

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. August 2004 (19.08.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/070329 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01J 3/02**

07751 Jenapriessnitz (DE). **CORRENS, Nico** [DE/DE];
Malerstieg 2, 99425 Weimar (DE). **TUMPACH, Gregor**
[DE/DE]; Magnus-Poser-Str. 10, 07749 Jena (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/014588

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Dezember 2003 (19.12.2003)

(74) **Gemeinsamer Vertreter: KINTZEL, Klaus, Peter;** c/o
Carl Zeiss Jena GmbH, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745
Jena (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**
103 04 312.8 4. Februar 2003 (04.02.2003) DE

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): CARL ZEISS JENA GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-
Promenade 10, 07745 Jena (DE).

Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): KERSTAN, Felix**
[DE/DE]; Klara-Griefahn-Str. 16, 07747 Jena (DE).
KLARNER, Ullrich [DE/DE]; Von-Fallersleben-Weg 14,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** COMPACT SPECTROMETER

(54) **Bezeichnung:** KOMPAKT-SPEKTROMETER

(57) **Abstract:** The invention relates to a spectrometer, whose electric and optical components are assembled in a compact construction. The small number of individual parts require minimum assembly and adjustment. The compact spectrometer consists of an entry slit, an imaging grating, one or more detector elements arranged in rows or in a matrix and elements of a control and evaluation unit. The detector elements and the entry slit are positioned on a common support, on whose free surfaces the elements of the control and evaluation unit are arranged. The entry slit, detector elements and the spherical imaging grating that is integrated into the spectrometer housing are positioned symmetrically in relation to an imaginary central axis of the support. As a result of its compact construction and minimal adjustment and assembly requirements during production, the inventive spectrometer can be used for applications ranging from routine laboratory analysis to specific tasks in process engineering and metrology and quality control in the production process.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Spektrometer, bei dem die elektrischen und optischen Komponenten in einer kompakten Bauform mit einander verbunden sind. Durch eine geringe Anzahl von Einzelteilen wird ein minimaler Montage- und Justieraufwand erreicht. Das Kompakt-Spektrometer besteht aus einem Eintrittsspalt, einem abbildenden Gitter, ein oder mehreren zeilenoder matrixförmig angeordneten Detektorelementen und Elementen einer Ansteuer- und Auswerteeinheit. Die Detektorelemente und der Eintrittsspalt befinden sich auf einem gemeinsamen Träger, auf dessen freien Flächen die Elemente der Ansteuer- und Auswerteeinheit angeordnet sind. Sowohl der Eintrittsspalt und die Detektorelemente, als auch das im Spektromet-
ergehäuse eingelassene abbildende sphärische Gitter sind symmetrisch zu einer gedachten Mittelachse des Trägers angeordnet. Das erfinderische Spektrometer findet aufgrund seiner kompakten Baugröße und des minimierten Justier- und Montageaufwandes zu dessen Fertigung, Anwendung von der Routineanalytik im Labor bis hin zu speziellen Aufgaben in der Prozess-Messtechnik und der Qualitätsüberwachung im Fertigungsprozess.

WO 2004/070329 A2

Kompakt-Spektrometer

Die vorliegende Erfindung betrifft ein kompaktes Spektrometer, bei dem die elektrischen und optischen Komponenten dauerhaft mit einander verbunden sind. Durch eine geringe Anzahl von Einzelteilen wird ein minimaler Montage- und Justieraufwand erreicht.

Nach dem bekannten Stand der Technik werden Spektrometersysteme oft in miniaturisierter Ausführung benötigt, um eine breite Anwendung gewährleisten zu können. Durch die Kombination leistungsfähiger Digitalelektronik mit den optischen Komponenten und die Verwendung flexibler Lichtleitfasern sind Spektrometer entstanden, deren Anwendungsgebiete von der Routineanalytik im Labor bis hin zu speziellen Aufgaben in der Prozess-Messtechnik und der Qualitätsüberwachung im Fertigungsprozess reichen. Dementsprechend sind im Stand der Technik zahlreiche spektrometrische Systeme für verschiedenste Anwendungen bekannt.

