



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2009 Patentblatt 2009/26

(51) Int Cl.:
H01J 1/13 (2006.01) **H01J 23/00** (2006.01)
H01J 23/34 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08169844.1**

(22) Anmeldetag: **25.11.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

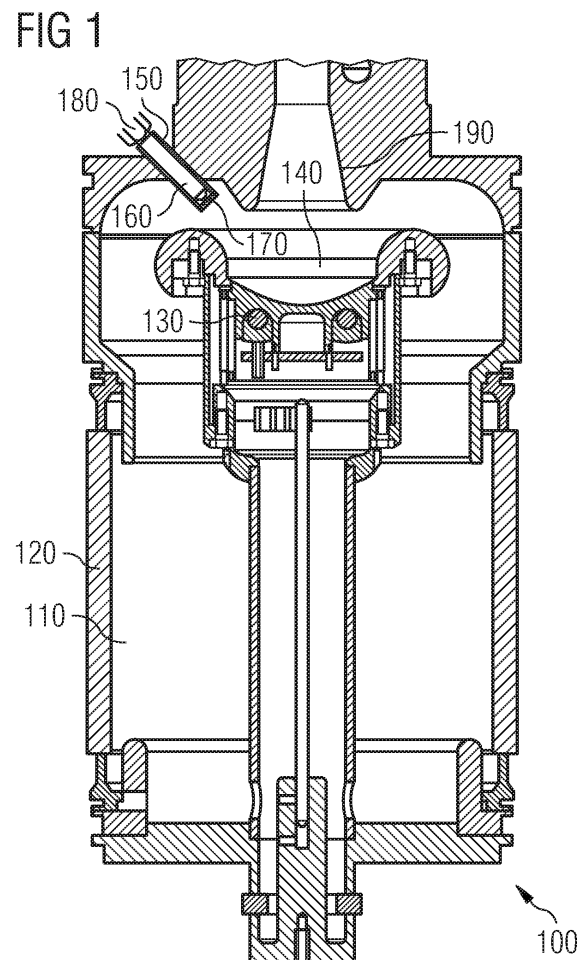
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Heuermann, Oliver**
91334, Hemhofen (DE)

(30) Priorität: **21.12.2007 DE 102007062054**

(54) **Röhre, insbesondere Elektronenröhre**

(57) Die Erfindung betrifft eine verbesserte Röhre (100), insbesondere eine Elektronenröhre, und ein verbessertes System zur Ansteuerung der Elektroden und/oder der Heizung einer Röhre sowie zur Bestimmung der Lebensdauer einer Röhre. Eine erfindungsgemäße Röhre (100) weist einen evakuierten oder gasgefüllten Bereich (110) auf, in welchem eine oder mehrere Elektroden (140, 190) sowie Mittel (150) zur Messung der Temperatur einer der Elektroden (140, 190) angeordnet sind. Der Vorteil der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, daß mit verhältnismäßig geringem Aufwand eine präzise Ermittlung der Elektrodentemperatur einer Röhre (100) erfolgen kann. Dadurch kann zum einen die Lebensdauer der Röhre genauer vorhergesagt werden. Andererseits ist es durch Überwachen der Elektrodentemperatur und entsprechendes Ansteuern der Elektroden und/oder der Elektrodenheizung möglich, die Elektrodentemperatur exakt auf einem gewünschten Wert (Sollwert) zu halten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine verbesserte Röhre, insbesondere eine Elektronenröhre, und ein verbessertes System zur Ansteuerung der Elektroden und/oder der Heizung einer Röhre sowie zur Bestimmung der Lebensdauer einer Röhre.

[0002] Elektronische Röhren, insbesondere Vakuum-Elektronenröhren, haben, wie allgemein bekannt, eine begrenzte Lebensdauer. Ein wichtiger, die Lebensdauer beeinflussende Faktor ist die Emissionsfähigkeit der Kathode. Die Emissionsfähigkeit der Kathode verschlechtert sich im Betrieb einer Röhre mit direkt oder indirekt geheizter Kathode stetig durch Abdampfung des elektronenemittierenden Materials. Diese Verschlechterung kann beispielsweise durch die Heizdrahtabdampfungsrate oder die Bariumabdampfungsrate (Barium Evaporation Rate) ausgedrückt werden.

