



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 16 332 A1** 2004.11.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 16 332.8**

(22) Anmeldetag: **10.04.2003**

(43) Offenlegungstag: **04.11.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G01M 3/04**
G01M 3/20, G01M 3/32

(71) Anmelder:

**Universität des Saarlandes, 66123 Saarbrücken,
DE**

(72) Erfinder:

**Schütze, Andreas, Prof., 66386 St. Ingbert, DE;
Gramm, Andreas, 93087 Alteglofsheim, DE**

(74) Vertreter:

**Dr.-Ing. W. Bernhardt u. Dipl.-Phys. Dr. R.
Bernhardt, 66123 Saarbrücken**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

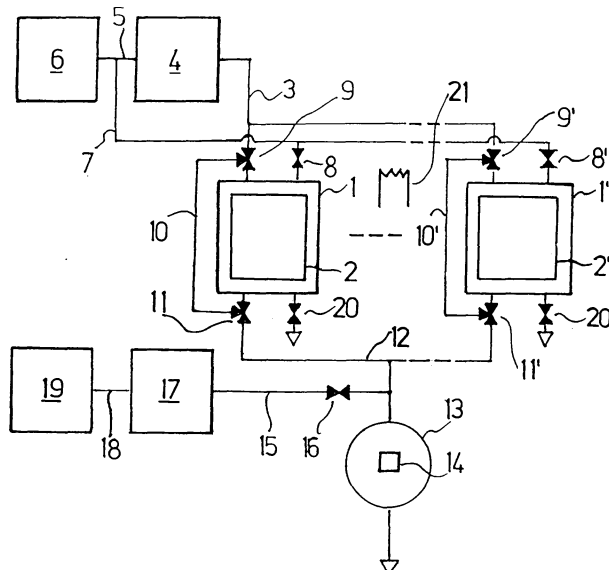
DE 20 20 872 A1
US 40 84 440
WO 02/37 098 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Dichtheitsprüfung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung der Dichtheit von Produkten, deren Herstellung mit dem Einschluss eines Fluids als Bestandteil des Produkts verbunden ist, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Gemäß der Erfindung wird aus einem Prüfaxemplar ohne äußere Unterdruckeinwirkung austretendes, von dem Fluidbestandteil des Produkts herührendes Fluid unter Verwendung eines auf das Fluid reagierenden Sensors quantitativ erfasst und ein ermittelter Wert mit einem Grenzwert verglichen. Entsprechend weist die Vorrichtung nach der Erfindung einen auf das Fluid reagierenden Sensor und eine das Produktexemplar aufnehmende Prüfkammer zum Sammeln des austretenden Fluids über einen vorbestimmten Zeitraum (t_s) und/oder zum Kanalisieren eines das austretende Fluid dem Sensor zuführenden Trägergasstroms auf.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung der Dichtheit von Produkten, deren Herstellung mit dem Einschluss eines Fluids als Bestandteil des Produkts verbunden ist.

[0002] Zu solchen Produkten zählen z.B. in Kraftfahrzeugen verwendete Neigungssensoren, die mit einer Elektrolytflüssigkeit gefüllt sind. Hierzu gehören ferner in ihren Gebrauchsbehältnissen eingeschlossene Kosmetik- und Arzneimittelstoffe mit Fluidbestandteilen.

Stand der Technik

[0003] Bei einem z.B. aus der DE 695 16 195 T2 bekannten, zur Prüfung der Dichtheit solcher Produkte geeigneten Dichtheitsprüfverfahren wird ein Prüfe exemplar in eine Vakuumkammer gebracht. Der mit dem Austritt von Fluid aus dem Prüfling verbundene Druckanstieg in der Vakuumkammer lässt Rückschlüsse auf dessen Dichtheit zu. Vor allem die gesondert für jeden Prüfling erforderliche Vakuumerzeugung macht das Verfahren langwierig und für die Integration in Fertigungsprozesse ungeeignet.

Aufgabenstellung

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein neues Verfahren zur Prüfung der Dichtheit eingangs genannter Produkte zu schaffen, das sich unter geringem apparativen Aufwand in den Massenfertigungsprozess solcher Produkte integrieren lässt.

[0005] Das diese Aufgabe lösende Verfahren nach der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Prüfe exemplar ohne äußere Unterdruckeinwirkung austretendes, von dem Fluidbestandteil des Prüfe exemplars herrührendes Fluid unter Verwendung eines auf das austretende Fluid reagierenden Sensors quantitativ erfasst und ein ermittelter Wert mit einem Grenzwert verglichen wird.