Eine Anordnung zur Messung optischer Spektren wird in der DE 198 36 595 beschrieben. Bei diesen Spektrometern sind die optischen und elektronischen Bauelemente übereinander in Sandwich-Bauweise angeordnet und dauerhaft miteinander verbunden. Aufgrund dieser Bauweise sind diese Spektrometer sehr kompakt und robust. Der Aufwand für die Justierung der optischen Bauelemente, insbesondere von Reflexionsgitter und Spiegel scheint jedoch erheblich zu sein.

Das in EP 1 041 372 beschriebene Spektrometer verfügt über Hilfsmittel zur einfacheren Verbindung der einzelnen optischen Komponenten, um den Justieraufwand des optischen Systems, der ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Fertigung derartiger Spektrometer ist, zu verringern.

30

Konzentrische Spektrometer werden in den Patentschriften US 6,181,418 und US 5,995,221 beschrieben. Durch die konzentrische Form der Gehäuse- und anderen Bauteile können thermisch bedingte Ausdehnungen und Spannungen gut beherrscht werden. Mit den vorgeschlagenen Lösungen werden Streulicht und Reflexionsspektren, die die Empfindlichkeit und die Messgenauigkeit der Spektrometer wesentlich beeinflussen, verringert. Auch bei dieser Lösung ist der Justieraufwand durch die Vielzahl der Einzelteile erheblich.

Bei der in der DE 196 09 916 beschriebenen Lösung wird ein miniaturisiertes kompaktes Spektrometersystem zur Kunststofferkennung und deren Trennung in der Recyclingindustrie eingesetzt. Dabei werden aus Kostengründen statt der kompletten Detektorzeilen eine kleine Anzahl von nicht gleichabständigen Detektoren an den Stellen des erzeugten Spektrums angebracht, die für eine Erkennung und Unterscheidung der Stoffsorte ausreichend sind. Dadurch wird zwar die Zeit zum Auslesen und Auswerten reduziert, der Justier- und Montageaufwand wird durch die einzelnen Detektoren noch größer.

In der Gebrauchsmuster-Anmeldung DE 299 06 678 wird ein Kleinspektrometer zur Bestimmung des Zustandes von Oberflächen von Fahrbahnen und/oder Fahrzeugen beschrieben. Dabei sind die Gehäuseteile so gefertigt, dass sie Aussparungen, Nuten und Zapfen aufweisen, so dass die anderen Bauteile auf einfache Weise in die vordefinierte Lage gebracht werden können. Es ist somit nur noch ein geringerer Aufwand für die Feinjustierung erforderlich.

Die genannten Spektrometer-Anordnungen haben jedoch den Nachteil, dass selbst bei einer optimierten Fertigung, die nur noch eine Feinjustierung der optischen Bauelemente erfordert, der Montage- und Justieraufwand durch die Anzahl der zu justierenden Elemente zu groß wird. Eine kostengünstige und effektive Massenfertigung ist dadurch kaum möglich.

30

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine spektrometrische Anordnung zu entwickeln, die in ihren Ausmaßen kompakt ist und bei der der erforderliche Justier- und Montageaufwand minimiert wird.

- 5 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Das erfinderische Spektrometer findet aufgrund seiner kompakten Baugröße
10 und des minimierten Justier- und Montageaufwandes zu dessen Fertigung, Anwendung von der Routineanalytik im Labor bis hin zu speziellen Aufgaben in der Prozess-Messtechnik und der Qualitätsüberwachung im Fertigungsprozess.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels
15 beschrieben. Dazu zeigen

Figur 1: eine Schnittdarstellung des Spektrometers,

Figur 2: eine Draufsicht des Trägers,

20

Figur 3: eine Seitenansicht des Spektrometers und

Figur 4: eine Draufsicht des Spektrometers.

