



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

205 546

Int.Cl.³

3(51) G 02 B 27/17

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 02 B/ 2390 126

(22) 15.04.82

(44) 28.12.83

(71) siehe (72)

(72) SCHIELICKE, REINHARD: DO.

(73) siehe (72)

(74) FRIEDRICH-SCHILLER- UNIVERSITÄT JENA BFNS 6900 JENA AUGUST-BEBEL-STR. 4

(54) POSITIONSDETektor FÜR SCHWACHE, PUNKTFÖRMIGE LICHTQUELLEN

(57) Die Erfindung betrifft einen Positionsdetektor für schwache Punktlichtquellen, der zur Ausrichtung optischer Systeme auf derartige Lichtquellen einerseits oder zur Positionierung der Quellen hinsichtlich der optischen Systeme eingesetzt werden kann. Seine Aufgabe ist neben der Vermeidung aufwendiger Empfänger die exakte Positionierung und die Möglichkeit der Messung des Strahlungsstromes der Quelle. Der erfindungsgemäße Positionsdetektor enthält eine an sich bekannte parallele Platte, die durch Rotation um eine Achse parallel zur optischen das Licht auf eine Kreisbahn ablenkt. Weiterhin ist zur Modulation des Lichtes eine Blende mit 4 Ecken vorgesehen, deren Kanten gerade sein und aufeinander senkrecht stehen können und deren Kantenmittelpunkte innerhalb und deren Ecken außerhalb der Kreisbahn liegen. Ein Photonen-zähler dient zur Messung des durch die Blende gelangenden Strahlungsstromes zeitlich nacheinander in vier Sektoren.

Titel

Positionsdetektor für schwache, punktförmige Lichtquellen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Der Positionsdetektor kann überall da eingesetzt werden, wo optische Systeme oder Elemente optischer Systeme mit hoher Genauigkeit (ca. 0,2") relativ zu schwachen, punktförmigen optischen Strahlungsquellen ($\Phi \geq 10^{-11}$ lm entsprechend 9. Größenklasse bei Sternen und bei 20 cm Teleskopöffnung) ausgerichtet werden müssen, oder wo Strahlungsquellen relativ zu optischen Systemen zu positionieren sind bei gleichzeitiger Möglichkeit der Messung des von der Quelle emittierten Lichtstromes.

Daraus folgt die Anwendungsmöglichkeit auf dem Gebiet der astronomischen Beobachtungstechnik zur automatischen Nachführregelung von optischen Teleskopen. Die Meßeinrichtung kann an einem Leitrohr oder in den Fokalebene der verschiedenen optischen Teleskopsysteme eingesetzt werden. Die Anordnung ist auch anwendbar bei der Justierung optischer Systeme und zur Zielverfolgung bei hinreichend langsamer Bewegung des Zielpunktes.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Technische Lösungen sind bekannt. Sie lassen sich nach der Art des verwendeten lichtelektrischen Empfängers in zwei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe basiert auf dem Einsatz relativ teurer optischer Bildaufnehmer (Image Dissector,

elektronographische Empfänger, Digicon, Si-, SIT- und SEC-Vidicon, CCD-Arrays mit mehrstufigen Bildverstärkern), bei der zweiten Gruppe dienen herkömmliche, billige Sekundärelektronenvervielfacher als Aufnehmer. Gegen die Anordnung nach der Photometermethode spricht die geringe Lichtstromausnutzung, gegen die nach der Wechselstrom- und der Frequenzmethode der rotierende Bezugspunkt, wodurch die Nachführgenauigkeit eingeschränkt wird; bei allen drei letztgenannten existiert darüber hinaus ein Indifferenzbereich um die Sollage, d. h. gerade dort, wo höchste Meßgenauigkeit gefordert wird, sind die Meßfehler am größten.

Unter den Sensoren, die mit nur einem SEV arbeiten, stellt der Detektor nach der Zeitmeßmethode unter technischen und materialökonomischen Gesichtspunkten die günstigste Lösung dar. Allerdings konnte aus eigenen Messungen mit einer solchen Anordnung nur die geringe Reichweite bis zu Sternen der 5. Größenklasse abgeleitet werden, die durch die fehlende Integrationsmöglichkeit über die äußerst geringen Strahlungsströme bedingt ist.

Quellen:

Kühne, C.: Über den Tridrantensensor. Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft Nr. 30. Hamburg, 1971, Seite 109 bis 121.