[0003] Insbesondere für Röhren, die in hochzuverlässigen Systemen (z.B. in medizintechnischen Geräten) eingesetzt werden sollen, ist es von Interesse, das Ende der Lebensdauer präzise vorherzusagen und ggf. auch die Lebensdauer durch gezielte Ansteuerung zu verlängern. Dabei spielt die Bestimmung der Abdampfungsrate eine besondere Rolle, da neben der Verschlechterung der Emissionsfähigkeit der Kathode unerwünschte Sekundäreffekte auftreten, etwa eine durch die Ablagerung des abgedampften Materials verringerte Spannungsfestigkeit.

[0004] Für die Bestimmung der Abdampfungsrate wiederum ist es notwendig, die Temperatur der Kathode zu ermitteln. In der Veröffentlichung EP 0 339 714 A1 wird vorgeschlagen, den Wert einer temperaturabhängigen physikalischen Größe zu messen, um einen Leistungspuls zu beenden, wenn dieser Wert im Vergleich mit einem Referenzwert anzeigt, daß die Temperatur einer linienförmigen Kathode einen Grenzwert überschritten hat. Als infragekommende physikalische Größen werden in

[0005] EP 0 339 714 A1 genannt: Zugbeanspruchung des Kathodendrahtes, Länge des Kathodendrahtes, Spektrum und Intensität der emittierten elektromagnetischen Strahlung, Zahl der pro Zeiteinheit emittierten Elektronen und deren Geschwindigkeitsverteilung sowie der elektrische Widerstand des Kathodendrahtes.

[0006] In Offenlegungsschrift DE 199 56 391 A1 wird vorgeschlagen, die Kathodentemperatur einer Leuchtstofflampe aus dem elektrischen Widerstand zu ermitteln, und JP 09245712 A schlägt zur Vermeidung von durchgebrannten Kathodendrahten vor, den Spannungsabfall über der Kathode zu überwachen und die Ansteuerspannung entsprechend zu regeln.

[0007] Problematisch an diesen Lösungen ist, daß die Ermittlung der Temperatur des Kathodendrahtes nur indirekt über den Umweg einer Messung einer anderen physikalischen Größe erfolgt. Dabei treten - wie bei jeder Messung - spezifische Ungenauigkeiten der jeweiligen Messung auf. Hinzu treten noch Modellierungsungenau-

igkeiten, beispielsweise kann auch aus einem mit geringem relativem Fehler bestimmten elektrischen Widerstand eines Kathodendrahtes nur fehlerbehaftet auf dessen Temperatur geschlossen werden. Dies folgt schon allein daraus, daß Röhren Fertigungstoleranzen aufweisen, betreffend beispielsweise den Durchmesser oder die Länge des Kathodendrahtes. Bei indirekt geheizten Kathoden tritt hinzu, daß aus der Widerstandsmessung zunächst die Temperatur des Heizdrahtes ermittelt wird und dann die (fehlerbehaftete) Annahme gemacht wird, daß die Kathodentemperatur identisch ist oder um einen empirisch ermittelten Wert abweicht. Ferner wirken sich Umgebungseinflüsse sowie Alterungserscheinungen negativ auf die Präzision der indirekten Temperaturermittlung aus.

[0008] In der Patentschrift US 4,708,677 wird vorgeschlagen, die Temperatur eines Halbleiter-Wafers, der sich in einer Heat Cleaning Kammer befindet, von außen (durch ein Fenster in der Kammerwandung) mittels eines Pyrometers vorzunehmen. Eine solche Anordnung erscheint für Elektronenröhren jedoch nicht praktikabel, weil in einem entsprechenden Gerät bereits die exakte Ausrichtung des externen Pyrometers auf die Kathode mit Schwierigkeiten verbunden ist und außerdem die kompakte Bauweise des solchen Gerätes erschwert.

