

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50718/2013
(22) Anmeldetag: 31.10.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2015

(51) Int. Cl.: **G01N 11/16** (2006.01)
G01N 29/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1291639 A1
US 4524610 A
JP 2004012150 A
JP H02213742 A
DE 3934022 A1
KR 20080097559 A
US 5571952 A
DE 102010030332 A1
DE 19840868 A1

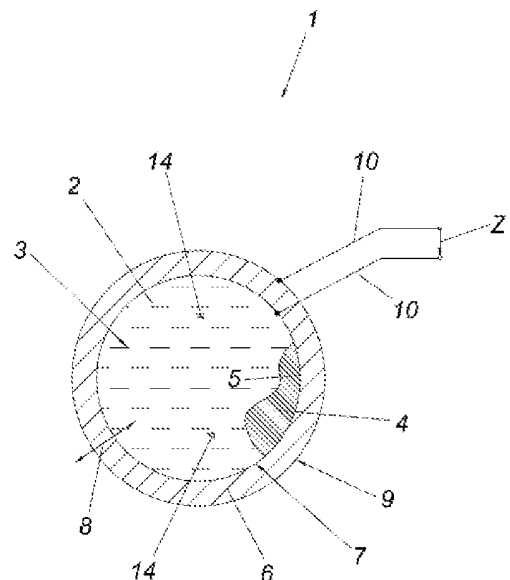
(71) Patentanmelder:
JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT LINZ
4040 LINZ (AT)

(72) Erfinder:
Beigelbeck Roman
1220 Wien (AT)
Antlinger Hannes Dipl.Ing.
4710 Grieskirchen (AT)
Jakoby Bernhard Dr.
4040 Linz (AT)

(74) Vertreter:
JELL FRIEDRICH DIPL.ING.
4020 LINZ (AT)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität**

(57) Es wird eine Vorrichtung (1, 15, 22) und ein Verfahren zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer in mindestens einer Messkammer (3, 16, 23) mit mindestens einem Rohr (6, 18, 24) vorgesehenen Flüssigkeit (2) gezeigt, bei dem das mit der Flüssigkeit (2) in Kontakt stehende erste Rohr (6) unter Ausnützung eines piezoelektrischen Effekts in radiale Schwingungen (8) versetzt wird, Messdaten (Z , V_{OUT1} , V_{OUT2}) zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit (2) durch die radialen Schwingungen (8) des ersten Rohrs (2) erfasst werden und anhand der Messdaten (Z , V_{OUT1} , V_{OUT2}) ein die Dämpfung aufgrund der Flüssigkeit (2) beschreibender Dämpfungskoeffizient (D_K) berechnet wird, über den die longitudinale Viskosität der Flüssigkeit (2) bestimmt wird. Um erhöhte Genauigkeit in der Bestimmung der longitudinalen Viskosität zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Flüssigkeit (2) in mindestens einer Messkammer (3, 16, 23) mit ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildeter Mantelfläche (5) oder ausgebildeten Mantelflächen (5, 17, 21, 26) einer Schwingungsanregung erfährt.



Zusammenfassung:

Es wird eine Vorrichtung (1, 15, 22) und ein Verfahren zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer in mindestens einer Messkammer (3, 16, 23) mit mindestens einem Rohr (6, 18, 24) vorgesehenen Flüssigkeit (2) gezeigt, bei dem das mit der Flüssigkeit (2) in Kontakt stehende erste Rohr (6) unter Ausnützung eines piezoelektrischen Effekts in radiale Schwingungen (8) versetzt wird, Messdaten (Z , V_{OUT1} , V_{OUT2}) zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit (2) durch die radialen Schwingungen (8) des ersten Rohrs (2) erfasst werden und anhand der Messdaten (Z , V_{OUT1} , V_{OUT2}) ein die Dämpfung aufgrund der Flüssigkeit (2) beschreibender Dämpfungskoeffizient (D_K) berechnet wird, über den die longitudinale Viskosität der Flüssigkeit (2) bestimmt wird. Um erhöhte Genauigkeit in der Bestimmung der longitudinalen Viskosität zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Flüssigkeit (2) in mindestens einer Messkammer (3, 16, 23) mit ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildeter Mantelfläche (5) oder ausgebildeten Mantelflächen (5, 17, 21, 26) einer Schwingungsanregung erfährt.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer in mindestens einer Messkammer mit mindestens einem Rohr vorgesehenen Flüssigkeit, bei dem das mit der Flüssigkeit in Kontakt stehende erste Rohr unter Ausnützung eines piezoelektrischen Effekts in radiale Schwingungen versetzt wird, Messdaten zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit durch die radialen Schwingungen des ersten Rohrs erfasst werden und anhand der Messdaten ein die Dämpfung aufgrund der Flüssigkeit beschreibender Dämpfungskoeffizient berechnet wird, über den die longitudinale Viskosität der Flüssigkeit bestimmt wird.

Um Parameter einer Flüssigkeit bestimmen zu können, ist aus dem Stand der Technik ein piezoelektrischer Rohrresonator bekannt, der radial resonant schwingend mit der Flüssigkeit in Kontakt steht und dessen Impedanz gemessen wird (Autor: Thomas Voglhuber-Brunnmaier et. al., Titel: „Modeling of Piezoelectric Tube Resonators for Liquid Sensing Applications“ Information for Paper ID 7785, IEEE Sensors 2013). Über solche Impedanzmessdaten kann auf die Viskosität der Flüssigkeit rückgeschlossen werden - und zwar indem ein die Dämpfung der Schwingungsanregung des ersten Rohrs durch die Flüssigkeit beschreibender Dämpfungskoeffizient berechnet wird, der verglichen mit einem anderen Dämpfungskoeffizient einer in der Viskosität bekannten Flüssigkeit ein Maß für die Viskosität der gemessenen Flüssigkeit darstellt. Mit Hilfe von radialen Schwingungen kann zwar in tieferen Schichten einer Flüssigkeit messtechnisch vorgedrungen werden, bekannte Messkammern können Signalverluste durch Beugungseffekte nicht vermeiden, was die Empfindlichkeit des Verfahrens und damit seine Genauigkeit verringern kann.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs geschilderten Art derart zu verändern, dass eine hohe Genauigkeit in der Messung der Viskosität einer Flüssigkeit erreicht wird.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die Flüssigkeit in mindestens einer Messkammer mit ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildeter Mantelfläche oder ausgebildeten Mantelflächen einer Schwingungsanregung erfährt.

