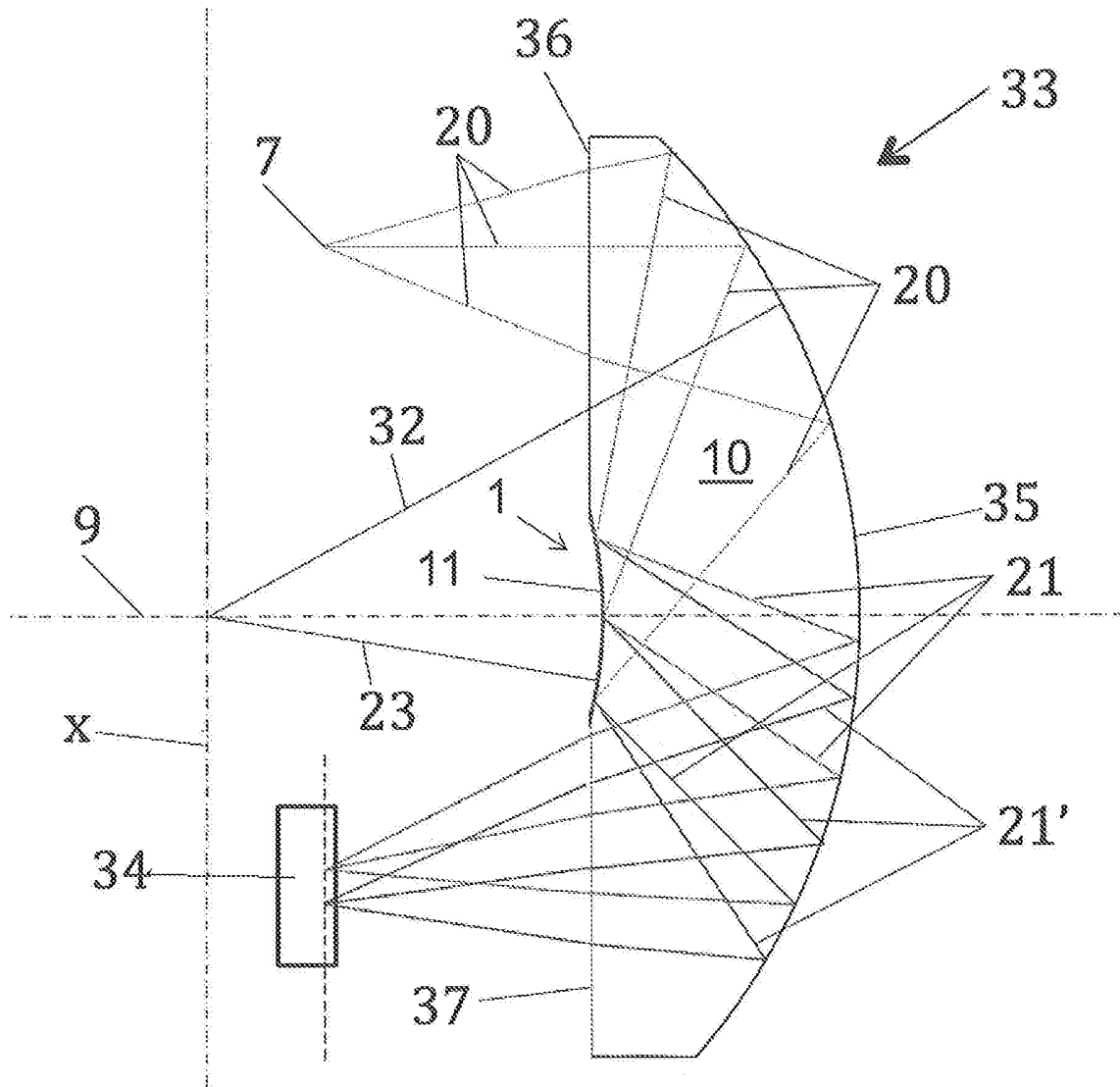


Fig. 10

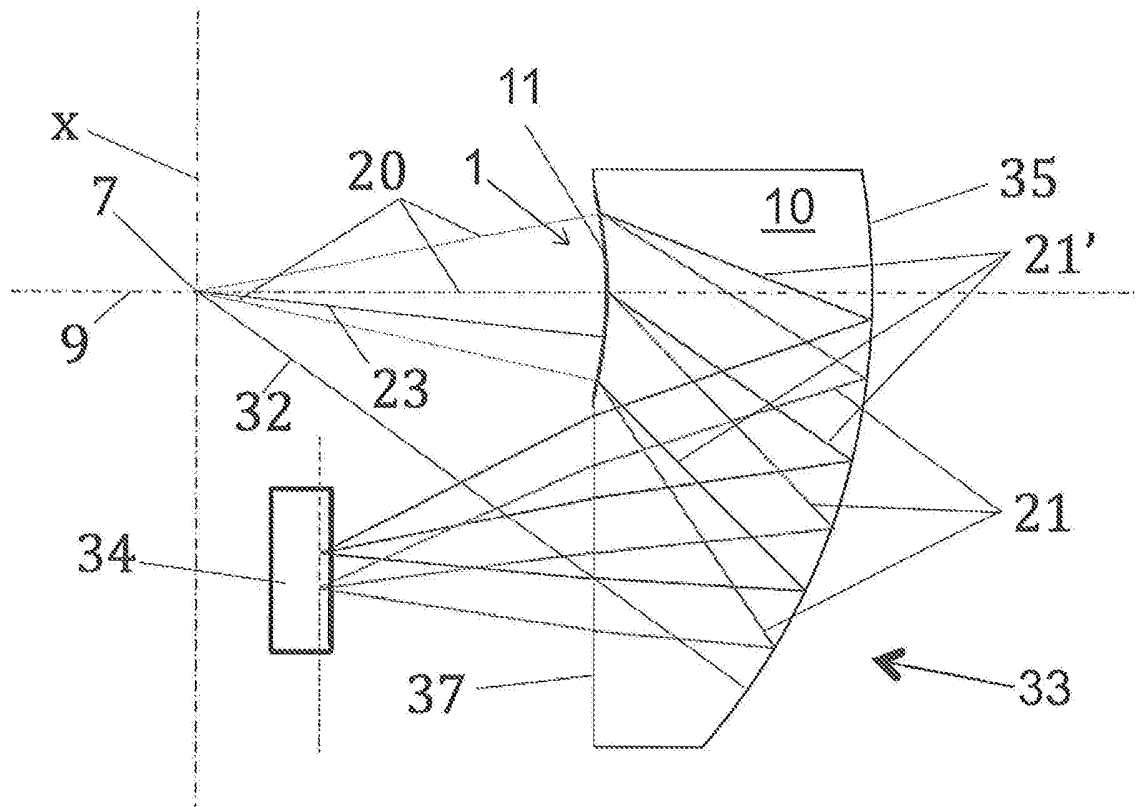


Fig. 11

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G02B 5/18 (2006.01); **G02B 27/44** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G02B 5/1847 (2013.01); **G02B 5/1852** (2013.01); **G02B 27/44** (2013.01)

Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation):
G02B, G01J

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPI, TXT

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **30.09.2014** eingereichten Ansprüchen **1-38** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	JP 2004053992 A (HITACHI CABLE) 19. Februar 2004 (19.02.2004) Fig. 2-5, Absatz [0044]	1-38
A	JP H1152114 A (ASAHI OPTICAL CO LTD) 26. Februar 1999 (26.02.1999) Fig. 1, 4, 5; Absatz [0008]	1-38
A	JP H09239603 A (KANAGAWA KAGAKU GIJUTSU AKAD, TAKASHIMA YUZURU) 16. September 1997 (16.09.1997) Fig. 4-6; Anspruch 1	1-38

Datum der Beendigung der Recherche:
01.09.2015

Seite 1 von 1

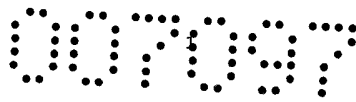
Prüfer(in):

RAUMAUF Hannes

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:

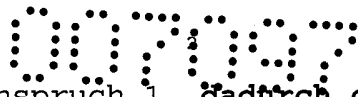
- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmel-
gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmel-
gegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die
Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen
dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für
einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach
dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem
ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch
nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage
stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.



