



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 21 998 T2 2004.01.22**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 914 594 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 21 998.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR97/01384**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 935 619.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/004889**

(86) PCT-Anmeldetag: **24.07.1997**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **05.02.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.05.1999**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **14.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.01.2004**

(51) Int Cl.7: **G01F 23/296**  
**B06B 1/06**

(30) Unionspriorität:  
**9609434 26.07.1996 FR**

(73) Patentinhaber:  
**Marwal Systems, Chalons en Champagne, FR**

(74) Vertreter:  
**Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, ES, GB, IT, SE**

(72) Erfinder:  
**DENNEULIN, Denis, F-51000  
Châlons-en-Champagne, FR; CHING, Gil, F-06110  
Le Cannet, FR**

(54) Bezeichnung: **PIEZOELEKTRISCHER FLÜSSIGKEITSSTANDMESSER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf den Bereich der Flüssigstandsmessung mit piezoelektrischen Zellen.

[0002] Die vorliegende Erfindung findet insbesondere Anwendung bei der Füllhöhenmessung von Treibstoff in einem Tank eines Kraftfahrzeugs.

[0003] Der Fachmann kennt Messsysteme auf der Basis von piezoelektrischen Zellen, bei denen eine akustische Welle in eine Flüssigkeit eingestrahlt wird und diese beispielsweise nach Reflexion durch eine Prallplatte erfasst wird, um die Höhe der Flüssigkeit zu bestimmen, die von der Welle durchlaufen wurde, und zwar anhand der Zeit, die zwischen Abstrahlung und Empfang verstrichen ist.

[0004] In EP-A-0 182 140 wird ein piezoelektrisches Flüssigstandsmesssystem beschrieben, das mit piezoelektrischen Einrichtungen zum Aussenden einer akustischen Welle in eine Flüssigkeit und Erfassen der Welle versehen ist, um den in der Flüssigkeit durchlaufenen Weg anhand der Zeit zwischen Abstrahlung und Empfang zu bestimmen. In dieser Schrift wird außerdem ein System mit wenigstens zwei separaten piezoelektrischen Elementen auf einer gleichen piezoelektrischen Scheibe beschrieben.

[0005] Diese bekannten Messsysteme zielen darauf ab, dass im Gegensatz zu Messgeräten mit Schwimmern, zum Beispiel Messgeräten, die einen Schwimmer an einem Dreharm umfassen, weder elektrische noch mechanische Kontakte benötigt werden.

[0006] Die vorliegende Erfindung hat nun zum Ziel, die bekannten piezoelektrischen Messsysteme zu verbessern.

[0007] Dieses Ziel wird erfindungsgemäß erreicht mit einem piezoelektrischen Messsystem, wie es in dem beigefügten Anspruch 1 definiert wird.

[0008] Weitere Merkmale, Ziele und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Einzelheiten, wobei Bezug genommen wird auf die beigefügten Zeichnungen, die nur als Beispiel ohne Einschränkung dienen.

[0009] **Fig. 1** zeigt schematisch einen vertikalen Schnitt durch einen Treibstofftank mit einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung.

[0010] **Fig. 2** zeigt in Draufsicht eine piezoelektrische Zelle gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0011] **Fig. 3, 4 und 5** zeigen jeweils eine Ansicht von der Seite der Flüssigkeit, eine Ansicht von der gegenüberliegenden Seite und eine transversale Schnittzeichnung eines Messgerätes gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0012] **Fig. 6, 7 und 8** zeigen jeweils eine Ansicht von der Seite der Flüssigkeit, eine Ansicht von der gegenüberliegenden Seite und eine transversale Schnittzeichnung eines piezoelektrischen Messgerätes gemäß einer ersten Abwandlung der vorliegenden Erfindung.

[0013] **Fig. 9, 10 und 11** zeigen jeweils eine Ansicht von der Seite der Flüssigkeit, eine Ansicht von der

gegenüberliegenden Seite und eine transversale Schnittzeichnung eines piezoelektrischen Messgerätes gemäß einer zweiten Abwandlung der vorliegenden Erfindung.