Jelley, J. V.: Autoguiders and Acquisition Systems for Optical Telescopes. Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society 21, 1980, p. 14 - 31.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Vermeidung der Nachteile der bekannten technischen Lösungen, z. B. die Notwendigkeit des Vorhandenseins teurer lichtelektrischer Wandler, der störende Indifferenzbereich um die Sollage und der rotierende Bezugspunkt der Meßeinrichtung.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Positionsdetektor für schwache, punktförmige Strahlungsquellen zum Zweck der automatischen Positionierung optischer Systeme bei gleichzeitiger Möglichkeit der Messung des Strahlungsstroms der Quelle zu schaffen, der mit nur einem handelsüblichen SEV als lichtelektrischem Wandler ausgerüstet ist, keinen Indifferenzbereich aufweist, dessen Mittelpunkt nicht rotiert, und der eine Meßgenauigkeit bei der Positionsbestimmung von mindestens 0,2" und eine Grenreichweite von mindestens 10^{-11} lm (Stern 9. Größe bei 20 cm Objektivöffnung) aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Positionsdetektor gelöst, der erfindungsgemäß eine an sich bekannte, zur Lichtablenkung auf eine Kreisbahn vorgesehene, um eine Achse parallel zur optischen Achse rotierende und zu dieser geneigte planparallele Platte, eine zur Modulation des Lichts vorgesehene Blende mit vier Ecken, deren Kanten gerade sein und senkrecht aufeinander stehen können, und deren Kantenmittelpunkte im Inneren, deren Ecken außerhalb der Kreisbahn liegen, und einen photonenzählenden lichtoptischen Aufnehmer zur Messung des durch die Blende gelangenden Strahlungsstroms zeitlich nacheinander in vier Sektoren, die auch unterteilt sein können, enthält.

Durch die vorliegende Erfindung wird das Zeitmeßverfahren so modifiziert, daß die Integration über im weitesten Sinne beliebige Zeiten möglich ist.

Das wird erreicht durch eine an sich bekannte planparallele Platte, die so gelagert ist, daß sie um eine Achse parallel zur optischen Achse, zu der sie geneigt angeordnet ist, rotieren kann. Die Anordnung befindet sich zwischen Objektiv oder Spiegel als Eintrittspupille des optischen Systems einerseits und dessen Fokalebene andererseits, zweckmäßigerweise in der Nähe der Fokalebene. Das Bild der Strahlungsquelle beschreibt bei Rotation der Planplatte einen

Kreis in der Fokalebene, dort befindet sich eine Blende mit vier Ecken, deren Kanten gerade sein und senkrecht aufeinander stehen können, und deren Kantenmittelpunkte im Inneren, deren Ecken außerhalb der Kreisbahn liegen, die den beschriebenen Kreis teilweise abdeckt und das Licht moduliert auf den optischen Aufnehmer gelangen läßt. Die von den einfallenden Photonen ausgelösten Impulse werden nach Verstärkung von einem Zähler in Abhängigkeit von dem jeweils durchlaufenen Sektor, der durch eine Synchronisier- und Takteinrichtung, zum Beispiel eine Lichtschranke, bestimmt wird, gezählt. Die Zählergebnisse werden nach dem Durchlaufen eines jeden Sektors von einem Rechner übernommen und sektorenweise akkumuliert. Befindet sich die Quelle in Sollage, so ergeben sich als Differenzen gegenüberliegender Summen jeweils benachbarter Quadranten in beiden Koordinaten Null. Bei Ablagen von der Sollage ergeben sich von Null verschiedene, von der Größe der Ablage abhängige Werte. Nach Ablauf der Integrationszeit, wenn der Meß- und Akkumulationszyklus abgeschlossen ist, wird die Größe der Ablage unter Berücksichtigung der Sensorcharakteristik, der Zählergebnisse in den vier Quadranten, der Integrationszeit und der Helligkeit der Strahlungsquelle errechnet.

Die Meßgenauigkeit der Anordnung ist bei gleicher Integrationszeit und gleicher Helligkeit der Quelle von der Größe des beschriebenen Kreises und von Form und Größe der Blende abhängig.

Die Sensorcharakteristik kann durch die Funktion $D = f(a)$ mit D : Differenz in Winkelgrad und a : Ablage der punktförmigen Lichtquelle in μm dargestellt werden.