Erfährt die Flüssigkeit in mindestens einer Messkammer mit ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildeter Mantelfläche oder ausgebildeten Mantelflächen einer Schwingungsanregung, können inhärent durch die ausschließlich radiale Ausbreitung der Schwingungen in der Flüssigkeit Signalverluste durch Beugungseffekte vermieden werden. Es ist so möglich, dass nachteilige Einflüsse auf die Dämpfung der Schwingungsanregung und damit auf die erfassten Messdaten nicht mehr auftreten können, wodurch die Genauigkeit der Berechnung des Dämpfungskoeffizienten erhöht werden kann. Zudem fallen durch derart geformte Mantelflächen nachteilige Randeffekte weg, weil die Messkammer mantelseitig ausschließlich durch funktionsbestimmende Komponenten begrenzt ist. Im Gegensatz zum Stand der Technik kann damit reproduzierbar ein genaues Verfahren zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität gewährleistet werden.

Einfache Handhabungsverhältnisse im Verfahren können sich ergeben, wenn der piezoelektrische Effekt des aus einem piezoelektrischen Material bestehenden ersten Rohrs zur Erzeugung der radialen Schwingungen des ersten Rohrs verwendet wird. Zudem können sich solche d_{33} piezoelektrische Rohre besonders gut zur Erzeugung von radialen Schwingungen in der Messkammer eignen.

Von einer Resonanzverstärkung kann profitiert werden, wenn von den radialen Schwingungen mindestens eine die Resonanzfrequenz des Rohrs oder eine Frequenz in der Nähe der Resonanzfrequenz des Rohrs aufweist. Damit kann der

Rauschabstand der Messdaten erhöht und die Viskosität der Flüssigkeit genauer bestimmt werden.

Wird die Flüssigkeit in eine kreiszylindrische Messkammer eingebracht, deren Mantelfläche vom inneren Rohrmantel des ersten Rohrs ausgebildet wird, kann eine genau definierte Geometrie zur Anregung der damit in Kontakt stehenden Flüssigkeit genützt werden. Die Reproduzierbarkeit des Verfahrens kann sich damit erhöhen.

Die Genauigkeit des Verfahrens kann weiter erhöht werden, wenn das erste Rohr in radiale Schwingungen versetzt wird, die zeitlich nacheinander unterschiedliche Frequenzen in einem vorgegebenen Frequenzbereich aufweisen. Solch eine Analyse im Frequenzbereich kann zudem die Anzahl an vergleichbaren Parametern erhöhen, was in weiterer Folge die Vergleichbarkeit des bestimmten Dämpfungskoeffizienten verbessern kann.

Werden vom ersten Rohr Impedanz-Messdaten aufgenommen, kann sich die Handhabung des Verfahrens weiter vereinfachen, indem das aktive Rohr auch als Sensor verwendet werden kann.

Eine vergleichsweise schnelle und einfache Berechnung des Dämpfungskoeffizienten kann ermöglicht werden, wenn aus den Messdaten ein Interferenzmuster ermittelt wird, über das der Dämpfungskoeffizient berechnet wird.

Insbesondere kann hierbei über mindestens ein Maxima und/oder Minima des Interferenzmusters der Dämpfungskoeffizient berechnet werden, um auch bei Flüssigkeiten mit geringer Viskosität für einen ausreichend hohen Signal-Rauschabstand zu sorgen.

Wird die Flüssigkeit in mindestens eine hohlkreiszyllindrische Messkammer eingebracht, deren eine Mantelfläche vom zu radialen Schwingungen anregbaren ersten

Rohr ausgebildet wird, kann auch mit einer derartigen Messkammer die Flüssigkeit ausschließlich mit einer radialen Schwingung radial angeregt werden.

Besonders kann sich solch eine Messkammer auszeichnen, wenn das erste Rohr in radiale Schwingungen versetzt wird, die einem Burst-Signal folgen. Hierbei ist von Vorteil, wenn die Frequenz der mehrmals wiederholten Schwingung in der Nähe der Resonanzfrequenz des ersten Rohrs liegt, was aber nicht zwangsweise der Fall sein muss.

Bildet die andere Mantelfläche der hohlkreiszyllindrischen Messkammer ein zweites Rohr aus, kann sich dadurch die Möglichkeit eröffnen, auf verfahrenstechnisch einfache Weise, von diesem zweiten Rohr Messdaten zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit durch die radialen Schwingungen des ersten Rohrs zu erfassen.

Die Genauigkeit der Brechung des Dämpfungskoeffizienten kann weiter erhöht werden, indem aus einem Vergleich der radialen Schwingungen des ersten Rohrs und den Messdaten ein die Dämpfung der akustischen Welle durch die Flüssigkeit beschreibender Dämpfungskoeffizient D_K berechnet wird. Zudem kann das Verfahren beschleunigt werden, wenn der Vergleich im Zeitbereich durchgeführt wird.

Wird die Flüssigkeit in zwei hohlkreiszyllindrische Messkammern eingebracht, wobei eine hohlkreiszyllindrische Messkammer vom ersten und dem dazu äußeren zweiten Rohr und eine weitere hohlkreiszyllindrische Kammer vom ersten und einem dazu inneren dritten Rohr eingebracht, wobei vom zweiten und dritten Rohr Messdaten zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit durch die radialen Schwingungen des ersten Rohrs erfasst werden, können Nichtlinearitäten in der Schwingungserzeugung kompensiert werden, die auf das piezoelektrische Material des ersten Rohrs zurückgehen. Zudem können sich damit auch Fehler kompensieren, die durch die unbekannten Materialparameter der piezoelektrischen Wandler auftreten können.