[0014] In der beigefügten **Fig. 1** ist ein Flüssigkeitstank **10**, beispielsweise für Treibstoff von Kraftfahrzeugen, gezeigt. Die Form des Tanks **10** in **Fig. 1** ist beliebig. Die Form dieses Tanks **10** kann auf vielfache Art verändert werden.

[0015] In **Fig. 1** ist die Flüssigkeit in dem Tank **10** allgemein mit **20** bezeichnet, und ihr oberer Pegel wird mit **22** bezeichnet.

[0016] Erfindungsgemäß ist an der Basis des Tanks **10** auf einem Träger **30** ein piezoelektrisches Element **40** vorgesehen, das zwei unterschiedliche aktive piezoelektrische Abschnitte **42, 44** auf ein und derselben piezoelektrischen Scheibe umfasst.

[0017] Die Trennung der beiden aktiven Abschnitte **42, 44** derselben Ursprungsscheibe kann auf irgendeine geeignete Art vorgenommen werden, z. B. durch Elektroschneiden oder auch durch mechanisches Trennen.

[0018] Bei einer weiteren Ausführungsform bleibt die piezoelektrische Scheibe ohne Durchtrennung zwischen den beiden aktiven Abschnitten **42, 44** erhalten, und die Abgrenzung zwischen ihnen wird durch die Geometrie von auf der Scheibe angeordneten Elektroden definiert. Mit anderen Worten, auf der Seite der Flüssigkeit hängen die Elektroden nicht zusammen, sondern sind durch einen Spalt **46** getrennt.

[0019] Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die Trennlinie **46** zwischen den beiden aktiven Abschnitten **42, 44** vorzugsweise gerade. Außerdem ist in dem Tank **10**, vorzugsweise in seinem unteren Abschnitt, ein Referenzhindernis **50** vorgesehen, an dem akustische Wellen reflektiert werden. Genauer gesagt ist das Referenzhindernis **50** gegenüber dem ersten aktiven Abschnitt **42** der piezoelektrischen Zelle angeordnet. Auf diese Art sind die beiden aktiven Abschnitte **42, 44** derart ausgelegt, dass die akustische Welle gegen das Referenzhindernis **50** bzw. gegen die Oberfläche **22** der Flüssigkeit gelenkt wird.

[0020] Typischerweise, aber nicht ausschließlich bedeckt der aktive Abschnitt **42**, der in Richtung des Referenzhindernisses **50** ausstrahlt, ungefähr ein Drittel der Gesamtfläche der Piezozelle **40**, während der zweite aktive Abschnitt **44** in etwa zwei Drittel der Oberfläche dieser Zelle bedeckt.

[0021] Vorzugsweise haben die beiden aktiven Abschnitte **42, 44** eine gemeinsame Elektrode **60** neben dem Träger **30** sowie spezielle Elektroden **62, 64** auf ihren gegenüberliegenden Oberflächen auf der Seite der Flüssigkeit **20**.

[0022] Der Durchmesser der kreisförmigen piezoelektrischen Zelle **40** liegt typischerweise in der Ordnung von 20 mm.

[0023] Als Beispiel ohne Einschränkung sind die aktiven piezoelektrischen Abschnitte **42, 44** ausgelegt, um Wellen in der Größenordnung von 2 MHz als

Rechtecksignal auszusenden.

[0024] Die Funktion des Systems ist im Wesentlichen die Folgende:

Eine akustische Welle wird von dem aktiven piezoelektrischen Abschnitt **42** in Richtung auf das Referenzhindernis **50** ausgesendet. Dieser gleiche aktive Abschnitt **42** dient dazu, die von dem Hindernis **50** reflektierte akustische Welle bei ihrer Rückkehr zu erfassen. Der Abstand zwischen dem aktiven Abschnitt **42** und dem Referenzhindernis **50** ist genau bekannt, und die Messung der Zeit zwischen Ausstrahlung und Empfang der akustischen Welle erlaubt die Berechnung des Geschwindigkeitskoeffizienten der vorhandenen Flüssigkeit **20**, beispielsweise für einen speziellen Treibstoff.