[0006] Entsprechend weist die Vorrichtung nach der Erfindung einen auf das austretende Fluid reagierenden Sensor und eine den Prüfling aufnehmende Prüfkammer zum Sammeln des austretenden Fluids über einen vorbestimmten Zeitraum und/oder zum Kanalisieren eines das austretende Fluid dem Sensor zuführenden Trägergasstrom auf.

[0007] Gemäß der Erfindung wird unter Normaldruck aus dem Prüfling austretendes Fluid mit Hilfe eines in seiner Empfindlichkeit hierauf abgestimmten, für das Fluid besonders empfindlichen Sensors quantitativ erfasst. Es lassen sich kurze, für die Prüfung im Rahmen einer Serienfertigung akzeptable Prüfzeiten erzielen. Liegt ein für die Menge des aus-

tretenden Fluids repräsentativer Messwert oberhalb eines tolerierbaren, an der veranschlagten Lebensdauer des Produkts gemessenen Grenzwerts, so ist der betreffende Prüfling zu verwerfen.

[0008] Das austretende Fluid kann durch Verdampfen einer in dem eingeschlossenen Fluid enthaltenen Flüssigkeit gebildet sein, z.B. eines darin enthaltenen organischen Lösungsmittels. Das als Dampf aus dem Prüfling austretende Fluid lässt sich mit Hilfe eines Sensors nachweisen, welcher für die betreffende Gassubstanz besonders empfindlich ist und für die Gaskonzentration repräsentative Messwerte liefert.

[0009] Die Stärke des Austrittsstroms des Fluids und damit die Empfindlichkeit des Prüfverfahrens lässt sich steigern, indem die Prüfung bei erhöhter Temperatur des Prüflings durchgeführt wird.

[0010] Vorzugsweise wird das Prüfobjekt in einer z.B. mit Luft gefüllten Prüfkammer angeordnet und das austretende Fluid in der Prüfkammer über einen vorbestimmten Zeitraum gesammelt.

[0011] Die Konzentration des in der Prüfkammer angereicherten Fluids ließe sich direkt in der Kammer mit Hilfe des Sensors messen. Vorzugsweise wird das Prüfobjekt jedoch einem das gesammelte Fluid abführenden Trägergasstrom ausgesetzt und der das Fluid enthaltende Trägergasstrom dem außerhalb der Prüfkammer angeordneten Sensor zugeleitet, welcher selektiv die Konzentration des Fluids innerhalb des Trägergases ermittelt.

[0012] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der konstant gehaltene Trägergasstrom außerhalb der Messphasen über eine Bypassleitung und entsprechende Mehrwegventile an der Prüfkammer vorbeigeleitet. Diese Maßnahme erleichtert zum einen die Konstanthaltung des Trägergasstroms mit Hilfe eines Durchflussreglers, indem der Trägergasstrom nicht für jede Messphase neu eingeregelt zu werden braucht. Zum anderen bleibt der Sensor außerhalb der Messphasen dem konstanten Trägergasstrom ausgesetzt, was der Erholung des Sensors und der Wiederherstellung eines annähernd konstanten Nulleffekt-Messwertes bis zur nächsten Messphase dient.

[0013] Bei zeitlich konstantem Trägergasstrom liefert der Sensor in der Messphase ein Messsignal, das zunächst auf einen Maximalwert ansteigt und von dem Maximalwert auf einen annähernd konstanten Wert abfällt. Bei konstant gehaltenen Einflussgrößen ist dieses Messsignal allein von der Menge des aus dem Prüfling ausgetretenen Fluids abhängig.

[0014] Die Maximalhöhe der Signalkurve ist durch Schwankungen des Nulleffekt-Messwertes weniger verfälscht als der sich einstellende konstante Wert

und daher zur Auswahl als für die Dichtheit repräsentativer Messwert besonders geeignet.

Ausführungsbeispiel

[0015] Die Erfindung soll nun anhand eines Ausführungsbeispiels und der beiliegenden, sich auf dieses Ausführungsbeispiel beziehenden Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

[0016] **Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Dichtheitsprüfvorrichtung nach der Erfindung, und

[0017] **Fig. 2** mit der Vorrichtung von **Fig. 1** erzeugte Messsignale.