[0009] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Röhre, insbesondere eine Elektronenröhre, und ein verbessertes System zur Ansteuerung der Elektroden und/oder der Heizung einer Röhre sowie zur Bestimmung der Lebensdauer einer elektronischen Röhre anzugeben.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Röhre, insbesondere eine Elektronenröhre, mit einem evakuierten oder gasgefüllten Bereich, in welchem eine oder mehrere Elektroden sowie Mittel zur Messung der Temperatur einer der Elektroden angeordnet sind.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfassen die im evakuierten oder gasgefüllten Bereich der Röhre angeordneten Mittel zur Messung der Elektrodentemperatur einen pyrometrischen Sensor.

[0012] Um zu vermeiden, daß die Leistungsfähigkeit des Sensors durch Ablagerungen der an den Elektroden verdampfenden Materialien beeinträchtigt wird, kann vorgesehen werden, daß der Sensor oder ein dem Sensor vorgelagertes optisches Element durch einen Verschuß geschützt wird, der elektronisch oder elektromechanisch geöffnet und/oder geschlossen werden kann.

[0013] Die Erfindung betrifft ferner ein System umfassend eine derartige Röhre, welches eine Steuerung aufweist mit Mitteln zum Erfassen eines Elektrodentemperaturmeßwertes.

[0014] In einer Ausgestaltung eines solchen Systems kann eine Steuerung vorgesehen werden, die durch kontinuierliche Auswertung der Elektrodentemperatur und einer der Röhre zugeführten Heizleistung ein bevorstehendes Lebensdauerende der Röhre erkennt und an einen Bediener und/oder ein Wartungszentrum signalisiert.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung kann eine Steuerung vorgesehen werden, welche zusätzlich oder alternativ die Elektrodentemperatur kontinuierlich auswertet und Mittel zum Ansteuern der Elektroden und/oder einer Elektrodenheizung aufweist, wobei die Ansteuerung der Elektroden und/oder der Elektrodenheizung so erfolgt, daß die Elektrodentemperatur einem Sollwert entspricht.

[0016] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, daß mit verhältnismäßig geringem Aufwand eine präzise Ermittlung der Elektrodentemperatur einer elektronischen Röhre erfolgen kann. Dadurch kann zum einen die Lebensdauer der Röhre genauer vorhergesagt werden. Andererseits ist es durch Überwachen der Elektrodentemperatur und entsprechendes Ansteuern der Elektroden und/oder der Elektrodenheizung möglich, die Elektrodentemperatur exakt auf einem gewünschten Wert (Sollwert) zu halten. Dies ist vorteilhaft, da beispielsweise bei einem Klystron die Überschreitung der nominalen Oberflächentemperatur von 890°C um nur 50K zu einer unerwünschten Verdopplung der Bariumabdampfungsrate führt.

[0017] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von zwei Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Gun-Bereich einer speziellen, erfindungsgemäß ausgestalteten elektronischen Röhre; und
Fig. 2 den Sensor des Pyrometers zur Temperaturerfassung zum Einsatz in der elektronischen Röhre aus Fig. 1.

[0018] Fig. 1 zeigt den Gun-Bereich eines Klystrons 100. Ein Klystron ist eine Elektronenröhre, die die Laufzeit der Elektronen zur Erzeugung oder Verstärkung von Hochfrequenzsignalen ausnutzt. Ein Gehäuse 120 aus nichtleitendem, temperaturbeständigem Material, beispielsweise Keramik oder Glas, umschließt einen evakuierten Bereich 110, in dem eine Kathode mit einer Kathodenoberfläche 140 angeordnet ist, welche durch eine Heizung 130 beheizt wird. In den evakuierten Bereich 110 hinein ragt ein Mittel 150 zur Temperaturermessung, hier umfassend einen Sensorkörper 160 mit Verschluß 170 und elektrischen Anschlüssen 180. Ferner ist eine Anode 190 der Elektronenröhre 100 dargestellt.

[0019] Fig. 2 zeigt mit weiteren Details das Mittel 150 zur Temperaturermessung. Dieses ist umfaßt vom Röhrengehäuse 120 und besteht aus dem Sensorkörper 160, dem optional ein optisches Element 162, beispielsweise eine Linse, zugeordnet sein kann, um eine bessere Fokussierung auf den zu erfassenden Bereich zu erreichen.