25 Das in **Figur 1** in einer Schnittdarstellung dargestellte Kompakt-Spektrometer besteht aus einem Eintrittsspalt **1**, einem abbildenden Gitter **2**, ein oder mehreren zeilen- oder matrixförmig angeordneten Detektorelementen **3** und Elementen einer Ansteuer- und Auswerteeinheit **4**. Die Detektorelemente **3** und der Eintrittsspalt **1** sind auf einem gemeinsamen Träger **5**, vorzugsweise einer
30 Leiterplatte aus Keramik, angeordnet, wobei der Eintrittsspalt **1** als rechteckige Öffnung ausgeführt ist. Auf den freien Flächen des Trägers **5** können zusätzlich Elemente der Ansteuer- und Auswerteeinheit **4**, sowohl innerhalb als auch

außerhalb des Spektrometergehäuse **6** angeordnet sein. Die Detektorelemente **3**, der Eintrittsspalt **1** und die zusätzlichen Elemente der Ansteuer- und Auswerteeinheit **4** sind im Leiteplattenherstellprozess mit relativ geringem Aufwand in genauer gegenseitiger Positionierung ohne größeren Aufwand
5 fertigbar.

Das über eine sphärische Form verfügende abbildende Gitter **2** ist im Spektrometergehäuse **6** angeordnet. Beide Elemente bestehen dabei aus Materialien mit möglichst gleich hohem Ausdehnungskoeffizienten. Die
10 Befestigung des abbildenden Gitters **2** am Spektrometergehäuse **6** erfolgt dabei durch Federelemente oder durch Kleben bzw. Schweißen. Es ist aber auch möglich, dass das Spektrometergehäuse **6** und das abbildende Gitter **2** als ein Spritzgussteil gefertigt wird.

15 Zum passgenauen und sicheren Zusammenfügen weisen der Träger **5** und das Spektrometergehäuse **6** die erforderlichen Hilfsmittel auf, wobei diese Hilfsmittel mindestens ein Fest- und ein Loslager darstellen. Das Spektrometergehäuse **6** verfügt dazu über entsprechende Zapfen **7** und der Träger **5** über die erforderlichen Bohrungen **8** und **9**. Die Bohrung **9**, die das
20 Loslager darstellt, ist dabei als Langloch ausgeführt. Die durch den Träger **5** ragenden Zapfen **7** können an dessen Unterseite verbreitert sein, so dass ein fester Sitz gewährleistet wird (entsprechend **Figur 1**).

In einer weiteren Ausgestaltungsvariante können der Träger **5** und das
25 Spektrometergehäuse **6** nach dem passgenauen Zusammenfügen auch miteinander verklebt oder verschweißt werden.

Figur 3 zeigt die Seitenansicht des Kompakt-Spektrometers bei dem das Spektrometergehäuse **6** und der Träger **5** mittels eines oder mehrerer
30 Federelemente **10** verbunden sind, um eine kraftschlüssige Verbindung zu gewährleisten. Dazu kann das Spektrometergehäuse **6** an dessen Oberseite über entsprechende Kerben verfügen, in die die Federelemente **10** einrasten.

Die Draufsicht eines derart gehaltenen Spektrometergehäuse **6** wird in der **Figur 4** dargestellt.

5 Sowohl die sich auf dem Träger **5** befindenden Detektorelemente **3** und der Eintrittsspalt **1**, als auch das abbildende Gitter **2** im Spektrometergehäuse **6** sind, wie in **Figur 2** dargestellt, symmetrisch zu einer gedachten Mittelachse **11** des Trägers **5** angeordnet. Damit bleiben diese auch bei einer Ausdehnung infolge einer thermischen Belastung zueinander justiert.

