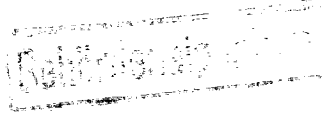


⑤

Int. Cl. 2:

G 01 N 27/62

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DT 25 57 132 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 25 57 132

⑫

Aktenzeichen: P 25 57 132.8

⑬

Anmeldetag: 18. 12. 75

⑭

Offenlegungstag: 23. 6. 77

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

⑤④

Bezeichnung: **Sensor für ionisierbare Elemente**

⑦①

Anmelder: **Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, Pa. (V.St.A.)**

⑦④

Vertreter: **Fleuchaus, L., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München**

⑦②

Erfinder: **Berkey, Edgar, Murrysville; Reed III, William H., Monroeville; Hickam, William M., Pittsburgh; Pa. (V.St.A.)**

DT 25 57 132 A 1

Patentansprüche

1. Sensor für ionisierbare Elemente, insbesondere Natriumdampf-detektor, mit einem thermisch arbeitenden Ionenerzeuger, der auf Natriumdampf in einem Trägergas anspricht, dadurch gekennzeichnet, daß der in einem Abstand zu einer Anode (12) angeordnete Ionenerzeuger (10) einen Ionenstrom entsprechend der folgenden Gleichung:

$$I = \frac{(1.6 \times 10^{-19}) (\pi D L \gamma P_{Na})}{1 + \frac{1}{\exp(11606[\omega - IP]/T)}}$$

erzeugt, wobei

I der gemessene Strom

D der Durchmesser des Ionenerzeugers in cm

L die Länge des Ionenerzeugers in cm

P_{Na} der Natriumpartialdruck in atm

ω die Arbeitsfunktion des Elementes in V

IP das Ionisationspotential des Natrium in V

T die Temperatur des Ionenerzeugers in $^{\circ}\text{K}$

γ $(3.513 \times 10^{22}) P (MT^x)^{-1/2}$, Anzahl d. Moleküle pro $\text{cm}^2 \text{ sec}$

P Gasdruck in mm

M Molekulargewicht des Trägergases

T^x Temperatur des Trägergases in $^{\circ}\text{K}$

ist.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den Stromkreis zwischen dem Ionenerzeuger und der Anode ein Strommesser eingeschaltet ist.

2587137

WS46P-1372

-2.

3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ionenerzeuger aus einem langgestreckten Glühfaden besteht.

709825/0529

ORIGINAL INSPECTED

PATENTANWALT
DIPL.-ING. LEO FLEUCHAUS

- 3 -

8 MÜNCHEN 71, den 17. Dez. 1975
Melchiorstraße 42

Mein Zeichen: WS46P-1372
Westinghouse Electric Corporation
Westinghouse Building, Gateway
Center, Pittsburgh, Penna. 15222,
USA

Sensor für ionisierbare Elemente

Die Erfindung betrifft einen Sensor für ionisierbare Elemente, insbesondere Natriumdampfdetektor, mit einem thermisch arbeitenden Ionenerzeuger, der auf Natriumdampf in einem Trägergas anspricht.

Es wurden bisher verschiedene Verfahren benutzt, um thermisch ionisierbare Teilchen, Dämpfe oder Gemische festzustellen und insbesondere um Natriumdampf feststellen zu können. Hierzu dienten sowohl chemische Indikatoren als auch auf der Lichtemission und der Lichtabsorption aufgebaute Verfahren. Diese Verfahren sind verhältnismäßig unempfindlich, wenn Natrium als Aerosol oder Natriumkomponenten auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Sensor für ionisierbare Elemente, insbesondere in Form ionisierbarer Teilchen, Dämpfe oder Gemische zu schaffen, der empfindlich, genau und leicht derartige Dämpfe, insbesondere Natrium feststellt. Der Sensor soll sehr einfach aufgebaut und vielseitig einsetzbar sein.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Erfindung gelöst.