[0018] Eine Prüfkammer **1** zur Aufnahme eines Prüflexemplars bzw. Prüflings **2** steht über eine Leitung **3** in Verbindung mit einem Durchflussregler **4**. Der Durchflussregler **4** ist seinerseits über eine Leitung **5** an eine Trägergasquelle **6** angeschlossen, welche ein der Kammer **1** zuführbares Trägergas, in dem betreffenden Ausführungsbeispiel synthetische Luft, abgibt.

[0019] Bei dem Prüfling **2** handelt es sich im vorliegenden Fall um einen in Kraftfahrzeugen verwendeten Neigungssensor, welcher einen organische Verbindungen aufweisenden Elektrolyt enthält.

[0020] Die Prüfkammer **1** lässt sich ferner über eine von der Leitung **5** abzweigende Leitung **7** und ein Einlassventil **8** direkt mit der Trägergasquelle **6** verbinden.

[0021] In der Leitung **3** ist ein Dreiwegeventil **9** zur wahlweisen Verbindung des Durchflussreglers **4** mit der Prüfkammer **1** oder einer die Prüfkammer **1** umgehenden Bypassleitung **10** vorgesehen.

[0022] Ein an der Prüfkammer **1** ausgangsseitig angeordnetes Dreiwegeventil **11** verbindet wahlweise die Prüfkammer **1** oder die Bypassleitung **10** mit einer Leitung **12**, welche an eine Messkammer **13** mit einem Sensor **14** angeschlossen ist.

[0023] Bei dem Sensor **14** handelt es sich in dem betreffenden Ausführungsbeispiel um einen Halbleitersensor, der besonders empfindlich für Dämpfe der organischen Verbindungen ist, welche im Elektrolyt des obengenannten Neigungssensors enthalten sind. Der unmittelbar auf die Dämpfe reagierende Gassensor erzeugt einen von der Gaskonzentration abhängigen, auf einer Leitfähigkeitsänderung beruhenden Messwert **M**. Der Sensor spricht innerhalb von Sekundenbruchteilen auf Konzentrationsänderungen an.

[0024] Die Messkammer **13** lässt sich über eine Leitung **15** und ein Ventil **16** ferner mit einem weiteren

Durchflussregler **17** verbinden, welcher seinerseits über eine Leitung **18** an eine Kalibrierigasquelle **19** angeschlossen ist.

[0025] Die Prüfkammer **1** weist ferner ein mit dem Einlassventil **8** zusammenarbeitendes Auslassventil **20** auf.

[0026] Das Bezugszeichen **1'** und die weiteren mit einem Strich versehenen Bezugszahlen in **Fig. 1** verweisen auf eine von mehreren, zu der Kammer **1** parallel angeordneten Prüfkammern mit entsprechenden Ventilen und Bypassleitungen.

[0027] Durch eine bei **21** angedeutete Heizeinrichtung lassen sich die Prüfkammern **1...1'** auf eine gewünschte Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur, in dem betreffenden Ausführungsbeispiel 110°C, aufheizen. Zweckmäßig erlaubt die Heizeinrichtung auch eine Vorheizung sowohl der Prüflinge als auch des Trägergases auf die in den Prüfkammern **1...1'** herrschende Temperatur.

[0028] Im folgenden wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2** die Funktionsweise der vorangehend beschriebenen Vorrichtung erläutert.

[0029] Zu Beginn eines Prüfzyklus' erfolgt, nachdem der Prüfling **2** z.B. in die Prüfkammer **1** eingebracht worden ist, eine Spülung der Prüfkammer, wobei die Ventile **8** und **20** geöffnet sind und die Leitung **3** über die Ventile **9** und **11** und die Bypassleitung **10** mit der Leitung **12** in Verbindung steht. Aus der Trägergasquelle **6** fließt über die Leitung **7** Trägergas als Spülgas in die Prüfkammer, wobei der Spülgasstrom durch das Auslassventil **20** hindurch aus der Prüfkammer austritt.

[0030] Bei geringem Volumen des zweckmäßig an die Form des Prüflings angepassten Kammerraums bedarf es nur einiger Sekunden, um die Prüfkammer von störenden Restgasen zu befreien.

[0031] An die kurze Spülphase schließt sich eine Sammelphase an, während welcher die Ventile **8** und **20** geschlossen sind. Ein durch den Durchflussregler **4** auf konstanter Stärke und gleichbleibender relativer Luftfeuchtigkeit gehaltener Trägergasstrom fließt weiter über die Bypassleitung **10** an der Prüfkammer vorbei. In dieser Sammelphase reichert sich in der Prüfkammer enthaltenes Trägergas mit Fluid an, das infolge Undichtigkeit aus dem Prüfling **2** austritt und durch Verdampfen bzw. Verdunsten der im Elektrolyt des Prüflings enthaltenen organischen Verbindungen, hauptsächlich Lösungsmittel, entsteht.