10 In einer weiteren Ausgestaltung verfügt die Anordnung an der Unterseite des Trägers **5** über eine oder mehrere Lichtquellen zur Beleuchtung des Testobjektes. Die als Eintrittsspalt **1** dienende Öffnung im Träger **5** kann über eine zusätzliche Optik zum Bündeln des vom Testobjekt kommenden Lichtes und/oder eine Halterung zum Befestigen eines Lichtleiterkabels verfügen.

15 Das Spektrometergehäuse **6** wird vorzugsweise in Spritzgusstechnik hergestellt. Das Spritzgusswerkzeug besteht dabei aus einem Innen- und einem Außenteil. Die Einspritzung erfolgt parallel zur Gitterstrichrichtung, wobei die Angüsse auf der unkritischen Außenseite sind, da an die Außenform des Spektrometergehäuses **6** keine besonderen Genauigkeitsanforderungen gestellt werden.

20 Das Spektrometergehäuse **6** wird aus einem lichtabsorbierenden (eingefärbtem) Material gefertigt und kann mit Aluminium oder auch Gold belegt werden, um es vor Feuchtigkeitsaufnahme und damit Quellen zu schützen. Das abbildende Gitter **2** ist in Abhängigkeit vom Wellenlängenbereich mit einer Reflexionsschicht aus Aluminium oder Gold und falls erforderlich mit einer zusätzlichen Schutzschicht zu belegen.

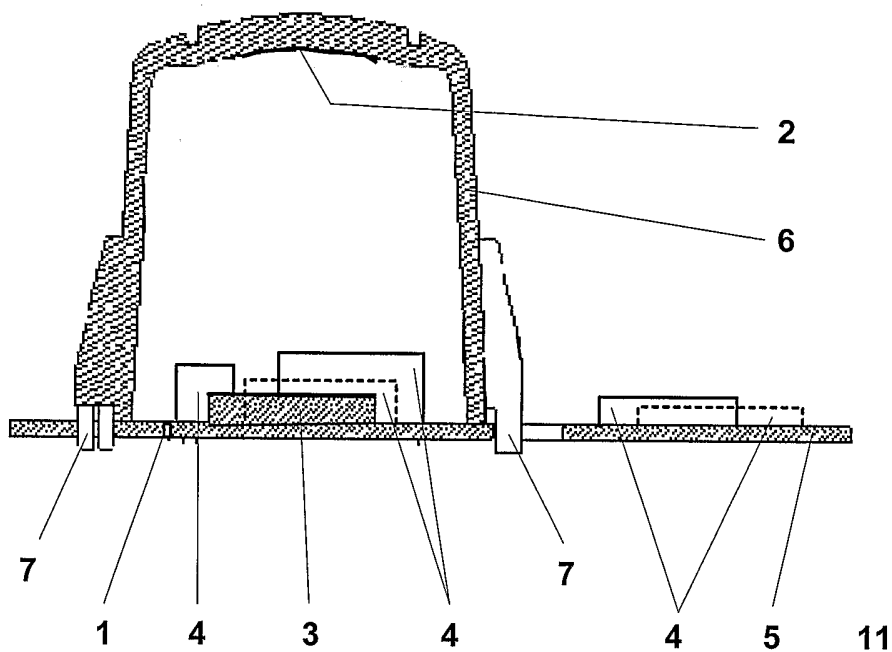
30 Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird ein Spektrometer zur Verfügung gestellt, welches aufgrund seiner kompakten Baugröße und des minimierten Justier- und Montageaufwandes zu dessen Fertigung eine breite Anwendung

finden wird. Das Kompakt-Spektrometer ist für Aufgaben der Routineanalytik im Labor und der Prozess-Messtechnik sowie der Qualitätsüberwachung in Fertigungsprozessen gleichermaßen geeignet.