Diese angesprochene Kompensation kann insbesondere erfolgen, indem die Messdaten vom zweiten und dritten Rohr einer Verhältnisbildung unterworfen werden. Damit können beispielsweise die Einflüsse des piezoelektrischen Materials des ersten Rohrs auf die Messergebnisse kompensiert werden, was die Genauigkeit in der Berechnung des Dämpfungskoeffizients und das Verfahren verbessern kann.

Es ist zudem die Aufgabe der Erfindung, eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer Flüssigkeit konstruktiv zu vereinfachen, dennoch aber eine hohe Empfindlichkeit bzw. Auflösung zu garantieren.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass das d33 piezoelektrische Rohr die gesamte Mantelfläche der Messkammer ausbildet oder die d33 piezoelektrischen Rohre jeweils alle Mantelflächen der Messkammern ausbilden

Insbesondere können Signalverluste durch Beugungseffekte vermieden werden, indem das d33 piezoelektrische Rohr die gesamte Mantelfläche der Messkammer ausbildet oder oder die d33 piezoelektrischen Rohre jeweils alle Mantelflächen der Messkammern ausbilden. Zudem ist eine derartige Messkammer vergleichsweise konstruktiv einfach herzustellen, was eine kostengünstige Vorrichtung schaffen kann.

Eine einfache Konstruktion kann ermöglicht werden, wenn eine Messkammer kreiszylindrisch ausgebildet ist. Vorstellbar kann auch sein, wenn eine Messkammer hohlkreiszyklindrisch ausgebildet ist.

Ist das zur radialen Schwingungen anregbare erste piezoelektrische Rohr zwischen zwei hohlkreiszyklindrische Messkammern vorgesehen, können Nichtlinearitäten in der Schwingungserzeugung kompensiert werden. Zudem können sich damit auch Fehler kompensieren, die durch die unbekannten Materialparameter der d33 piezoelektrischen Wandler auftreten können.

In den Zeichnungen ist beispielsweise das erfindungsgemäße Verfahren anhand mehrerer Ausführungsvarianten näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine Draufsicht auf eine erste Vorrichtung zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit,
- Fig. 2 eine grafische Darstellung von Messdaten der nach Fig. 1 dargestellten Vorrichtung zu unterschiedlich viskosen Flüssigkeiten,
- Fig. 3 eine Draufsicht auf eine zweite Vorrichtung zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit,
- Fig. 4 eine Draufsicht auf eine dritte Vorrichtung zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit und
- Fig. 5 eine grafische Darstellung von Messdaten der nach Fig. 3 und 4 dargestellten Vorrichtung.

Gemäß Fig. 1 wird beispielsweise eine Vorrichtung 1 dargestellt, die zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer Flüssigkeit 2 dient. Hierzu bildet die Vorrichtung 1 eine Messkammer 3 aus, deren vom Boden 4 abstehende Mantelfläche 5 von einem ersten Rohr 6 ausgeformt wird - und zwar von seinem inneren Rohrmantel 7. Die Flüssigkeit 2 steht in Kontakt mit dem Rohr 6. Konstruktiv einfach gelöst besteht das Rohr 6 aus einem piezoelektrischen Material mit einem Piezokoeffizient d_{33} und kann daher zu einer Dickenschwingung bzw. zu radialen Schwingungen 8 angeregt werden. Zu dieser Anregung ist das Rohr 6 an seinem inneren Rohrmantel 7 und an seinem äußeren Rohrmantel 9 über elektrische Anschlussleitungen 10 kontaktiert. Diese Anschlussleitungen 10 dienen jedoch nicht nur zur Anregung des Rohrs 6, sondern auch zur Messdatenerfassung, die sich infolge der Schwingungsanregung der Flüssigkeit 2 durch die radialen Schwingungen 8 des Rohrs 6 ergeben. Vorteilhaft können Anregung und Erfassung von Messdaten $Z(f)$ mithilfe einer Impedanzmessung durchgeführt werden, beispielsweise unter Verwendung des Impedanzmessgeräts Agilent 4294, dessen Messergebnis beispielsweise der Fig. 2 zu entnehmen ist.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun das Rohr 6 unter Ausnützung seines piezoelektrischen Effekts in radiale Schwingungen 8 versetzt. Diese Schwingungen 8 sind voneinander in ihrer Frequenz unterschiedlich, wobei eine dieser Schwingungen 8 die Resonanzfrequenz des Rohrs 6 aufweist, um eine Amplitudenverstärkung bei der Messdatenerfassung ausnützen zu können. Dieser Effekt kann aber auch dann genutzt werden, wenn diese Schwingung 8 in der Nähe der Resonanzfrequenz des Rohrs 6 liegen. Die Flüssigkeit 2 schwingt nun mit dem radial schwingenden Rohr 6 mit und dämpft diese radiale Schwingung 8 entsprechend ihrer Viskosität. Über die Erfassung der Messdaten zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit 2 durch die radialen Schwingungen 8 des ersten Rohrs 6 wird ein Dämpfungskoeffizient D_K berechnet, der die Dämpfung der Schwingungsanregung des Rohrs 5 durch die Flüssigkeit 2 beschreibt. Dieser Dämpfungskoeffizient D_K kann beispielsweise, wie in Fig. 2 dargestellt, ein Maß eines gedämpften Maxima 11 einer Flüssigkeit 2 gegenüber der Resonanzamplitude 12 des Rohrs darstellen. Es ist aber auch vorstellbar, hierfür das Interferenzmuster 13 bzw. im Speziellen dessen Maxima 11 und/oder auch Minima 30 zu berücksichtigen bzw. dazu zu verwenden, damit zusätzlich oder alternativ über eine Frequenzbereichsauswertung den Dämpfungskoeffizient D_K zu berechnen. In Fig. 2 sind zudem Interferenzmuster 13 von Flüssigkeiten 2, 2', 2'' unterschiedlicher Viskosität zu erkennen.