[0032] In der Prüfkammer herrscht Normaldruck. Für den Austritt des Fluids sind in erster Linie die Partialdruckdifferenz zwischen Innen- und Außenraum sowie der Innendruck im Prüfling maßgebend.

[0033] Der Sammelphase, deren Dauer t_s im vorliegenden Ausführungsbeispiel 120 sec beträgt, folgt eine Messphase, die durch Umschaltung der Dreiwegeventile **10** und **11** eingeleitet wird. Der bei geringem Volumen der Prüfkammer durch dessen Umleitung nur wenig in seiner Stärke geänderte Trägergasstrom nimmt die in der Kammer **1** gesammelten Gasmoleküle in die Messkammer **13** mit.

[0034] Wie **Fig. 2** erkennen lässt, kommt es zu einem steilen Anstieg des Messwertes M des Sensors **14**. Der Messwert M erreicht ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Entsprechend dem aus dem Prüfling austretenden, annähernd konstanten Gasstrom würde sich schließlich ein zeitlich konstanter Messwert M einstellen.

[0035] Zu Beginn eines neuen Prüfzyklus' während der Spül- und Sammelphase, in welcher der Trägergasstrom über die Bypassleitung **10** fließt, liefert der Sensor **14** einen Nulleffekt-Messwert M_0 .

[0036] **Fig. 2** zeigt vier aufeinanderfolgenden Prüfzyklen entsprechende Messsignale **22** bis **25**. Die Messphase t_m hat in dem gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils eine Dauer von 5 sec und ist gegenüber der Sammelphase t_s zeitlich gestreckt dargestellt.

[0037] Da alle Einflussgrößen konstant gehalten werden, hängen die Messsignale **22** bis **25** allein von der in der Prüfkammer während der Sammelphase angesammelten Gasmenge ab.

[0038] Zur Bestimmung eines für die Stärke des Gasaustrittsstroms aus dem Prüfling und damit dessen Dichtheit repräsentativen Wertes lässt sich das Messsignal in verschiedener Weise auswerten. Zweckmäßig wird der Maximalwert $M_{\max}$ ermittelt, welcher wegen seiner Größe durch Schwankungen des Nulleffekt-Messwertes M_0 am wenigsten verfälscht ist. Ferner ließe sich als repräsentativer Wert das Integral der Signalkurve über ein vorgegebenes Zeitintervall verwenden. Schließlich käme hierfür auch ein zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Ablauf der Sammelphase t_s erreichter Messwert oder der Anstieg des Messwertes M zu einem solchen Zeitpunkt in Betracht.

[0039] Bei Auswertung der Maxima wird die Dauer der Messphase möglichst kurz so gewählt, dass das Maximum gerade erreicht wird.

[0040] In **Fig. 2** bezeichnet M_{gr} einen Grenzwert des Maximalwertes $M_{\max}$, welcher einer noch tolerierbaren Undichtheit entspricht. Ein Prüfling, dessen Maximalwert $M_{\max}$ diesen Grenzwert M_{gr} überschreitet, hier der Maximalwert des Messsignals **24**, ist auszusondern.

[0041] Während der Sammelphase kann sich der

Sensor erholen, so dass sich bis zur nächsten Messphase der Nulleffekt-Messwert M_0 wieder einstellt. Messfehler durch systematische Änderung des Nulleffekt-Messwertes M_0 ließen sich ggf. rechnerisch korrigieren.

[0042] Zur Erhöhung der Zahl der je Zeiteinheit durchlaufenden Prüflinge können die vorhandenen Prüfkammern **1...1'** gleichzeitig mit je einem Prüfling beschickt werden, wobei sich die Spül- und Sammelphasen zeitlich überschneiden dürfen und lediglich die kurzen Messphasen aufeinanderfolgen müssen.

[0043] Jeweils z.B. nach zehn Prüfvorgängen kann eine Nachkalibrierung des Sensors **14** erfolgen, indem aus der Kalibriergasquelle **19** über den Durchflussregler **17** durch die Leitung **15** und das Ventil **16** ein Kalibriergasstrom mit bekannter Gaskonzentration in die Messkammer **13** eingeleitet wird. Es versteht sich, dass die Stärke des vom Durchflussregler **17** abgegebenen Kalibriergasstroms übereinstimmend mit oder in konstantem Verhältnis zu dem aus dem Durchflussregler **4** austretenden Trägergasstroms gewählt wird.