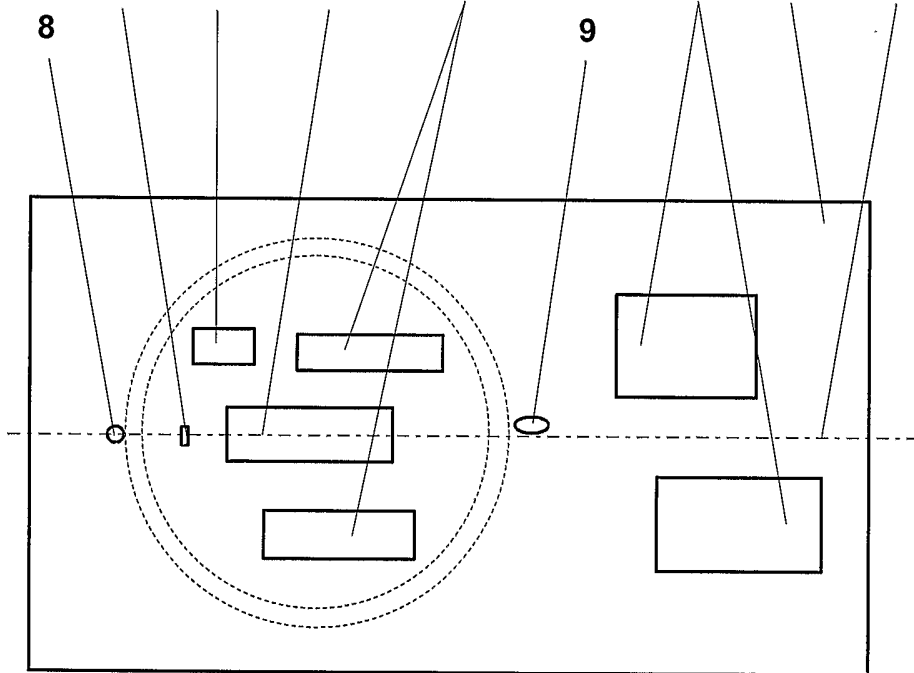
Patentansprüche

1. Kompakt-Spektrometer, bestehend aus einem Eintrittsspalt (1), einem abbildenden Gitter (2), ein oder mehreren zeilen- oder matrixförmig angeordneten Detektorelementen (3) und Elementen einer Ansteuer- und Auswerteeinheit (4), bei dem, sich die Detektorelemente (3) und der Eintrittsspalt (1) auf einem gemeinsamen Träger (5) befinden, der Träger (5) auf den freien Flächen die Elemente der Ansteuer- und Auswerteeinheit (4) enthalten kann, das abbildende Gitter (2) im Spektrometergehäuse (6) angeordnet ist, das Spektrometergehäuse (6) und der Träger (5) über die zum passgenauen und sicheren Zusammenfügen erforderlichen Hilfsmittel verfügen, diese Hilfsmittel mindestens ein Fest- und ein Loslager darstellen und sowohl die Detektorelemente (3) und der Eintrittsspalt (1), als auch das abbildende Gitter (2) im Spektrometergehäuse (6), symmetrisch zu einer gedachten Mittelachse (11) des Trägers (5) angeordnet sind.
2. Kompakt-Spektrometer nach Anspruch 1, bei dem als Träger (5) eine Leiterplatte, vorzugsweise aus Keramik, vorgesehen ist.
3. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem das Spektrometergehäuse (6) und das abbildende Gitter (2) aus Materialien mit möglichst gleich hohem Ausdehnungskoeffizient bestehen, das abbildende Gitter (2) eine sphärische Form aufweist und in das Spektrometergehäuse (6) eingelassen sein kann.
4. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem das Spektrometergehäuse (6) und das abbildende Gitter (2) durch Federelemente, durch Kleben oder durch Schweißen miteinander verbunden sind.