Für eine bekannte Sektorenblende nach Fig. 2 d ergibt sich

$$D = 4 \cdot \arcsin \frac{a}{r}$$

mit r : Kreisradius in μm ,

für die errundungsgemäße Blende nach Fig. 2 a erhält man

$$D = 2 \cdot \left(\arccos \frac{b-a}{r} - \arccos \frac{b+a}{r} \right) \quad \text{für } |a| \leq r - b$$

und

$$D = 2 \cdot \arccos \frac{b-a}{r} \quad \text{für } r-b < |a| \leq b-r \cdot \sin 22,5^\circ,$$

$$\text{mit } b = r \cdot \cos 22,5^\circ$$

und b : halbe Kantenlänge der quadratischen Blende in μm .
 Unter der Annahme, daß $b = r \cdot \cos 22,5^\circ$ ist - in Sollage wird die Kreisbahn abwechselnd über 45° verdeckt bzw. nicht verdeckt - ergibt sich bei $|a| \leq r-b$ für die quadratische Blende ein mindestens um den Faktor 2,6 größerer Anstieg der Sensorcharakteristik als bei der Sektorenblende, worin der wesentliche Vorteil dieser Blendenform begründet ist. Für die rechnerische Auswertung der Zählergebnisse muß die Umkehrfunktion oder an ihrer Stelle eine Approximation der Sensorcharakteristik $a = f(D)$ verwendet werden.

Für die Berechnung von D gilt die Beziehung

$$D = \frac{360 \cdot n}{T \cdot N} \cdot d$$

mit n : Drehzahl der Planplatte in $1/s$,

d : tatsächlich ermittelte Differenz der Zählergebnisse,

T : Mes- (Integrations-) zeit und

N : ermittelte Anzahl von Photonen pro s von der Quelle.

N erhält man in einfacher Weise, wenn jeder der vier Quadranten in weitere Sektoren so unterteilt wird, daß in bestimmten Sektoren immer die Strahlungsquelle plus Hintergrund, in anderen immer nur der Hintergrund gemessen wird, woraus sich dann die Differenz N ergibt. Damit ist die erfindungsgemäße Messung des Strahlungsstroms der Quelle realisiert.

Für astronomische Zwecke kann aus N die Sternhelligkeit nach der bekannten Formel

$$m = m_0 - 2,5 \cdot \lg N$$

mit m_0 als experimentell zu bestimmendem Nullpunkt berechnet werden.

Andere als quadratische erfindungsgemäße Blenden können eingesetzt werden, um unterschiedliche Sensorcharakteristi-

ka in beiden Koordinaten (bei Rechteckform) oder von der Ablage in einer Koordinate abhängige Charakteristika (Fig. 2 b) festzulegen bzw. andere Formen der Sensorcharakteristik, etwa mit dem Ziel der Linearisierung (Fig. 2 c), zu erreichen.

Ausführungsbeispiel

Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Anwendung der Meßeinrichtung an einem Leitfernrohr mit einem Objektivdurchmesser von 200 mm und einer Brennweite von 3000 mm, woraus für die Brennebene $1'' = 14,54 \mu\text{m}$ folgt.

Die planparallele Platte 4 wurde als schräger Kreiszylinder aus einem Quarzglasstab mit 5 mm Durchmesser angefertigt, sie ist in der hohl ausgeführten Achse eines Spaltpolmotors 3 mit einer Drehzahl $n = 50/\text{s}$ angeordnet. Durch die geringe Masse ergeben sich bei dieser Ausführung dynamische Auflagerkräfte von wenigen $10 \mu\text{N}$, die zu Schwingungen führen, welche allein gegenüber den durch die netzgespeiste Erregerspule des Motors erzeugten Schwingungen vernachlässigt werden können.

Mit der Motorachse ist außerdem eine kreisförmige Scheibe 1 fest verbunden, auf deren Umfang Schlitze zur Ableitung von Takt- und Synchronisationsimpulsen mit Hilfe einer Lichtschranke 2 angeordnet sind.

Bei der Drehung der Planplatte wird in der Brennebene des Objektivs, in der sich die Blende 5 befindet, vom Bild eines Fixsterns ein Kreis mit dem Radius $r = 1340 \mu\text{m}$ beschrieben. Die verwendete quadratische Blende hat eine Seitenlänge von $2 \cdot b = 2 \cdot r \cdot \cos 22,5^\circ = 2476 \mu\text{m}$.

Der durch sie hindurchtretende Strahlungsstrom fällt auf die Katode eines im Photonenzählmodus arbeitenden Sekundärelektronenvervielfachers 6.