Entscheidend für eine genaue Berechnung des Dämpfungskoeffizienten D_K ist jedoch die Vermeidung von Signalverluste an den Messdaten $Z(f)$ durch Beugungseffekte. Zudem können nachteilige Effekte nicht vermieden werden, wenn reflektierte radiale Schwingungen 8 auf Festkörper 14 in der Flüssigkeit 2 treffen. Erfindungsgemäß wird dies von der Vorrichtung und vom Verfahren vermieden, indem die Flüssigkeit 2 in der kreiszylindrischen Messkammer 3 eine Schwingungsanregung mit einer ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildeten Mantelfläche 5 erfährt. Diese einzige Mantelfläche 5 wird vom inneren Rohrmantel 7 des Rohrs 6 ausgebildet. Selbst Flüssigkeiten 2 mit einem vergleichsweise hohen Anteil an Festkörpern 14 bzw. einem vergleichsweise großen Festkörper 14 verfälschen damit

das Verfahren nicht – was in weiterer Folge reproduzierbar äußerst genaue Messergebnisse garantiert.

In der nach Fig. 3 dargestellten Vorrichtung 15 ist zum Unterschied zur nach Fig. 1 dargestellten Vorrichtung 1 eine hohlkreiszyindrische Messkammer 16 zu erkennen, die mit Flüssigkeit 2 gefüllt ist. Eine innere Mantelfläche 17 der hohlkreiszyindrischen Messkammer 15 wird vom äußeren Rohrmantel 9 des ersten Rohrs 6 gebildet. Dieses Rohr 6 wird - gleich wie bei Fig. 1 - über elektrische Anschlussleitungen 10 piezoelektrisch in radiale Schwingungen 8 versetzt. Zum Unterschied zur Vorrichtung 1 nach Fig. 1 werden Messdaten $V_{OUT1}(t)$ von einem zweiten mit der Flüssigkeit 2 in Kontakt stehenden Rohr 18 aufgenommen, das ebenso aus einem piezoelektrischen d33 Material besteht und über elektrische Anschlussleitungen 19 mit einem nicht näher dargestellten Messgerät bzw. Voltmeter verbunden ist. Dieses zweite Rohr 18 bildet zudem mit seinem inneren Rohrmantel 20 die zweite Mantelfläche 21 der Messkammer 16 aus, die demnach auch hier ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildete Mantelflächen 17, 21 aufweist.

In der nach Fig. 4 dargestellten Vorrichtung 22 nach einem dritten Ausführungsbeispiel sind zwei Messkammern 16, 23 zu erkennen, die mit Flüssigkeit 2 gefüllt sind. Zum Unterschied zur nach Fig. 3 dargestellten Vorrichtung 15 ist hier nämlich ein drittes, auch aus einem piezoelektrischen d33 Material bestehendes Rohr 24 vorgesehen. Zwischen dem ersten Rohr 6 und dem dritten Rohr 24 entsteht so eine weitere Messkammer 23. Das die beiden Messkammern 16, 23 mantelseitig begrenzende erste Rohr 6 wird zu radialen Schwingungen 8 angeregt, wobei sowohl das zum ersten Rohr 6 äußere zweite Rohr 18 zur Erfassung von Messdaten $V_{OUT1}(t)$ als auch das zum ersten Rohr 6 innere dritte Rohr 24 zur Erfassung von Messdaten $V_{OUT2}(t)$ dienen. Diese Messdaten $V_{OUT1}(t)$, $V_{OUT2}(t)$ werden beispielsweise von nicht näher dargestellten Voltmetern aufgenommen, die an die jeweiligen elektrischen Anschlussleitungen 19, 25 angeschlossen sind. Wie in Fig. 4 zu erkennen, sind den Messkammern 16 bzw. 23 auch ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildete Mantelflächen 17, 21 bzw. 5, 26 gemeinsam.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens an den Vorrichtungen 15, 22 wird an das Rohr 6 eine elektrische Spannung $V_{IN}(t)$ angelegt, wodurch unter Ausnutzung seines piezoelektrischen Effekts das erste Rohr 6 in radiale Schwingungen 8 versetzt wird, die einem Burst-Signal 27 folgen. Die Frequenz der elektrischen Spannung $V_{IN}(t)$ liegt hierbei in der Nähe der Resonanzfrequenz des Rohrs 6. Diese radialen Schwingungen 8 übertragen sich auf die Flüssigkeit 2 der jeweiligen Kammern 16, 23 der Vorrichtungen 15, 22 und werden in gedämpfter Eigenschaft vom zweiten Rohr 6 der Vorrichtung 15 bzw. vom zweiten Rohr 6 und dritten Rohr 24 der Vorrichtung 22 messtechnisch erfasst. Nach Fig. 5 sind die diesbezüglichen Messspannungen $V_{OUT1}(t)$ am zweiten Rohr 6 und die $V_{OUT2}(t)$ am dritten Rohr 24 zu erkennen. Über eine Zeitbereichsauswertung des Verlaufs, beispielsweise über einen Vergleich der Amplituden, kann nun eine Kenngröße K für den Dämpfungskoeffizient D_K der Flüssigkeit 2 bestimmt werden. Der die Dämpfung der akustischen Welle durch die Flüssigkeit 2 beschreibender Dämpfungskoeffizient D_K kann dann als Maß zur Bestimmung der Viskosität der Flüssigkeit verwendet werden.

Gegenüber der Vorrichtung 15 weist die Vorrichtung 22 den Vorteil auf, dass hier Einflüsse des ersten Rohrs 6 auf das Übertragungsverhalten kompensiert werden können, beispielsweise durch eine Verhältnisbildung der Messdaten $V_{OUT1}(t)$ und $V_{OUT2}(t)$.