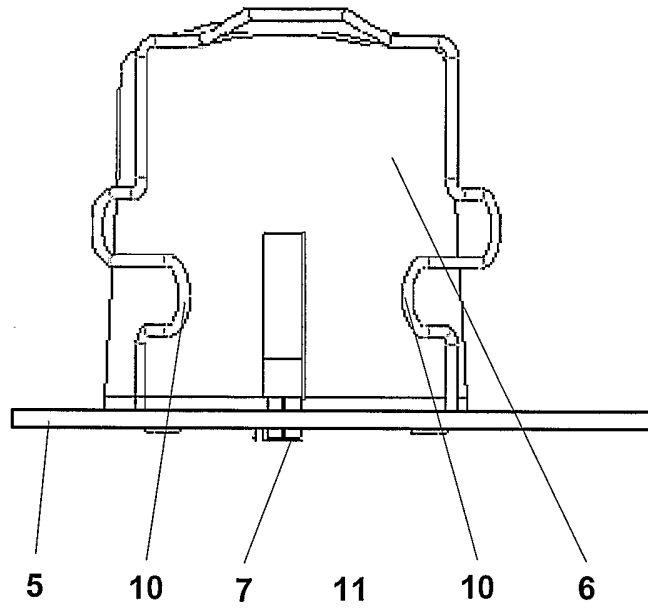
5. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem das Spektrometergehäuse (6) und das abbildende Gitter (2) ein Spritzgussteil ist.
- 5 6. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem das Spektrometergehäuse (6) über entsprechende Zapfen (7) und der Träger (5) über die erforderlichen Bohrungen (8, 9) zum passgenauen und sicheren Zusammenfügen verfügen, eine der Bohrungen (9) als Langloch ausgeführt ist und die durch den Träger (5)
10 ragenden Zapfen (7) an dessen Unterseite verbreitert sind, so dass ein fester Sitz gewährleistet wird.
7. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem das Spektrometergehäuse (6) und der Träger (5)
15 durch ein oder mehrere Federelemente (10) miteinander verbunden sind, um einen fester Sitz zu gewährleisten.
8. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem Spektrometergehäuse (6) und Träger (5) nach dem
20 passgenauen Zusammenfügen miteinander verklebt oder verschweißt werden, um einen fester Sitz zu gewährleisten.
9. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem an der Unterseite des Trägers (5) ein oder mehrere
25 Lichtquellen zur Beleuchtung des Testobjektes befinden.
10. Kompakt-Spektrometer nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, bei dem der Eintrittsspalt (1) über eine zusätzliche Optik zum Bündeln des vom Testobjekt kommenden Lichtes oder eine Halterung
30 zum Befestigen eines Lichtleiterkabels oder beides verfügt.



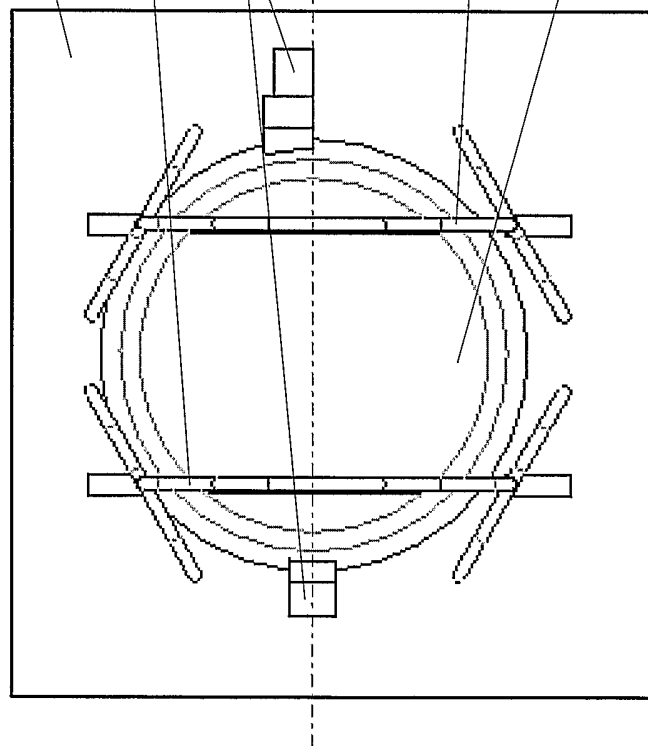
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4