[0044] Statt eines Kalibriergases ließe sich zur Nachkalibrierung auch ein Kalibrierprüfling mit bekanntem Gasaustrittsstrom verwenden, welcher in einer der Prüfkammern **1...1'** angeordnet wird. Der Austrittsstrom des Kalibrierprüflings lässt sich z.B. durch Bestimmung der Gewichtsabnahme des Prüflings über einen längeren Zeitraum ermitteln.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung der Dichtheit von Produkten, deren Herstellung mit dem Einschluss eines Fluids als Bestandteil des Produkts verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus einem Prüfexemplar (**2**) ohne äußere Unterdruckeinwirkung austretendes, von dem Fluidbestandteil des Prüfexemplars herrührendes Fluid unter Verwendung eines auf das austretende Fluid reagierenden Sensors (**14**) quantitativ erfasst und ein ermittelter Wert mit einem Grenzwert verglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Prüfexemplar gasförmig austretendes Fluid durch einen Gassensor erfasst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Prüfexemplar (**2**) in einer Kammer (**1**) angeordnet und das austretende Fluid in der Kammer (**1**) über einen vorbestimmten Zeitraum (t_s) gesammelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Prüfexemplar (**2**) einem Trägergasstrom ausgesetzt und der das Fluid von dem Prüfexemplar (**2**) abführende Trägergas-

strom dem Sensor (14) zugeleitet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Trägergasstrom bei Ablauf des Sammlungszeitraums (t_s) durch die Kammer (1) und abschließend eine den Sensor (14) aufweisende Messkammer (13) hindurchgeleitet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Trägergasstrom während des Sammlungszeitraums (t_s) an der Prüfkammer (1) vorbei über einen Bypass (10) dem Sensor (14) zugeleitet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Prüfexemplar (2) die Prüfkammer (1) und/oder der Trägergasstrom auf einer gewünschten Temperatur oberhalb der Raumtemperatur gehalten wird.

8. Vorrichtung zum Prüfen der Dichtheit von Produkten, deren Herstellung mit dem Einschluss eines Fluids als Bestandteil des Produkts verbunden ist, gekennzeichnet durch Einrichtungen zur quantitativen Erfassung aus einem Prüfexemplar ohne äußere Unterdruckeinwirkung austretenden, von dem Fluidbestandteil herrührenden Fluids, welche einen auf das austretende Fluid reagierenden Sensor (14) und eine das Prüfexemplar aufnehmende Prüfkammer (1) zum Sammeln des austretenden Fluids über einen vorbestimmten Zeitraum (t_s) und/oder zum Kanalisieren eines das austretende Fluid dem Sensor (14) zuführenden Trägergasstroms aufweisen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Mehrwegventile (9, 11) zur wahlweisen Leitung des Trägergasstroms entweder durch die Prüfkammer (1) oder einen die Prüfkammer (1) umgehenden Bypass (10) hindurch vorgesehen sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass Ventile (8, 20) zur Leitung eines von dem Trägergasstrom getrennten, vorzugsweise einer Quelle (6) für den Trägergasstrom entnommenen, Spülstroms durch die Prüfkammer (1) vorgesehen sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Durchflussregler (4) zur Erzeugung eines Trägergasstroms mit konstantem Durchfluss und ggf. konstanter relativer Feuchte vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung (21) zum Aufheizen der Prüfkammer (1) des Prüfexemplars (2) und/oder des Trägergasstroms auf eine Temperatur oberhalb der Raumtemperatur vorgesehen ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Kammerraum der Prüfkammer (1) an die Form des Produkts angepasst ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Prüfkammern (1...1') parallel angeordnet sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