[0020] Um Ablagerungen abdampfenden elektronenemittierenden Kathodenmaterials auf der kalten Oberfläche des optischen Sensors 160 bzw. der Linse 162 zu verhindern, wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel ein so genannter Zentralverschluß 170 verwendet, um die Oberfläche des optischen Sensors 160 bzw. der Linse 162 zu schützen. Der Zentralverschluß besteht aus

mehreren kurvenförmigen Stahllamellen, die um feste Drehpunkte aus dem Strahlengang geschwenkt werden. Solche Zentralverschlüsse sind aus der Fotokameratechnik bekannt und in hohen Stückzahlen zu niedrigen Preisen verfügbar. Der Verschluß (auch Shutter genannt) schützt die Sensoroptik 162 in den Phasen, in denen nicht gemessen wird. Zur Messung der Temperatur wird der Shutter, welcher sich im Vakuum befindet, elektromagnetisch von außen über einen Medienspalt 164 (Barriere aus Glas oder Keramik zwischen dem Vakuum der Röhre und dem Umgebungsdruck) betätigt und geöffnet. Nach erfolgter Messung wird der Shutter 170 wieder geschlossen.

[0021] Als Verschluß 170 eignet sich auch eine Scheibe mit einer Öffnung, welche bei Betätigung rotiert und den Strahlengang zum Sensor 160 freigibt.

[0022] Die Steuerung des Verschlusses 170 erfolgt elektromechanisch, wobei die notwendige elektrische Energie über elektrische Anschlüsse 184 zugeführt wird. Das vom Sensor 160 erzeugte Signal wird an weiteren Anschlüssen 182 bereitgestellt.

[0023] Im Betrieb eines Systems, welches eine erfindungsgemäße elektronische Röhre 100 aufweist, wird zur Ermittlung der Abdampfungsrate in der Röhre 100 die integrierte optische Meßanordnung 150 verwendet, mittels welcher periodisch eine Oberflächentemperaturmessung von Kathode oder Anode (z.B. bei Röntgenröhren ist die Anodentemperatur von großem Interesse) durchgeführt wird. Über die direkte Messung der tatsächlichen Oberflächentemperatur kann wirkungsvoll eine Heizungsregelung realisiert werden.

[0024] In einem Ausführungsbeispiel ist der Sensor 160 ein Fotohalbleiter. Temperaturen ab etwa 700°C können pyrometrisch mit Fotodioden im sichtbaren Spektralbereich gemessen werden. Pyrometer sind Einheiten, die den Sensor 160 und eine Auswerteeinheit - nicht dargestellt - umfassen. Pyrometer dienen zur berührungslosen Temperaturermessung von Temperaturen zwischen -50°C und +4000°C. Meistens wird der Empfangswellenlängenbereich von Hochtemperatur-Pyrometern durch den verwendeten Fotoempfänger bestimmt: die unterste Empfangswellenlänge von Silizium-Fotodioden ist z. B. etwa 1,1 µm. Ein Körper mit einer Temperatur von 3000 K hat hier sein Strahlungsmaximum, es können jedoch Temperaturen bereits ab etwa 700°C gemessen werden. Die Oberflächentemperaturen bei Klystron, Magnetron, Thyatron und Accelerator liegen bei 890°C bis 1050°C, je nach verwendetem Kathodentyp (oxide oder impregnated). Die Oberflächentemperatur des Wolframheizdrahtes bei Röntgenröhren liegt bei etwa 2000°C.

[0025] Die vorliegende Erfindung ermöglicht einerseits eine zuverlässigere Lebensdauervorhersage bei gleichzeitig minimal höheren Kosten für die integrierte optische Meßanordnung. Sich langsam anbahnende Ausfälle können erkannt werden, da bei gleichbleibender zugeführter Heizleistung die erreichte Temperatur abnimmt. Eine Integration der Auswertung in die überge-

ordnete Steuerung des Gesamtsystems erlaubt ein Absetzen von Servicemeldungen, bevor das System ausfällt und teure Ausfallzeiten produziert (sog. predictive maintenance). Über die so ermittelte Abdampfungsrate und die in der Kathode von Anfang verfügbare Menge an Barium kann eine Arcing-Wahrscheinlichkeit berechnet werden.