[0025] Eine zweite akustische Welle wird von dem aktiven Abschnitt **44** in Richtung auf die Oberfläche **22** der Flüssigkeit abgestrahlt. Dieser gleiche aktive Abschnitt **44** dient dazu, die von der Oberfläche **22** der Flüssigkeit reflektierte Welle zu erfassen. Bei Kenntnis des Geschwindigkeitskoeffizienten der Flüssigkeit **20** auf Grund der Messung mit dem ersten aktiven Abschnitt **42** kann man auf Grund der Zeit zwischen Ausstrahlung und Empfang der Echowelle mit dem zweiten aktiven Abschnitt **44** die Flüssigkeitshöhe in dem Tank, d. h. den Abstand zwischen der Oberfläche des aktiven Abschnitts **44** und der Oberfläche der Flüssigkeit **22** berechnen.

[0026] Im Rahmen der Erfindung sind vorzugsweise außerdem Einrichtungen vorgesehen, um den Geschwindigkeitskoeffizienten abzuspeichern, der auf Grund der Messung durch den ersten aktiven Abschnitt **42** bestimmt wurde, bevor der Pegel der Flüssigkeit **20** in dem Tank **10** unter das Referenzhindernis **50** sinkt und folglich die Messung mit dem ersten aktiven Abschnitt **42** gegenstandslos wird.

[0027] Außerdem werden im Rahmen der Erfindung die piezoelektrischen Einrichtungen **42**, **44** vorzugsweise mit einem Strom versorgt, dessen Stärke derart eingestellt ist, dass die Spannungsmessung an den Anschlüssen der Einrichtungen **42**, **44**, die ihrerseits temperaturabhängig ist, dazu dienen kann, die Temperatur der Flüssigkeit **20** zu bestimmen. Diese Temperaturmessung kann unter bestimmten Bedingungen genutzt werden, um eine Korrektur der Messung des Flüssigkeitspegels durchzuführen.

[0028] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Eigenschaft der Erfindung umfassen die Messsysteme wenigstens eine Korrespondenztabelle mit Höhe und Volumen, die der Geometrie des Tanks **10** Rechnung trägt und die direkte Ausgabe eines verfügbaren Volumens in dem Tank auf Grund der genannten Messung der Höhe ermöglicht.

[0029] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Eigenschaft der Erfindung umfasst das System außerdem Einrichtungen zum Vergleichen der Geschwindigkeit der akustischen Welle in der Flüssigkeit **20**, die mit Hilfe des aktiven piezoelektrischen Abschnitts **42** gemessen wurde, mit einem Wertebereich, der dem zulässigen Treibstoff **20** zugeordnet ist, um den Fahrer

des Fahrzeugs durch einen Alarm aufmerksam zu machen, wenn eine wesentliche Abweichung festgestellt wird, beispielsweise darauf dass falscher Treibstoff in den Tank gefüllt wird.

[0030] Die Temperatur der Flüssigkeit **20**, die wie oben angedeutet bestimmt wurde, kann insbesondere zur Diagnose des Versorgungssystems herangezogen werden.

[0031] Die vorliegende Erfindung bietet insbesondere die folgenden Vorteile.

[0032] Die Verwendung von zwei getrennten piezoelektrischen Einrichtungen auf ein und derselben piezoelektrischen Scheibe ermöglicht eine zuverlässige Diskriminierung der jeweiligen Signale dieser beiden Einrichtungen durch Unterdrückung parasitären Übersprechens. Außerdem ist die Erfindung einfach zu montieren und ermöglicht automatisch eine paarweise Anordnung der beiden piezoelektrischen Einrichtungen **42**, **44** und führt außerdem zu einem vollständig autonomen Ensemble mit reduziertem Bau- raum.

[0033] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die spezielle Ausführungsform beschränkt, die oben beschrieben wurde, sondern erstreckt sich auf jede Variante der zugrundeliegenden Lehre.

[0034] In den **Fig. 3**, **4** und **5** ist eine erste Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt, bei der die piezoelektrische Scheibe **40** eine kreisförmige rotationssymmetrische Scheibe mit einer Dicke  $e$  von 1 mm und einem Durchmesser von 20 mm ist.