A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Herstellung eines konkaven oder konvexen
Gitters (1) für einen Monochromator,
10 das Verfahren umfassend die Berechnung von Koordinaten von
Gitterpunkten (6) von Gitterlinien (2) auf einem
Drehkörper (3), indem Schnittpunkte einer Schar von
Hilfsflächen mit einer Oberfläche des Drehkörpers (3)
bestimmt werden, wobei die Schar von Hilfsflächen durch
15 eine Schar von Kurven zweiter Ordnung, die um eine
Drehachse (x) des Drehkörpers (3) rotieren, erzeugt
werden,
das Verfahren weiters umfassend das Einspeisen der
Koordinaten der Schnittpunkte bzw. Gitterpunkte (6) in
20 eine computergesteuerte Ultrapräzisionsdrehmaschine, um
eine Gitterstruktur, die um die Drehachse (x) zentrierten
Kreisen oder einer um die Drehachse (x) verlaufenden
Spirale entspricht, in einen Basiskörper zu drehen, der
zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers (3)
25 aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zur Berechnung der Schar von Hilfsflächen eine erste
Punktquelle (Q1) einer Kugelmelle mit einer beliebig
vorgebbaren Wellenlänge λ_0 angenommen wird, wobei die
30 Hilfsflächen Flächen der Kugelmelle entsprechen, die
konstante Phase haben und zueinander eine
Phasenverschiebung aufweisen, die ein ganzzahliges
Vielfaches von 2π ist, und wobei die erste Punktquelle
(Q1) auf der Drehachse (x) des Drehkörpers (3)
35 positioniert ist und diese Position der ersten Punktquelle
(Q1) der Position eines Eintrittsspalts (7) oder eines
Austrittsspalts (8) des Monochromators entspricht.



3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zur Berechnung der Schar von Hilfsflächen eine erste
Punktquelle (Q1) und eine zweite Punktquelle (Q2) von
Kugelwellen mit einer beliebig vorgebbaren Wellenlänge λ_0
angenommen werden, wobei die erste Punktquelle (Q1) und
die zweite Punktquelle (Q2) auf einer Drehachse (x) des
Drehkörpers (3) angeordnet sind und wobei die Hilfsflächen
Flächen einer bestimmten, vorzugsweise maximalen
Intensität der Interferenz der beiden Kugelwellen
entsprechen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**
zur Bestimmung der Schnittpunkte um die Drehachse (x)
rotierende Hyperbeln (30) mit der Oberfläche des
Drehkörpers (3) geschnitten werden, wobei in den beiden
Brennpunkten (F1, F2) der jeweiligen Hyperbel (30) die
beiden Punktquellen (Q1, Q2) angenommen sind und nur
solche Hyperbeln (30) betrachtet werden, für die gilt,
dass bei der jeweiligen Hyperbel (30) die absolute
Differenz der Abstände (S1, S2) von jedem auf der Hyperbel
(30) liegenden Punkt (P) zu den Brennpunkten (F1, F2)
gleich $N * \lambda_0$ ist, wobei N eine, für die jeweilige
Hyperbel (30) gewählte, ganze Zahl ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch**
gekennzeichnet, dass die Schnittpunkte lediglich in einer
Konstruktionsebene, die von der Drehachse (x) und einer
Normalachse (y) aufgespannt wird, bestimmt werden, wobei
die Normalachse (y) normal auf die Drehachse (x) steht und
durch einen, auf der Drehachse (x) liegenden
Ursprungspunkt (U), der ein Schnittpunkt der Oberfläche
des Drehkörpers (3) mit der Drehachse (x) ist, verläuft.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch**
gekennzeichnet, dass ein auf der Drehachse (x) gemessener
Abstand (16) zwischen einem Ursprungspunkt (U), der ein
Schnittpunkt der Oberfläche des Drehkörpers (3) mit der



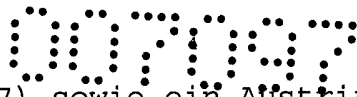
Drehachse (x) ist, und der ersten Punktquelle (Q1) zu einem auf der Drehachse (x) gemessenen Abstand (17) zwischen dem Ursprungspunkt (U) und der zweiten Punktquelle (Q2) in einem Verhältnis von 1:0,34 bis 1:0,95 steht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (16) zwischen dem Ursprungspunkt (U) und der ersten Punktquelle (Q1) zwischen 95 mm und 145 mm beträgt und dass der Abstand (17) zwischen dem Ursprungspunkt (U) und der zweiten Punktquelle (Q2) zwischen 50 mm und 90 mm beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehkörper (3) eine Kugel, ein Ellipsoid oder ein Torus ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer Konstruktionsebene, die durch die Drehachse (x) und eine Normalachse (y) aufgespannt wird, wobei die Normalachse (y) normal auf die Drehachse (x) steht und durch einen Ursprungspunkt (U) verläuft, der ein Schnittpunkt der Oberfläche des Drehkörpers (3) mit der Drehachse (x) ist, eine Kontur (4) des Gitters (1) festgelegt wird, indem zwischen den Gitterpunkten (6) abschnittsweise gerade Linien angeordnet werden, die an jeweils einen Gitterpunkt (6) direkt anschließen und Facetten (5) des Gitters (1) definieren, wobei die geraden Linien jeweils mit einer in der Konstruktionsebene liegenden Tangente (29) an das Gitter (1) im betrachteten Gitterpunkt (6) einen Winkel θ_B einschließen, der jeweils derart gewählt ist, dass die Blaze-Bedingung für mindestens eine vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B erfüllt ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des jeweiligen Winkels θ_B auch ein