[0026] Andererseits ermöglicht die vorliegende Erfindung eine gezielte Lebensdauerverlängerung der Elektronenröhre 100. Mit Hilfe der exakten Messung der Oberflächentemperatur kann der Zustand (Elektronenemission bei aktuell zugeführter Heizleistung) der Kathode ermittelt werden und daraus eine genaue Heizungsregelung abgeleitet werden. Die Folge einer genauen Heizungsregelung ist die signifikante Verlängerung der Lebensdauer einer Röhre.

[0027] Gegenüber einer ebenfalls möglichen Kontaktmessung mit Temperaturfühlern hat die berührungslose Messung mittels optischem Sensor 160 gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel folgende Vorteile:

- sehr schnelle Messung (< 1 ms bis zu 10 µs je nach Aufbau)
- sehr breite, durchgängige Meßbereiche möglich (z.B. 350°C bis 3500°C)
- abgesehen von der Mechanik des Verschlusses 170 tritt kein Verschleiß auf
- keine Temperatur-Beeinflussung des Meßobjekts sowie keine Fehler durch mangelhaften Wärmekontakt
- Möglichkeit der Messung auch bei hohen Spannungen oder starken elektromagnetischen Feldern

[0028] Abhängig davon, ob die Erfindung im Zusammenhang mit einer Heizungsregelung oder im Zusammenhang mit der Lebensdauervorhersage oder für beide Zwecke angewendet werden soll, kann die Periodendauer, d.h. die Häufigkeit, mit der der Shutter 170 geöffnet und eine Temperaturmessung durchgeführt wird, eingestellt werden. Für die Anwendung innerhalb eines Regelkreises wird die Periodendauer im Bereich von Sekunden oder kleiner liegen, für die Lebensdauervorhersage hingegen dürfte eine Periodendauer im Minuten- oder gar Stundenbereich ausreichend sein.

[0029] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Sie ist vielmehr für alle Arten von Röhren anwendbar, bevorzugt für solche Röhren, deren Ausfall - wie im medizinischen Bereich - hohe Kosten durch Stillstand eines teuren Gesamtsystems verursachen, also beispielsweise Röntgenröhren oder Röhren vom Typ Thyatron, Klystron, Magnetron, oder Accelerator. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung sowohl auf evakuierte als auch auf gasgefüllte Röhren anwendbar sowie auf Röhren, die im strengen Sinne nicht als Elektronenröhren bezeichnet werden, etwa weil - wie bei einem Thyatron - Ionen als Ladungsträger fungieren.

[0030] Natürlich ist auch denkbar, in einer gegebenen

Röhre mehrere Elektroden mit jeweils einer Sensorvorrichtung 150 zu überwachen. Überwacht werden können grundsätzlich alle Arten von Elektroden, deren Temperatur für die Lebensdauer der Röhre ausschlaggebend oder anderweitig von Interesse ist bzw. deren Temperatur auf einen Sollwert einzuregulieren ist, also beispielsweise direkt oder indirekt geheizte Kathoden, Anoden, Gitter usw.

Patentansprüche

1. Röhre (100), insbesondere Elektronenröhre, mit einem evakuierten oder gasgefüllten Bereich (110), in welchem eine oder mehrere Elektroden (140, 190) sowie Mittel zur Messung (150) der Temperatur einer der Elektroden (140, 190) angeordnet sind.
2. Röhre (100) nach Anspruch 1, bei welcher die Mittel (150) zu Messung der Elektrodentemperatur einen pyrometrischen Sensor (160) umfassen.
3. Röhre (100) nach Anspruch 2, bei welcher der Sensor (160) oder ein dem Sensor (160) vorgelagertes optisches Element (162) durch einen Verschuß (170) geschützt wird, der elektronisch oder elektromechanisch geöffnet und/oder geschlossen werden kann.
4. System umfassend eine Röhre (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, welches eine Steuerung aufweist mit Mitteln zum Erfassen eines Elektrodentemperaturmeßwertes.
5. System nach Anspruch 4, dessen Steuerung durch kontinuierliche Auswertung der Elektrodentemperatur und einer der Elektronenröhre (100) zugeführten Heizleistung ein bevorstehendes Lebensdauerende der Röhre (100) erkennt und an einen Bediener und/oder ein Wartungszentrum signalisiert.
6. System nach Anspruch 4, dessen Steuerung die Elektrodentemperatur kontinuierlich auswertet und Mittel zum Ansteuern der Elektroden (140, 190) und/oder einer Elektrodenheizung aufweist (130), wobei die Ansteuerung der Elektroden (140, 190) und/oder der Elektrodenheizung (130) so erfolgt, daß die Elektrodentemperatur einem Sollwert entspricht.