Fs/mü

Ein nach

709825/0529

ORIGINAL INSPECTED

4.
Ein nach den Merkmalen der Erfindung aufgebauter Sensor kann zum Feststellen leicht ionisierbarer Elemente oder Moleküle in Luft oder einer anderen Atmosphäre, z. B. Wasserdampf und Sauerstoff, verwendet werden, da die Moleküle von Wasserdampf und Sauerstoff im Vergleich verhältnismäßig schwer zu ionisieren sind.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Ionenerzeuger in Form eines Glühdrahtes gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung und die mit ihm zusammenarbeitende Anode druckunempfindlich sind, so daß der Sensor unter hohen Druckbedingungen und sehr niederen Druckbedingungen einsetzbar ist. Aus diesem Grund ist der Sensor besonders vorteilhaft als Alkali-Leckdetektor in Vakuumsystemen verwendbar.

Die Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Ansprüchen und der Zeichnung. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Sensor in schematischer Darstellung;
- Fig. 2 ein Diagramm, aus dem die Änderung des Ionenstromes durch den Sensor hervorgeht, wenn Natrium in die den Sensor umgebende Atmosphäre eingeführt wird.
- Fig. 3 die Anordnung eines Sensors, wie er für die Ermittlung von Lecks in Rohren Verwendung finden kann, welche Natrium hoher Temperatur führen;
- Fig. 3A einen Schnitt längs der Linie IIIA-III A der Fig. 3;
- Fig. 4 einen Sensor, wie er zur Feststellung eines Natriumlecks in einem Dampfgenerator unter Verwendung von Duplexröhren eingesetzt werden kann;

Fig. 4A einen Schnitt durch eines der Rohre, welches in dem Wärmeaustauscher gemäß Fig. 4 Verwendung findet.

Die grundsätzlichen Teile des Sensors sind in Fig. 1 schematisch dargestellt. Der Sensor umfaßt einen Glühfaden 10 als Ionenerzeuger, der im erhitzten Zustand Ionen abgibt. Der Glühfaden wird auf eine Temperatur in der Größenordnung von etwa 1000°C durch einen über den Glühfaden geleiteten Strom erhitzt. Der Strom wird von einem Transformator 11 geliefert. In einfachster Weise kann der Glühfaden von einem 220 V Wechselstromnetz aus betrieben werden, indem über den Transformator 11 die Betriebsspannung auf etwa 1 V herabgesetzt wird. Durch den über den Glühfaden 10 fließenden Strom wird die Temperatur des Glühfadens auf zweckmäßigerweise etwa 1000°C angehoben, obwohl bereits Temperaturen über 800°C ausreichen würden, um Natrium, Kalium oder Lidium enthaltende Atome oder Moleküle zu ionisieren, wenn sie mit dem Glühfaden in Berührung kommen.

In der Nähe des Glühfadens 10 ist eine Anode 12 angeordnet, wobei zwischen dem Glühfaden und der Anode keine elektrische Verbindung besteht. Die Zuführungsleitungen zum Glühfaden 10 sowie zur Anode 12 werden durch eine Trägerplatte 13 geführt, die aus irgendeinem geeigneten Material bestehen kann, wenn nur die Zuführungsleitungen gegenüber der Trägerplatte ausreichend isoliert sind. Für Anwendungsfälle, in denen der Sensor bei verhältnismäßig hohem Druck eingesetzt wird, oder bei denen eine metallische Konstruktion erforderlich ist, kann die Trägerplatte 13 aus Stahl aufgebaut sein, wobei die Zuführungsleitungen mit Hilfe von Durchführungsisolatoren in der Trägerplatte gehalten werden.