Am blendenseitigen Ende der Motorachse ist diese mit einer undurchsichtigen Platte abgedeckt, die eine Bohrung von 1,5 mm Durchmesser, das entspricht $100''$, enthält, deren

Mittelpunkt um den Betrag r exzentrisch in Richtung der Strahlversetzung durch die Planplatte angeordnet ist. Damit wird ohne Einschränkung des Fangbereichs die Hintergrundhelligkeit auf $1/8$ des durch die offene Blende festgelegten Wertes reduziert.

Zur Ermittlung der Ablagen in beiden Koordinaten werden die Gleichungen

$$D_r = \frac{8,195}{T \cdot N} \cdot d$$

$$\text{und } 1 = 6,9 \cdot D_r - D_r^3 \quad \text{für } |D_r| \leq 1,46$$

$$\text{bzw. } 1 = 0,97 \cdot D_r^3 + 8,5 \cdot D_r - 12,4/D_r$$

$$\text{für } 1,46 < |D_r| \leq 3,07$$

mit 1: Ablage in Bogensekunden und

$D_r = D/44$: reduzierte Differenz, benutzt.

Die Umkehrfunktionen der Sensorcharakteristik wurden durch Polynome angenähert, um die mehrfache Berechnung von Winkelfunktionswerten zu umgehen.

Aus systematischen Messungen an Sternen mit Integrationszeiten $T = 10$ s wurde eine Reichweite bis zur Größenklasse 9,5 abgeleitet. Der Meßfehler bei der Positionsbestimmung liegt bei $0,15''$ und die photometrische Genauigkeit beträgt 7% bezogen auf den gemessenen Strahlungsstrom, das entspricht etwa $0,07$ Größenklassen. Der Fangbereich des realisierten Sensors beträgt $\pm 50''$. Zur Berechnung zenitbezogener Sternhelligkeiten wurde der Nullpunkt der Helligkeitsskala zu $m_0 = 13,45$ ermittelt.

Damit werden die in der Aufgabenstellung genannten Parameter mit Sicherheit eingehalten.

Erfindungsanspruch

Positionsdetektor für schwache, punktförmige Lichtquellen zum Zweck der automatischen Positionierung optischer Systeme, insbesondere astronomischer Teleskope, und der Messung des von der Quelle emittierten Strahlungsstromes, gekennzeichnet durch
eine an sich bekannte, zur Lichtablenkung auf eine Kreisbahn vorgesehene, um eine Achse parallel zur optischen Achse rotierende und zu dieser geneigte planparallele Platte,
eine zur Modulation des Lichts vorgesehene Blende mit vier Ecken, deren Kanten gerade sein und senkrecht aufeinander stehen können, und deren Kantenmittelpunkte im Inneren, deren Ecken außerhalb der Kreisbahn liegen, und
einen photonenzählenden lichtoptischen Aufnehmer zur Messung des durch die Blende gelangenden Strahlungsstromes zeitlich nacheinander in vier Sektoren, die auch unterteilt sein können.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