FIG 1

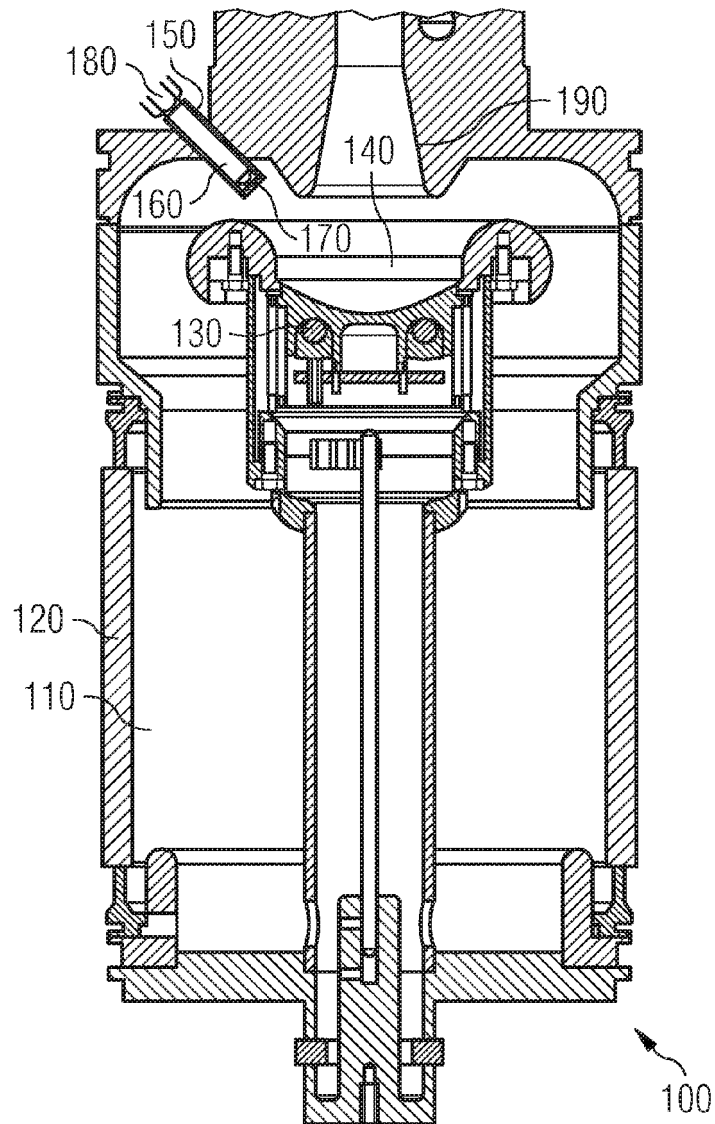
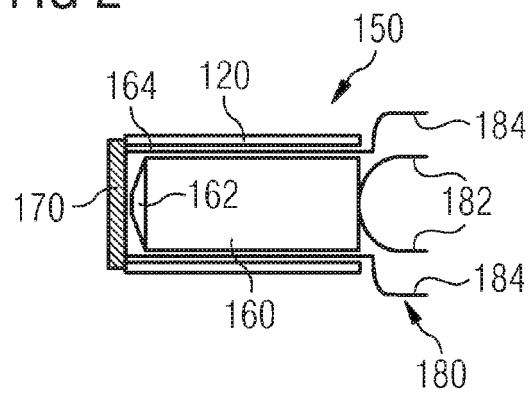


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0339714 A1 [0004] [0005]
- DE 19956391 A1 [0006]
- JP 09245712 A [0006]
- US 4708677 A [0008]