Selbstverständlich können der Eingangsdaten $V_{IN}(t)$ und den Messdaten $V_{OUT1}(t)$ und $V_{OUT2}(t)$ im Zeitbereich auch diese über die Frequenz $V_{IN}(f)$, $V_{OUT1}(f)$ und $V_{OUT2}(f)$ im Verfahren berücksichtigt oder anstatt diesen verwendet werden.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer in mindestens einer Messkammer (3, 16, 23) mit mindestens einem Rohr (6, 18, 24) vorgesehenen Flüssigkeit (2), bei dem

das mit der Flüssigkeit (2) in Kontakt stehende erste Rohr (6) unter Ausnützung eines piezoelektrischen Effekts in radiale Schwingungen (8) versetzt wird,

Messdaten (Z , V_{OUT1} , V_{OUT2}) zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit (2) durch die radialen Schwingungen (8) des ersten Rohrs (2) erfasst werden und anhand der Messdaten (Z , V_{OUT1} , V_{OUT2}) ein die Dämpfung aufgrund der Flüssigkeit (2) beschreibender Dämpfungskoeffizient (D_K) berechnet wird, über den die longitudinale Viskosität der Flüssigkeit (2) bestimmt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Flüssigkeit (2) in mindestens einer Messkammer (3, 16, 23) mit ausschließlich von parallelen Geraden ausgebildeter Mantelfläche (5) oder ausgebildeten Mantelflächen (5, 17, 21, 26) einer Schwingungsanregung erfährt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der piezoelektrische Effekt des aus einem piezoelektrischen Material bestehenden ersten Rohrs (6) zur Erzeugung der radialen Schwingungen (8) des ersten Rohrs (6) verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass von den radialen Schwingungen (8) mindestens eine die Resonanzfrequenz des Rohrs (6) oder eine Frequenz in der Nähe der Resonanzfrequenz des Rohrs (6) aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (2) in eine kreiszylindrische Messkammer (3) eingebracht wird, deren Mantelfläche (5) vom inneren Rohrmantel (7) des ersten Rohrs (6) ausgebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (6) in radiale Schwingungen (8) versetzt wird, die zeitlich nacheinander unterschiedliche Frequenzen in einem vorgegebenen Frequenzbereich aufweisen.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass vom ersten Rohr (6) Impedanz-Messdaten (Z) aufgenommen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass aus den Messdaten (Z) ein Interferenzmuster (13) ermittelt wird, über das der Dämpfungskoeffizient (D_K) berechnet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass über mindestens ein Maxima (11) und/oder Minima (30) des Interferenzmusters (13) der Dämpfungskoeffizient (D_K) berechnet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (2) in mindestens eine hohlkreiszyllindrische Messkammer (16, 23) eingebracht wird, deren eine Mantelfläche (5, 17) vom zu radialen Schwingungen (8) anregbaren ersten Rohr (6) ausgebildet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rohr (6) in radiale Schwingungen (8) versetzt wird, die einem Burst-Signal (27) folgen.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die andere Mantelfläche (21) der hohlkreiszyllindrischen Messkammer (16) ein zweites Rohr (18) ausbildet, von dem Messdaten (V_{OUT1}) zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit (2) durch die radialen Schwingungen (8) des ersten Rohrs (6) erfasst werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass aus einem, insbesondere im Zeitbereich durchgeführten, Vergleich der radialen Schwingungen (8) des ersten Rohrs und den Messdaten (V_{OUT1} , V_{OUT2}) ein die Dämpfung der akustischen Welle durch die Flüssigkeit (2) beschreibender Dämpfungskoeffizient (D_K) berechnet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit (2) in zwei hohlkreiszyindrische Messkammern (16, 23) eingebracht wird, wobei eine hohlkreiszyindrische Messkammer (16) vom ersten und dem dazu äußeren zweiten Rohr (6, 18) und eine weitere hohlkreiszyindrische Kammer (23) vom ersten und einem dazu inneren dritten Rohr (6, 24) eingebracht wird, wobei vom zweiten und dritten Rohr (18, 24) Messdaten (V_{OUT1} , V_{OUT2}) zur Schwingungsanregung der Flüssigkeit (2) durch die radialen Schwingungen (2) des ersten Rohrs (6) erfasst werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Messdaten (V_{OUT1} , V_{OUT2}) vom zweiten und dritten Rohr (18, 24) einer Verhältnisbildung unterworfen werden.

15. Vorrichtung zur Bestimmung der longitudinalen Viskosität einer Flüssigkeit (2) mit mindestens einer die Flüssigkeit (2) aufnehmenden Messkammer (3, 16, 23) und mit mindestens einem d33 piezoelektrischen Rohr (6, 18, 24), dadurch gekennzeichnet, dass das d33 piezoelektrische Rohr (6) die gesamte Mantelfläche (5) der Messkammer (3) oder die d33 piezoelektrischen Rohre (6, 18, 24) jeweils alle Mantelflächen (5, 17, 21, 26) der Messkammern (16, 23) ausbilden.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messkammer (3) kreiszyindrisch ausgebildet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messkammer (16, 23) hohlkreiszyindrisch ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das zur radialen Schwingungen (8) anregbare erste piezoelektrische Rohr (6) zwischen zwei hohlkreiszyindrische Messkammern (16, 23) vorgesehen ist.