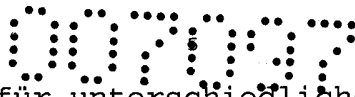


Eintrittsspalt (7) sowie ein Austrittsspalt (8) des Monochromators auf der Drehachse (x) angeordnet werden; dass zu jedem Gitterpunkt (6) das Gitter (1) soweit um eine durch einen Gittermittelpunkt (18) verlaufende Gitterdrehachse (z) um einen Verdrehwinkel Δ gedreht wird, bis für Lichtstrahlen (20, 21), die vom gedrehten Gitter (1) zum Austrittsspalt (8) abgelenkt werden, die vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B erzielt wird; dass eine Winkelhalbierende zwischen Lichtstrahlen, die vom Eintrittsspalt (7) auf das Gitter (1) fallen, und den vom Gitter (1) zum Austrittsspalt (8) abgelenkten Lichtstrahlen bestimmt wird, die normal auf die gerade Linie der Kontur (4) steht, woraus unmittelbar θ_B folgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Gitterpunkt (6) der jeweilige Winkel θ_B korrigiert um den Verdrehwinkel Δ in die Ultrapräzisionsdrehmaschine eingespeist wird, um Bearbeitungswinkel für ein Werkzeug der Ultrapräzisionsdrehmaschine zur Verfügung zu stellen, die ein Drehen der Gitterstruktur mit der Kontur (4) ermöglichen.

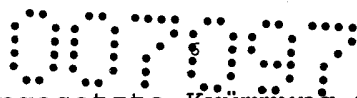
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Festlegung der Kontur (4) des Gitters (1) zwischen zwei Gitterpunkten (6) jeweils mindestens eine weitere gerade Linie anschließend an die jeweilige gerade Linie angeordnet wird, wobei die mindestens eine weitere gerade Linie mit der Tangente (29) einen Winkel θ_B' einschließt, der jeweils derart gewählt ist, dass die Blaze-Bedingung für eine vorgebbare Blaze-Wellenlänge λ_B' erfüllt ist, wobei $\theta_B' \neq \theta_B$ und $\lambda_B' \neq \lambda_B$ gilt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass für verschiedene Facetten (5) die



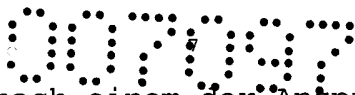
Blaze-Bedingung für unterschiedliche vorgebbare Blaze-Wellenlängen λ_B erfüllt ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** für aufeinander folgende Facetten (5) die Blaze-Bedingung abwechselnd für zwei unterschiedliche vorgebbare Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' erfüllt ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehkörper (3) eine Kugel ist, deren Zentrum, welches auf der Drehachse (x) angeordnet ist, mit dem Eintrittsspalt (7) zusammenfällt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehkörper (3) ein Torus ist, dessen Zentrum, welches auf der Drehachse (x) angeordnet ist, mit dem Eintrittsspalt (7) zusammenfällt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine die Gitterlinien (2) unter Verwendung der eingespeisten Koordinaten direkt in einen Basiskörper (10) des Gitters, der zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers aufweist, (3) gedreht werden, um das Gitter (1) zu erzeugen, wobei hierbei eine Außenfläche (11) des Basiskörpers (10) bearbeitet wird, die dieselbe Krümmung wie das herzustellende Gitter (1) aufweist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Ultrapräzisionsdrehmaschine Negative der Gitterlinien (2) unter Verwendung der eingespeisten Koordinaten direkt in einen Basiskörper einer Gussform gedreht werden, wobei der Basiskörper der Gussform zumindest abschnittsweise die Form des Drehkörpers (3) aufweist und wobei hierbei eine Außenfläche des Basiskörpers der Gussform bearbeitet wird,