In die Zuführungsleitung zur Anode ist zwischen der Anode und dem Glühfaden eine Spannungsquelle 14 angeschlossen. Diese wird der Einfachheit halber über eine Mittelanzapfung an den Transformator 11 geführt, der den Versorgungsstrom für den Glühfaden liefert. Zwischen die Spannungsquelle 14 und den Mittelabgriff am Transformator 11 ist ein Strommesser 18

6.

geschaltet. Atome oder Moleküle mit leicht thermisch ionisierbaren Elementen, wie sie vom Sensor festgestellt werden können, werden ionisiert, sobald diese Atome oder Moleküle mit dem Glühdraht 10 in Berührung oder in dessen Nähe kommen. Die dabei entstehenden Ionen werden von der Anode 12 angezogen, so daß ein Strom in dem Kreis vom Glühfaden zur Anode fließt. Der Strom kann in seiner Größe annähernd theoretisch durch die nachfolgende Gleichung ermittelt werden.

$$I = \frac{(1.6 \times 10^{-19}) (\pi D L \nu P_{Na})}{(1 + \frac{1}{\exp(11606[\omega - IP]/T)})}$$

Dabei sind

- I der gemessene Strom in Ampere
- D der Glühfadendurchmesser in cm
- L die Glühfadenlänge in cm
- P_{Na} der Partialdruck von Natrium in atm
- ω die Arbeitsfunktion des Glühfadens in V
- IP das Ionisationspotential des Natrium in V
- T die Glühfadentemperatur in $^{\circ}K$
- ν $(3.513 \times 10^{22}) P (MT^x)^{-1/2}$,
Anzahl der Moleküle pro cm^2 sec
- P der Gasdruck in mm
- M das Molekulargewicht des Trägergases
- T^x die Temperatur des Trägergases in $^{\circ}K$.

Die Gleichung beschreibt theoretisch die Funktion des Sensors. Daten, die man bei dem Einsatz des Sensors ermitteln kann, korrelieren verhältnismäßig genau mit dieser durch die Gleichung theoretischen Vorhersage.

Das in Fig. 2 dargestellte Diagramm gibt einen aus dem Experiment sich ergebenden Verlauf des Ionenstroms wider, und zwar als Funktion der Zeit, wobei Natrium in Argon als Trägergas eingeführt wurde. Der verhältnis-

mäßig rasche Anstieg der Kurve ermöglicht das schnelle Feststellen eines Lecks. Auch läßt der rückseitige Flankenabfall des Ionenstroms erkennen, daß der Sensor sehr schnell auf das Verschwinden von Natrium anspricht. Entsprechende Kurven wurden auch festgestellt, wenn Natrium in Stickstoff als Trägergas eingeführt wurde, das Zusätze von Wasserdampf und Sauerstoff enthält.

Für experimentelle Sensoren wurde der Glühfaden aus thoriumhaltigem Iridium und die Anode aus Molybdän hergestellt. Auch Nickel oder rostfreier Stahl kann für die Anode Verwendung finden. Es ist auch möglich, andere Materialien für den Glühfaden zu verwenden.

Die Lebensdauer des Glühfadens hängt prinzipiell von dem Glühfadenmaterial, der Betriebstemperatur und der Umgebungsatmosphäre ab, in welcher der Sensor eingesetzt wird. Obwohl in der Darstellung nur ein Glühfaden gezeigt ist, können für einen Sensor eine Vielzahl von Glühfäden verwendet werden, wobei jeder einzelne unabhängig mit Energie versorgt wird. Dadurch vermeidet man die Notwendigkeit der Erneuerung von Sensoren, wenn ein Glühfaden ausfällt. Sensoren, die aufgrund ihrer Konstruktion austauschbare Glühfadensysteme enthalten, ermöglichen eine wesentliche Verringerung der Wartungs- und Betriebskosten.