FIG.1

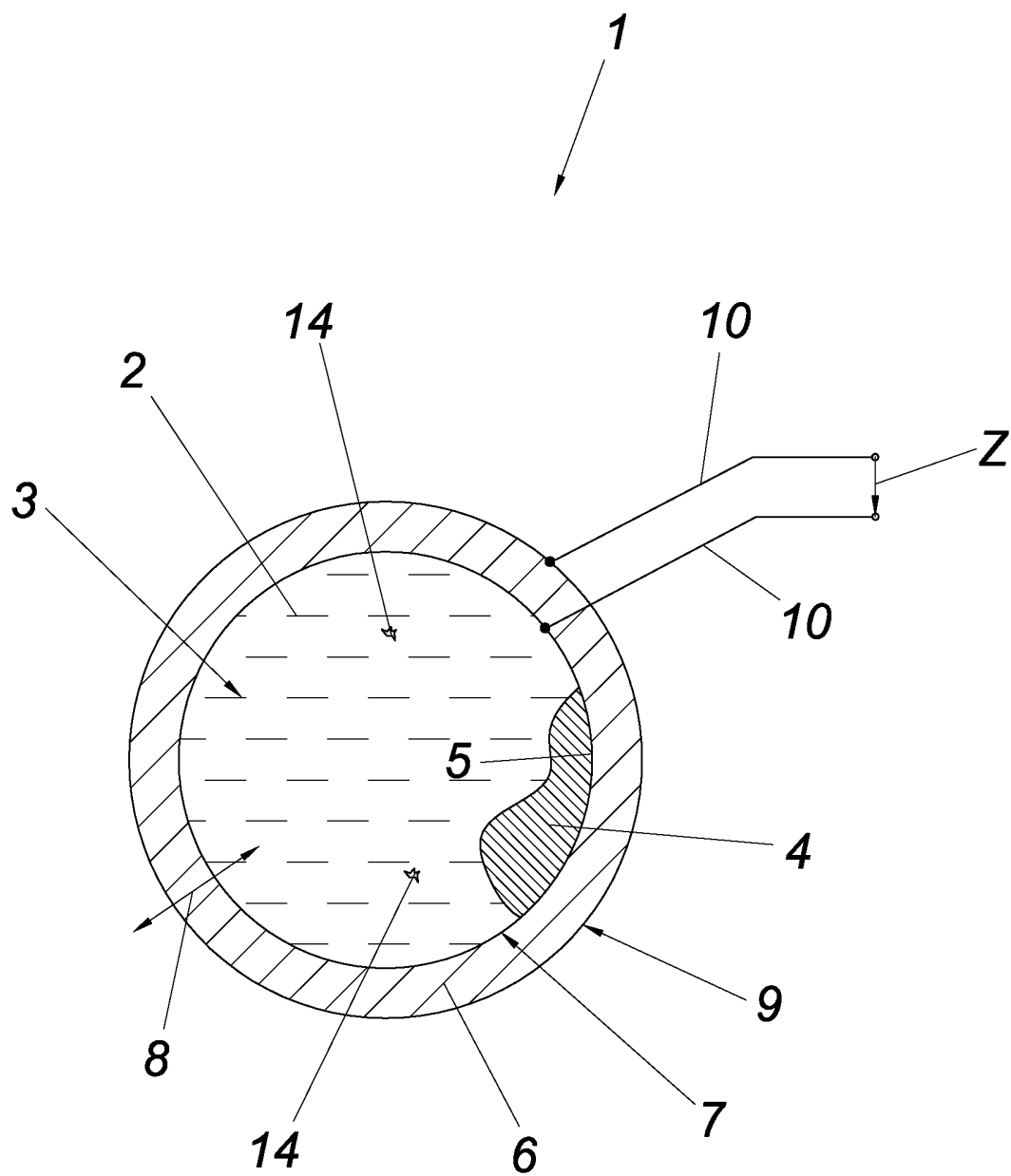


FIG.2

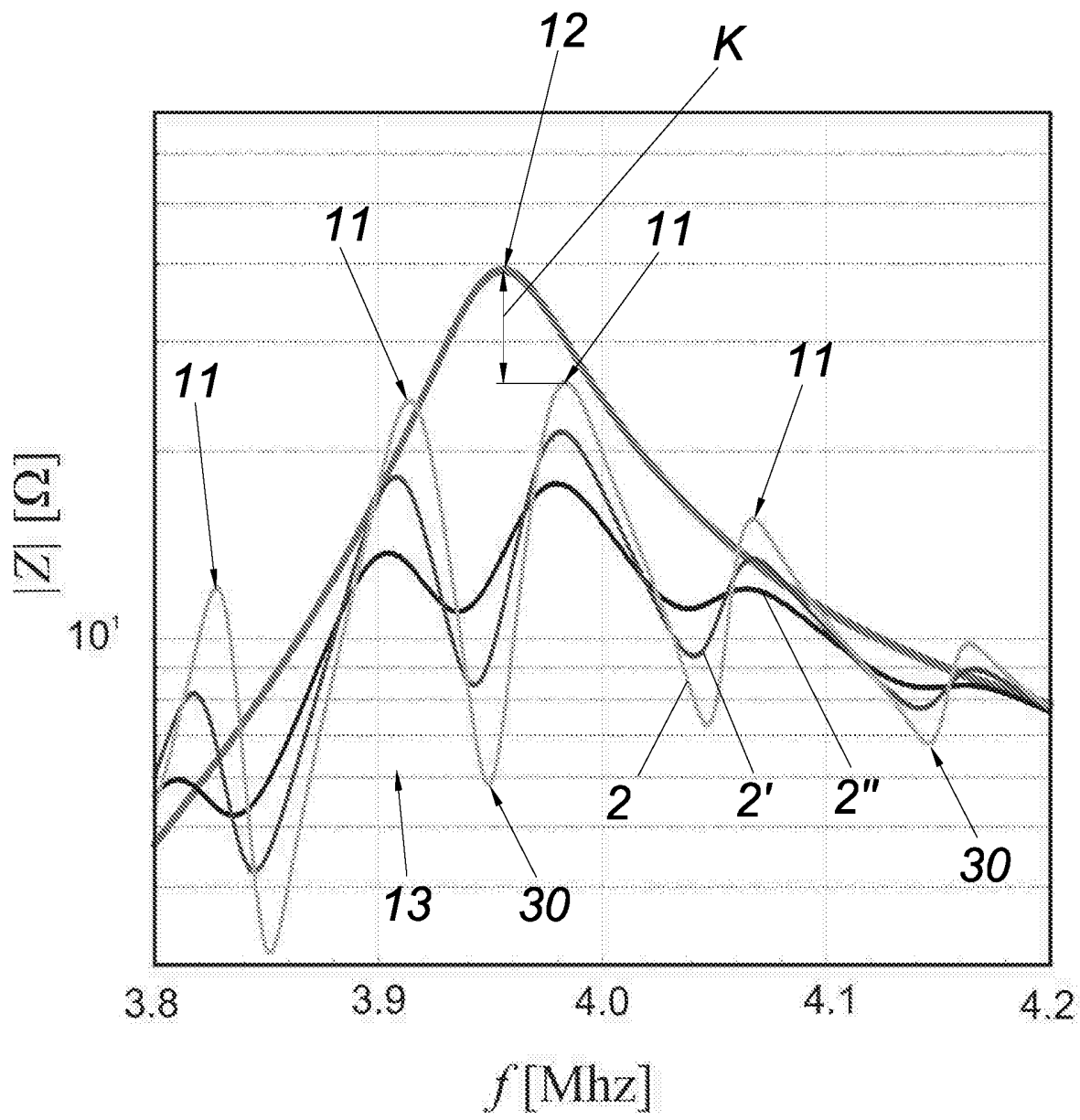


FIG.3

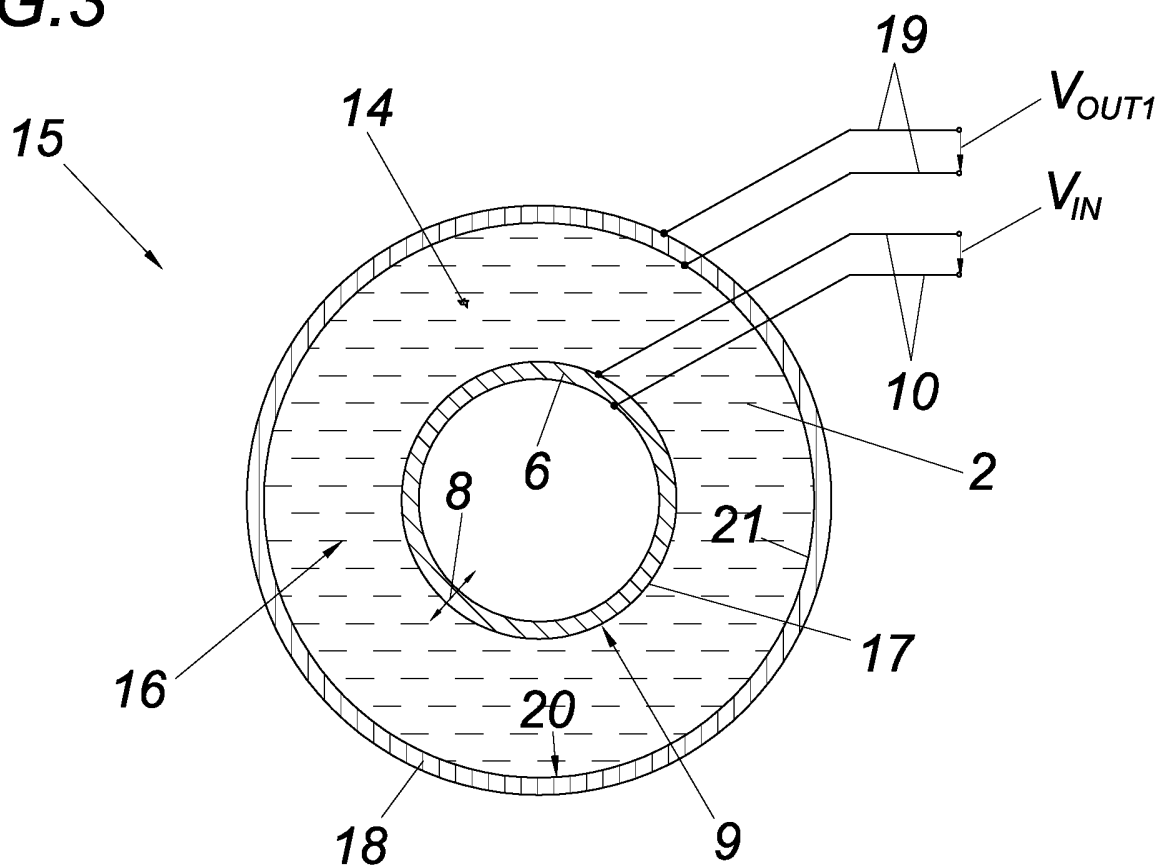


FIG.4

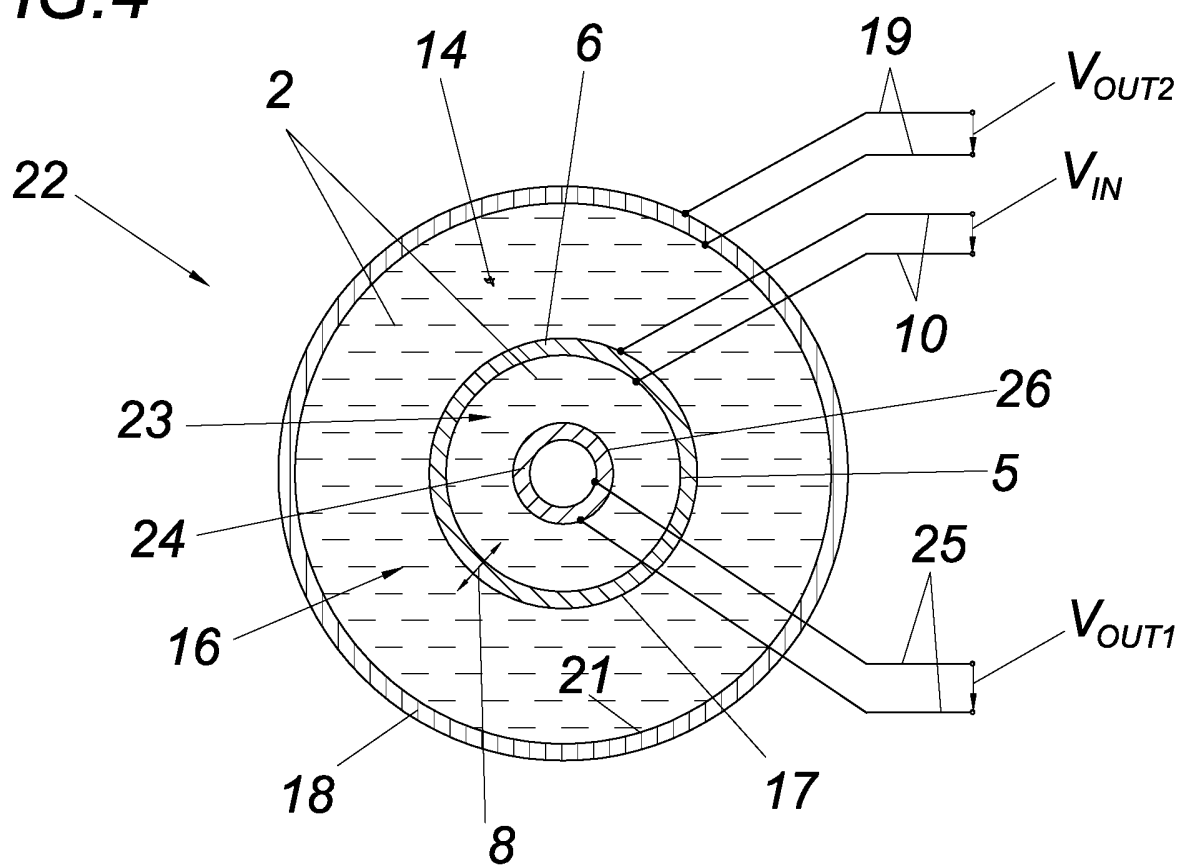
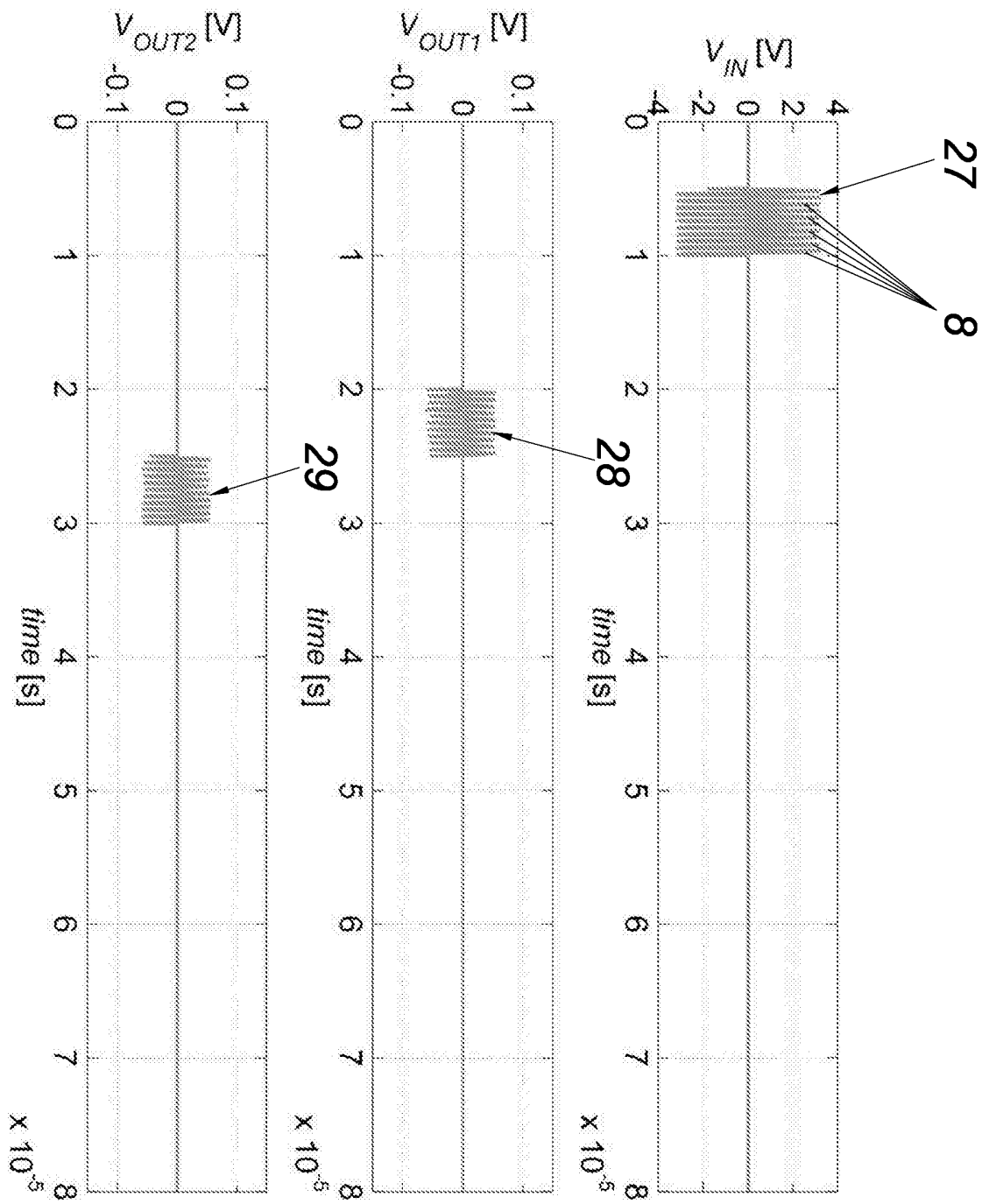


FIG.5



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01N 11/16 (2006.01); **G01N 29/02** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01N 11/16 (2013.01); **G01N 29/022** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01N