die eine entgegengesetzte Krümmung wie das herzustellende Gitter (1) aufweist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gitterlinien (2) bzw. deren Negative einzeln nacheinander oder als durchgehende Spirale gedreht werden.
20. Gitter (1) für einen Monochromator umfassend einen Basiskörper (10), der zumindest abschnittsweise die Form eines Drehkörpers (3) mit einer Drehachse (x) und einer gekrümmten, vorzugsweise konkaven Außenfläche (11) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** direkt in der gekrümmten Außenfläche (11) des Basiskörpers (10) Gitterlinien (2) angeordnet sind, die um die Drehachse (x) zentrierten Kreisen oder einer um die Drehachse (x) verlaufenden Spirale entsprechen.
21. Gitter (1) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis von einem maximalen Radius (23) des Drehkörpers (3) zu einer maximalen Länge der Gitterlinien (2) kleiner als 9:1, vorzugsweise kleiner als 7:1, bevorzugt kleiner als 5:1, besonders bevorzugt kleiner als 3:1 ist.
22. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper (10) zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche (11) aus Kunststoff oder Glas besteht.
23. Gitter (1) nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Basiskörper (10) zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche (11) mit den Gitterlinien (2) im Spritzgussverfahren hergestellt ist.
24. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gitter (1) ein Transmissionsgitter ist.



25. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass der Basiskörper (10)
zumindest im Bereich der gekrümmten Außenfläche (11) aus
Quarz oder Metall, insbesondere aus Aluminium oder einer
5 Aluminiumlegierung besteht.
26. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, dass der Drehkörper (3) eine Kugel
oder ein Torus ist.
27. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 26,
10 **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Gitter (1) um
ein Blaze-Gitter handelt, welches für mindestens eine
Blaze-Wellenlänge λ_B optimiert ist.
28. Gitter (1) nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet,**
dass es sich bei dem Gitter (1) um ein Blaze-Gitter
15 handelt, welches für mindestens zwei unterschiedliche
Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' optimiert ist.
29. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass das Gitter (1) mit einem
Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19 hergestellt
20 ist.
30. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 29,
dadurch gekennzeichnet, dass eine reflektierende Schicht
(35), vorzugsweise aus Metall, am oder im Basiskörper (10)
vorgesehen ist.
- 25 31. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 30,
dadurch gekennzeichnet, dass ein optisches Element direkt
mit der gekrümmten Außenfläche (11) des Basiskörpers (10)
verbunden ist.
32. Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 31,
30 **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand der Gitterlinien



(2) zueinander in unterschiedlichen Bereichen des Gitters
(1) unterschiedlich groß ist.

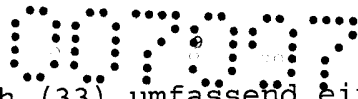
33. Kombinationsgitter (12) umfassend ein Gitter (1) und
ein weiteres Gitter (13), jeweils nach einem der Ansprüche
5 20 bis 32, wobei das Gitter (1) und das weitere Gitter
(13) denselben Basiskörper (10) aufweisen, wobei der
Basiskörper (10) abschnittsweise die Form eines
Drehkörpers (14) mit einer gekrümmten, vorzugsweise
konkaven Außenfläche (15) des weiteren Gitters (13)
10 aufweist und wobei die gekrümmten Außenflächen (11, 15)
auf einander gegenüberliegenden Seiten des Basiskörpers
(10) angeordnet sind.

34. Kombinationsgitter (12) nach Anspruch 33, **dadurch**
gekennzeichnet, dass das Gitter (1) einen
15 Gittermittelpunkt (18) aufweist, dass das weitere Gitter
(13) einen Gittermittelpunkt (19) aufweist und dass das
Gitter (1) im Bereich seines Gittermittelpunkts (18) eine
Gitterkonstante (d) aufweist, die sich von einer
Gitterkonstante unterscheidet, die das weitere Gitter (13)
20 im Bereich seines Gittermittelpunkts (19) aufweist.

35. Kombinationsgitter (12) nach einem der Ansprüche 33
bis 34 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gitter (1) und das
weitere Gitter (13) Blaze-Gitter sind, die für
unterschiedliche Blaze-Wellenlängen λ_B , λ_B' optimiert
25 sind.

36. Monochromator (24) umfassend ein Gitter (1) nach
einem der Ansprüche 20 bis 32 oder ein Kombinationsgitter
(12) nach einem der Ansprüche 33 bis 35.

37. Monochromator nach Anspruch 36, **dadurch**
30 **gekennzeichnet, dass** es sich um einen Doppel-Monochromator
oder um einen Dreifach-Monochromator handelt.



38. Spektrograph (33) umfassend ein Gitter (1) nach einem der Ansprüche 20 bis 32 oder ein Kombinationsgitter (12) nach einem der Ansprüche 33 bis 35.