In Fig. 3 ist dargestellt, wie der Detektor bzw. Sensor zum Feststellen eines Natriumlecks in einem Rohrsystem verwendet werden kann, wie es in flüssigmetallgekühlten schnellen Brüterreaktoren oder anderen Teilen des Systems, z. B. im Wärmeaustauscher, verwendet wird. Bei diesem Anwendungsfall ist es sehr erwünscht, daß das natriumführende Rohr von einem starren isolierenden Teil umgeben wird, der im einem gewissen Abstand zum Rohr gehalten ist. Ein typischer Rohraufbau ist in Fig. 3A im Schnitt dargestellt, wobei das Rohr 19 normalerweise aus einem rostfreien Stahl hoher Qualität besteht. Das Rohr wird von Isoliersegmenten 20

- 8 -

umgeben. Diese Isoliersegmente bestehen normalerweise aus einer mittleren Materiallage mit einem niederen Wärmeübertragungskoeffizienten, wobei diese wärmeisolierende Lage 21 zwischen zwei konzentrischen Stahlzylindern 22 aus rostfreiem Stahl angeordnet ist. Die Isoliersegmente werden von dem rostfreien Stahlrohr 19, das das Natrium führt, unter Verwendung von Abstandselementen 23 und 24 auf einem gewissen coaxialen Abstand gehalten. Normalerweise wird zwischen dem natriumführenden Rohr 19 und der inneren Oberfläche der Isoliersegmente 20 eine Edelgasatmosphäre, vorzugsweise Stickstoff, aufrechterhalten. In einem der Isolierelemente ist eine Öffnung 25 vorgesehen, durch welche der Sensor bzw. Detektor eingeführt werden kann. Auf diese Weise kann der Glühfaden und die Anode des Sensors derart angebracht werden, daß sie in Kontakt mit der Atmosphäre zwischen den Isoliersegmenten 20 und dem natriumführenden Rohr 19 stehen. Jegliches Leck in dem natriumführenden Rohr läßt Natrium in den Zwischenraum zwischen diesem Rohr und den Isolierelementen austreten. Dieses Natrium wird durch den Sensor festgestellt, der ein Signal erzeugt, das eine Anzeige für das Vorhandensein von Natrium darstellt. Die Empfindlichkeit des Detektors reicht aus, um in einem sehr frühen Zustand das Vorhandensein von Natrium festzustellen, und zwar bevor sich eine Konzentration aufbaut, die einen ernststen Schaden, z. B. in Form von sehr starker Korrosion oder Feuer auslösen kann. In der Darstellung gemäß Fig. 3 ist der Sensor um der Einfachheit der Darstellung willen nicht gezeigt.

Im Schnitt gemäß Fig. 3A kann man eine Draufsicht auf das Isoliersegment 20 und ein Abstandselement 24 erkennen. Das Abstandselement 24 hat eine Vielzahl von in Längsrichtung verlaufenden Öffnungen 26, welche das Fließen von Stickstoff in dem Raum zwischen den Isoliersegmenten und dem das Natrium führende Rohr 19 zulassen. Damit ist es auch möglich, den freien Raum kontinuierlich oder periodisch mit Edelgas zu durchsetzen und frei zu halten. Aufgrund eines fließenden Edelgasstromes wird es möglich, weniger Detektoren zu verwenden, da auch von einem Natriumleck

. - 9 .

stammendes Natrium über eine längere Distanz zum Detektor hin von diesem als Trägergas fungierenden Edelgas transportiert wird, ohne daß dabei eine wesentliche Zeitverzögerung auftritt. Es ist selbstverständlich, daß auch ein anderer konstruktiver Aufbau der Isoliersegmente 20, des das Natrium führenden Rohrs 19 und des Detektors möglich sind, solange nur diese konstruktive Ausführung sicherstellt, daß ein Natriumleck irgendwo im Rohr 19 innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeit festgestellt wird. Der Sensor kann also als Natriumschnüffler verwendet werden. Auf diese Weise ist es möglich, mit Hilfe des Sensors das System nach Natriumlecks und ihrer Lokalisierung abzutasten. So kann z. B. die Atmosphäre in der Nähe der Oberfläche des Systems probenweise entnommen und dem Sensor zugeführt werden, um das Vorhandensein von Natrium festzustellen. Sowohl der Sensor als auch das Probengerät kann transportabel ausgeführt sein, so daß es möglich ist, in einem großen Areal Natriumlecks festzustellen und zu lokalisieren. Es ist selbstverständlich, daß der Sensor auch stationär montiert sein kann und das Gerät zur Probenentnahme über eine flexible Leitung mit dem Sensor verbunden ist, so daß man mit dem Probennehmer frei beweglich ist.