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **31.10.2013** eingereichten Ansprüchen **1 - 18** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	EP 1291639 A1 (FLOWTEC AG) 12. März 2003 (12.03.2003) Ansprüche 1 - 16; Zusammenfassung; Fig. 1.	1 - 18
A	US 4524610 A (FITZGERALD, J.V.; et.al.) 25. Juni 1985 (25.06.1985) das ganze Dokument.	1 - 18
A	JP 2004012150 A (SEIKO EPSON CORP) 15. Jänner 2004 (15.01.2004) das ganze Dokument.	1 - 18
A	JP H02213742 A (SEIKO INSTR INC) 24. August 1990 (24.08.1990) Zusammenfassung.	1 - 18
A	DE 3934022 A1 (GAST, T.) 11. April 1991 (11.04.1991) Zusammenfassung; Fig. 1.	1 - 18
A	KR 20080097559 A (SAM JEON LTD) 06. November 2008 (06.11.2008) das ganze Dokument.	1 - 18
A	US 5571952 A (KAUZLARICH, J.) 05. November 1996 (05.11.1996) Zusammenfassung; Fig. 1.	1 - 18
A	DE 102010030332 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 22. Dezember 2011 (22.12.2011) das ganze Dokument.	1 - 18
A	DE 19840868 A1 (FLICK, C.; et.al.) 02. März 2000 (02.03.2000) Zusammenfassung; Fig.	1 - 18

Datum der Beendigung der Recherche:
23.09.2014

Seite 1 von 1

Prüfer(in):
SEYRINGER Christian

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.