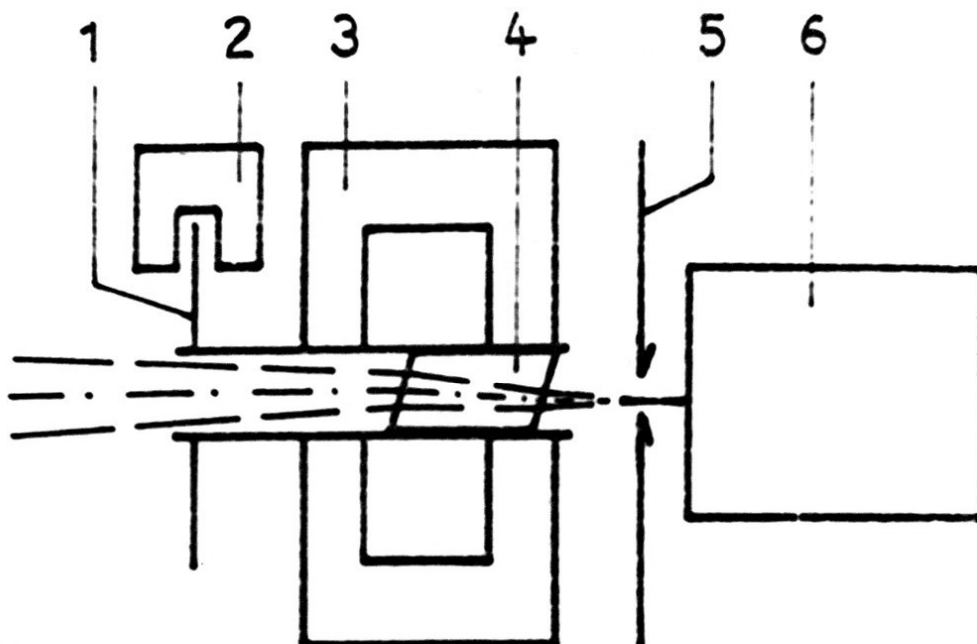
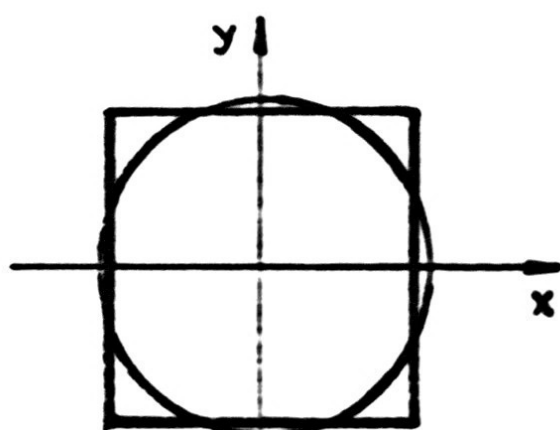
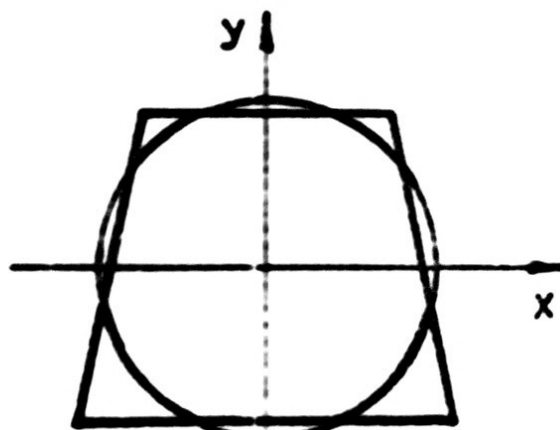


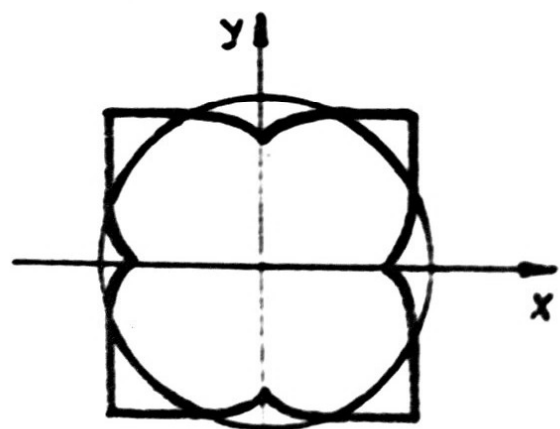
Fig. 1



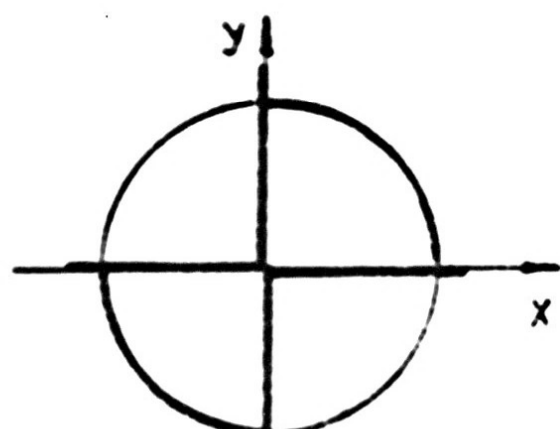
a



b



c



d

Fig. 2



**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK**

Betriebsnummer 9018510 2

Beschluß

Für die unter der Aktennummer **23 9 0 1 2 / 6**

registrierte Erfindung wird hiermit ein Patent gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz vom 31. Juli 1963 (GBl. I S. 121) erteilt.

Die Fassung der als Anlage beigefügten Patentschrift ist Bestandteil dieses Beschlusses.

Ausgefertigt


Registerführer