In Fig. 4 ist ein Detektor dargestellt, wie er zur Feststellung von Natriumlecks in einem Dampfgenerator mit einem Duplexwärmeaustauscher Verwendung finden kann, bei dem Natrium als wärmeaustauschende Flüssigkeit Verwendung findet. Ein typischer Wärmeaustauscher dieser Art hat ein äußeres Mantelrohr 27, das aus rostfreiem Stahl oder einem anderen entsprechenden Material ist, da dieses Rohr in direktem Kontakt mit dem Natrium steht. Das heiße flüssige Natrium wird vom Reaktor über einen Anschlußstutzen 28 zugeführt und verläßt den Wärmeaustauscher über einen Anschlußstutzen 38 auf der anderen Seite des rohrförmigen Wärmeaustauschers. Das flüssige Natrium fließt um die Duplex-Wärmeaustauschrohre 29. Im Bereich des jeweiligen Endes des Wärmeaustauschers sind zwei, das Natrium abdichtende Platten 30 und 31 angebracht. Diese Platten

- 10 -

werden üblicherweise mit dem Mantelrohr 27 sowie mit den Wärmeaustauscherrohren 29 verschweißt. Damit wird der Wärmeaustauscher dicht verschlossen und sichergestellt, daß das über den Anschlußstutzen 28 zugeführte Natrium über den Anschlußstutzen 38 wieder abfließen muß.

Einen Schnitt durch ein Duplex-Wärmeaustauscherrohr ist in Fig. 4A dargestellt. Das zweiwandige Rohr besteht aus zwei konzentrisch ineinander montierten Rohren, wobei in der inneren Oberfläche des äußeren Rohres längsverlaufende Rillen oder Nuten eingearbeitet sind. Das äußere Rohr ist in der Darstellung mit 39 und das innere Rohr mit 32 bezeichnet. Je nachdem, von welcher Seite aus der Wärmeaustauscher betrachtet wird, fließt in den inneren Rohren der Dampf oder das Wasser, wobei Helium in den Nuten bzw. Rillen zwischen der äußeren Wandung des inneren Rohres vorgesehen ist. Die äußere Wandung des äußeren Rohres steht direkt mit dem heißen Natrium in Kontakt. Diese Rohrart ist besonders vorteilhaft, da sowohl das innere als auch das äußere Rohr ausfallen müssen, bevor ein Kontakt zwischen dem Dampf bzw. Wasser im inneren Rohr und dem heißen Natrium möglich ist. Überdies kann das in den Zwischenraum zwischen dem inneren und äußeren Rohr eingefüllte Helium kontinuierlich auf das Vorhandensein von Natrium überwacht und überprüft werden. Auf diese Weise werden Natriumlecks dann festgestellt, wenn der durch beide Rohre gegebene Schutz nicht mehr einwandfrei ist.

Die Platten 30 und 31 sind mit dem äußeren Rohr 39 verschweißt. Die Duplex-Wärmeaustauscherrohre 29 sind derart aufgebaut, daß das innere Rohr 32 wesentlich länger als das äußere Rohr 39 ist. An den jeweiligen Enden des Wärmeaustauschers sind weitere Abdichtplatten 33 und 34 vorgesehen, die mit dem Mantelrohr 27 einerseits und dem inneren Rohr 32 des Wärmeaustauscherrohres andererseits verschweißt sind. Der Raum zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr des Wärmeaustauscherrohres kommuniziert