[0035] Auf der Seite der Flüssigkeit ist die Scheibe **40** mit einer Metallisierung als zwei Elektroden **62**, **64** versehen. Jede dieser Elektroden **62**, **64** wird durch einen Kreisbogen sowie eine gerade Sekante begrenzt, die die Enden dieser Bögen verbindet. Als Beispiel ohne Einschränkung beträgt die Breite des geraden Spalts **46** zwischen den Elektroden **62**, **64**, durch den die genannten Sekanten voneinander getrennt werden, in etwa 1 mm; eine kreisförmige Umrandung mit einer Breite von 1 mm bleibt auf der Oberfläche der Scheibe am Außenrand der Elektroden **62**, **64** frei von Metallisierung, so dass jene einen Radius in der Ordnung von 18 mm haben; außerdem ist die Höhe  $h$  der Elektrode **62**, die sich senkrecht zu ihrer Sekante erstreckt, in der Ordnung von 5 mm.

[0036] Die zweite Fläche der Scheibe **60**, d. h. die Fläche gegenüber der Flüssigkeit, ist mit einer einzigen, gemeinsamen, zentralen und kreisförmigen Elektrode **60** versehen, deren Radius identisch mit dem der Elektroden **62**, **64** ist, d. h. im Bereich von 18 mm liegt.

[0037] In den **Fig. 6**, **7** und **8** ist eine erste Abänderung der Ausführungsform gezeigt, bei der eine piezoelektrische Scheibe **40** mit einer Dicke  $e$  von 1 mm und einem Außendurchmesser von 20 mm mit zwei Elektroden **62**, **64** auf ihrer Seite zur Flüssigkeit hin versehen ist, wobei jede kreisförmig ist und einen Durchmesser von 4,5 mm bzw. 11,5 mm hat.

[0038] Die Elektrode **62** hat ihre Mitte in einem Ab-

stand von 7,5 mm von der Mitte der Scheibe **40**. Die Elektrode **64** hat ihre Mitte in einem Abstand von 4 mm von der Mitte der Scheibe **40**. Die Mittelpunkte der beiden Elektroden **62**, **64** befinden sich in einer gemeinsamen Ebene durch die Achse der Scheibe **40**. Diese Elektroden **62**, **64** sind mit einer im Wesentlichen radialen Ausstülpung versehen, um die elektrische Verbindung, beispielsweise als Lötstelle, sicherzustellen.

[0039] Die zweite Seite der Scheibe **40**, d. h. die Seite gegenüber der Flüssigkeit, ist mit einer einzigen gemeinsamen kreisförmigen zentralen Elektrode **60** mit einem Durchmesser in der Ordnung von 18 mm versehen, im Wesentlichen in Übereinstimmung mit dem größten Abstand zwischen dem Außenrand der beiden Elektroden **62**, **64**.

[0040] Schließlich ist in den **Fig. 9**, **10** und **11** eine zweite Variante der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt, bei der die piezoelektrische Scheibe **40** mit einer Dicke von 1 mm und einem Durchmesser in der Ordnung von 20 mm auf ihrer Seite zur Flüssigkeit hin mit zwei Elektroden **62**, **64** versehen ist, die rotationssymmetrisch und konzentrisch sind. Diese beiden Elektroden **62**, **64** sind somit durch einen kreisförmigen Spalt **46** getrennt. Außerdem ist die radial außen liegende Elektrode **64** mit einem radialen Spalt versehen, der eine Ausstülpung aufnimmt, die mit der zentralen Elektrode **62** verbunden ist, um die Kontaktierung sicherzustellen.

[0041] Als Beispiel ohne Einschränkung kann die zentrale Elektrode **62** einen Durchmesser in der Ordnung von 11,5 mm, der kreisförmige Spalt **46** eine Breite in der Ordnung von 1 mm haben, und die radial äußere Elektrode **64** kann sich bis zum Rand der Scheibe **40** erstrecken.

[0042] Die gegenüberliegende Fläche der Scheibe **40** ist mit einer einzigen gemeinsamen kreisförmigen Elektrode **60** versehen. Jedoch ist diese Elektrode **60**, die auf der Scheibe **40** zentriert ist, nach **Fig. 10** dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner als der der radial äußeren Elektrode **64** in **Fig. 9** ist. Diese Anordnung ermöglicht es, das piezoelektrische Material zwischen der gemeinsamen Elektrode **60** und der kreisförmigen Außenelektrode **64** schräg in Bezug auf die Achse der Scheibe in Betrieb zu nehmen, um die Abstrahlungs-/Empfangs-Hauptkeule in Bezug auf den Flüssigkeitstank auszurichten.