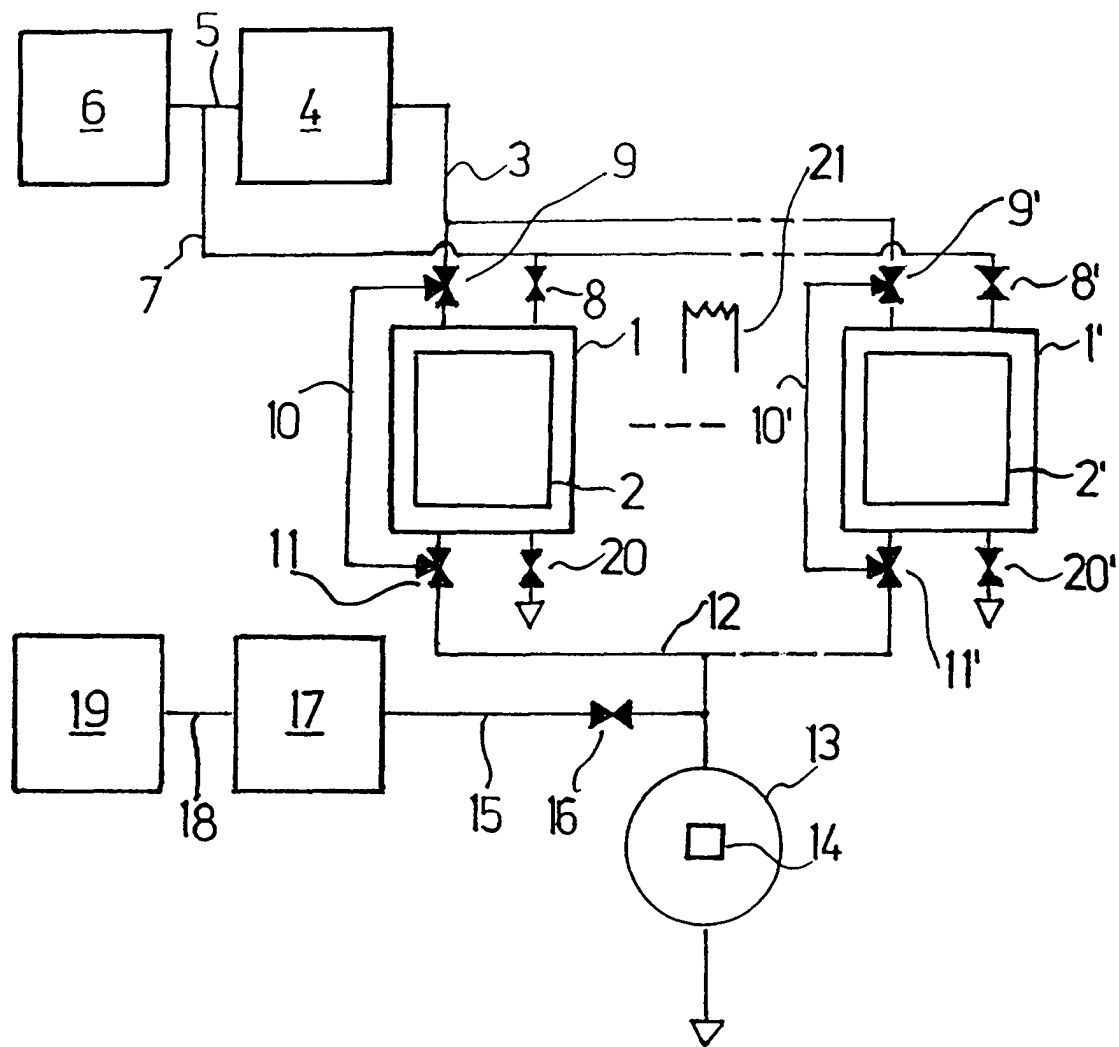


FIG. 1

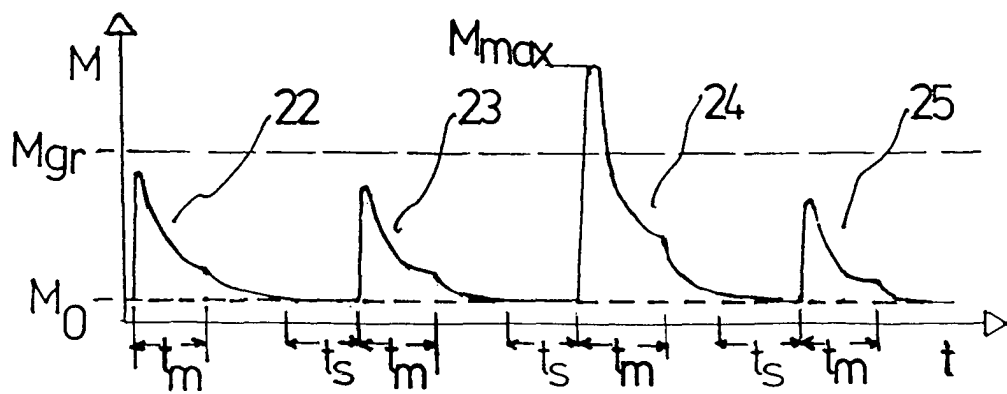


FIG. 2