- 8 -

mit dem

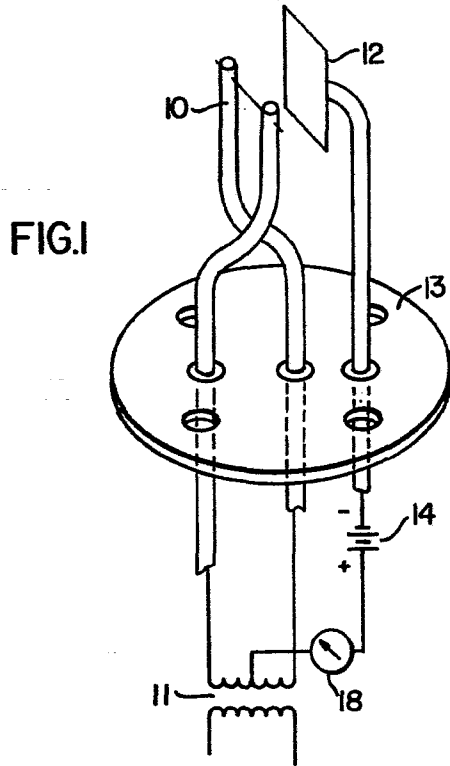
ORIGINAL INSPECTED

709825/0529

. 11 .

mit dem Raum zwischen den Platten 31 und 34 bzw. 30 und 33. Zu diesem Zwischenraum besteht Zugang über die Anschlußrohre 40 und 34, über welche auch dieser Zwischenraum mit Helium gefüllt ist. Der Natriumsensor 35 ist am Anschlußrohr 34 angebracht und stellt in diesem mit Helium gefüllten Raum eindringendes Natrium fest. Aufgrund des kontinuierlichen oder auch periodischen Austausches des Heliums durch die Anschlußrohre werden Natriumdämpfe sofort dem Sensor 35 zugeführt, so daß bei einem Natriumleck dieser schnell ansprechen kann.

Am unteren Ende des Wärmeaustauschers ist ein weiterer Anschlußstutzen 36 vorgesehen, durch welchen Wasser zugeführt werden kann, das durch die inneren Rohre 32 der Wärmeaustauscherrohre 29 fließt. Dieses Wasser verdampft und tritt als Wasserdampf über den Anschlußstutzen 37 aus. Mit Hilfe der Abdichtplatten 33 und 34 ist das Wasser bzw. der Dampf gegen den mit Helium gefüllten Raum abgedichtet. Auf diese Weise erhält man eine zuverlässige Einrichtung, um Wärme vom flüssigen heißen Natrium zu entnehmen und daraus Wasserdampf zu erzeugen, wobei dieser Dampfgenerator mit Hilfe des erfindungsgemäßen Sensors in einfacher Weise gegen Natriumlecks überprüft und überwacht werden kann.



- 13 -

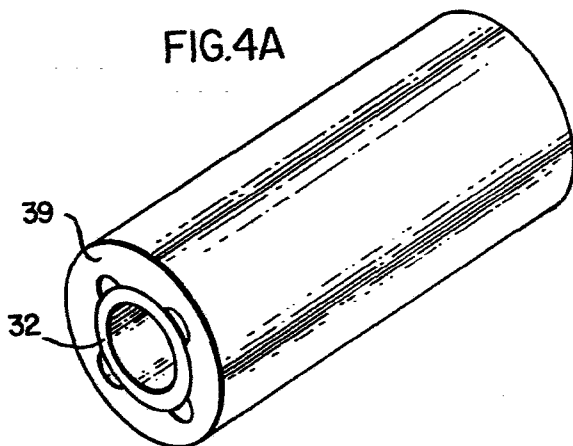
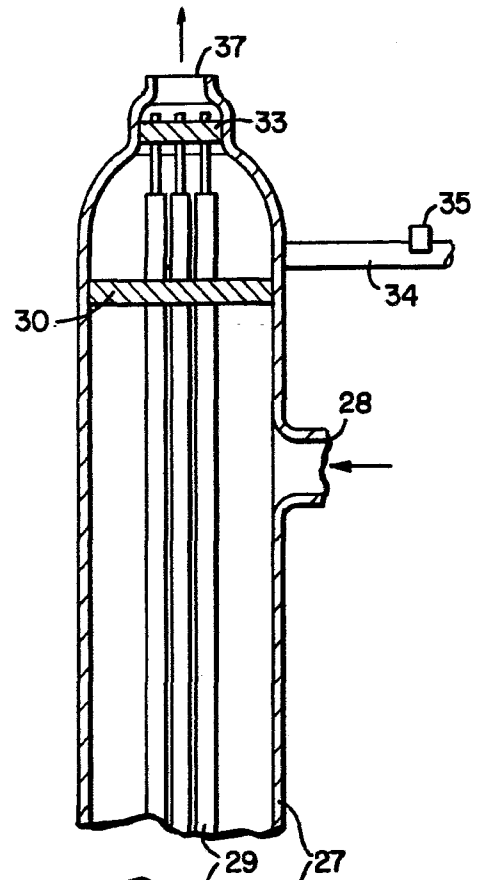