### Patentansprüche

1. Piezoelektrisches Flüssigstandsmesssystem, insbesondere für einen Treibstofftank von einem Kraftfahrzeug, mit piezoelektrischen Einrichtungen (**40**) zum Abstrahlen einer akustischen Welle in eine Flüssigkeit (**20**) und Erfassen der Welle zum Bestimmen des in der Flüssigkeit (**20**) durchlaufenen Weges auf Grund der Zeit zwischen Abstrahlung und Empfang, wobei die piezoelektrischen Einrichtungen zwei getrennte aktive Abschnitte (**42**, **44**) auf einer glei-

chen piezoelektrischen Scheibe (**40**) umfassen, die in dem zu vermessenden Tank angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass es außerdem ein Referenzhindernis (**50**) umfasst, das in einem vorgegebenen und bekannten Abstand von den piezoelektrischen Einrichtungen (**40**) angeordnet ist, und dass seine beiden aktiven Abschnitte dazu dienen, jeweils eine akustische Welle in Richtung auf das Referenzhindernis (**50**) und in Richtung auf die Oberfläche (**22**) der zu messenden Flüssigkeit zu senden, und dass es Einrichtungen zum Vergleichen des Geschwindigkeitskoeffizienten, der auf Grund der Zeit zwischen Ausstrahlung einer Welle in Richtung auf das Referenzhindernis (**50**) und die Erfassung der durch dieses Hindernis (**50**) reflektierten Welle gemessen wurde, mit einem Zulässigkeitsbereich für die Geschwindigkeit und Einrichtungen zum Initiieren eines speziellen Verfahrens umfasst, wenn die gemessene Geschwindigkeit außerhalb dieses Zulässigkeitsbereiches liegt.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei aktiven Abschnitte (**42**, **44**) durch Elektroschneiden getrennt werden.

3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei aktiven Abschnitte (**42**, **44**) durch mechanisches Spalten getrennt werden.

4. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Scheibe (**40**) unversehrt ist und die Abgrenzung zwischen den zwei aktiven Abschnitten (**42**, **44**) durch einen Spalt (**46**) erfolgt, durch den Elektroden (**62**, **64**) separiert werden.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei aktiven Abschnitte (**42**, **44**) jeweils in etwa ein Drittel bzw. zwei Drittel der ursprünglichen piezoelektrischen Scheibe bedecken.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (**46**), der die beiden piezoelektrischen aktiven Abschnitte (**42**, **44**) trennt, gerade ist.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Zelle (**40**) für die beiden aktiven Abschnitte (**42**, **44**) gemeinsame eine Elektrode (**60**) und jeweilige Elektroden (**62**, **64**) umfasst.

8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der piezoelektrischen Zelle in der Ordnung von 20 mm liegt.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es Einrichtungen zum

Abspeichern des Geschwindigkeitskoeffizienten des Treibstoffs umfasst, der auf Grund der Zeit zwischen Ausstrahlung einer Welle auf das Referenzhindernis (50) und Empfang dieser Welle durch den entsprechenden aktiven Abschnitt (42) bestimmt wurde, um den abgespeicherten Geschwindigkeitskoeffizienten zu sichern, bevor der Pegel der Flüssigkeit unter das Referenzhindernis (50) sinkt.

(64) auf der Seite der Scheibe zur Flüssigkeit hin ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

10. System nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es Einrichtungen zum Versorgen der piezoelektrischen Zelle (40) mit einem Strom, der eingestellt ist, und Einrichtungen zum Messen der Spannung an den Anschlüssen der piezoelektrischen Zelle (40) umfasst, um daraus die Temperatur der Flüssigkeit (20) abzuleiten und eine Korrektur der Füllstandsmessung in Abhängigkeit von dieser Temperatur durchzuführen.

11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass es Einrichtungen umfasst zum Abspeichern von wenigstens einer Korrespondenztabelle mit gemessenem Flüssigkeitspegel und dessen Volumen.

12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das spezielle Verfahren, das initiiert wird, wenn die gemessene Geschwindigkeit aus dem Zulässigkeitsbereich fällt, ein Alarm ist.