FIG.3

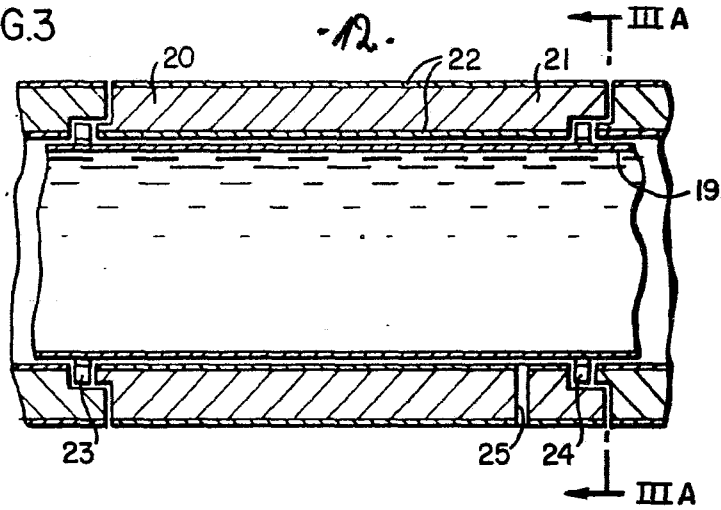


FIG.3A

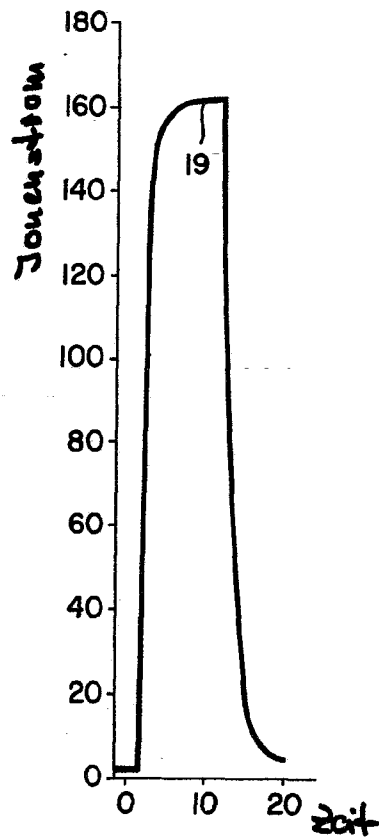
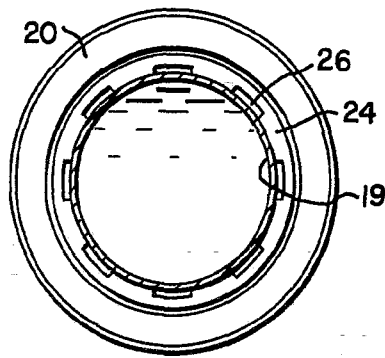


FIG.2