13. System nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Scheibe (40) auf ihrer Seite zur Flüssigkeit hin mit zwei Elektroden (62, 64), die durch einen Außenrand in Kreisabschnitte unterteilt und durch gerade, parallele Sekanten abgegrenzt werden, und auf ihrer Fläche gegenüber der Flüssigkeit mit einer gemeinsamen kreisförmigen Elektrode versehen ist.

14. System nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Scheibe (40) auf ihrer Seite zur Flüssigkeit hin mit zwei kreisförmigen, benachbarten Elektroden (62, 64) und auf ihrer Seite gegenüber mit einer kreisförmigen gemeinsamen Elektrode (60) versehen ist.

15. System nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die piezoelektrische Scheibe (40) auf ihrer Seite zur Flüssigkeit hin mit zwei konzentrischen Elektroden (62, 64) und auf ihrer Seite gegenüber mit einer zentralen kreisförmigen gemeinsamen Elektrode (60) versehen ist.

16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die gemeinsame Elektrode (60) auf der zweiten Fläche der piezoelektrischen Scheibe (40) einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner als der Außendurchmesser der externen Elektrode

FIG. 1

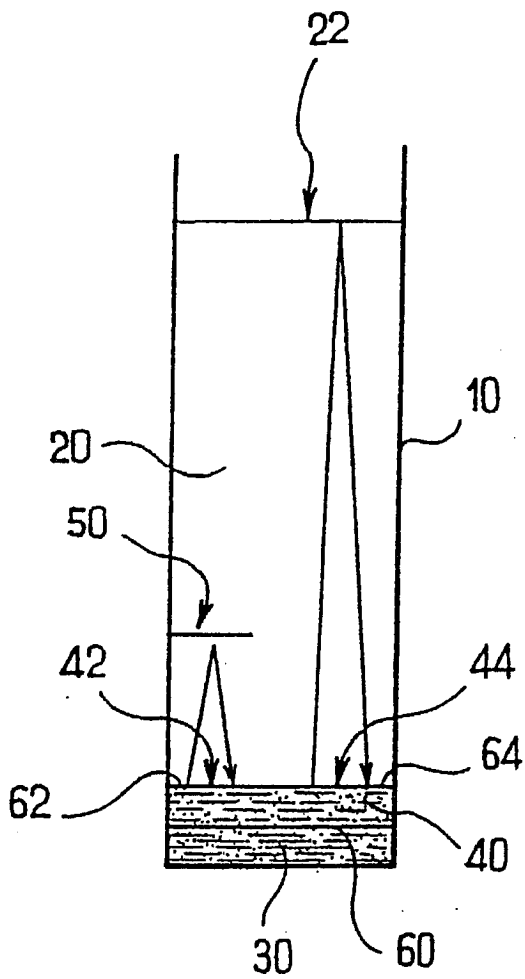
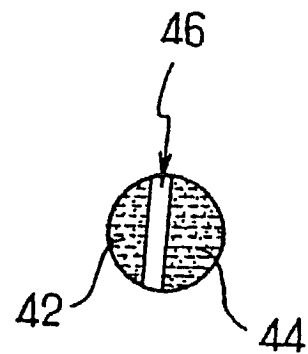


FIG. 2



2 / 2

FIG.3

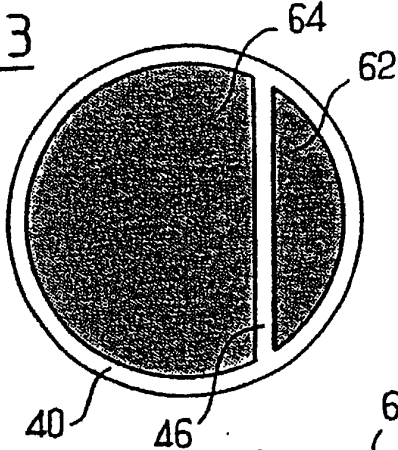


FIG.4

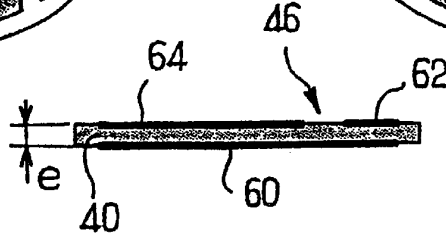
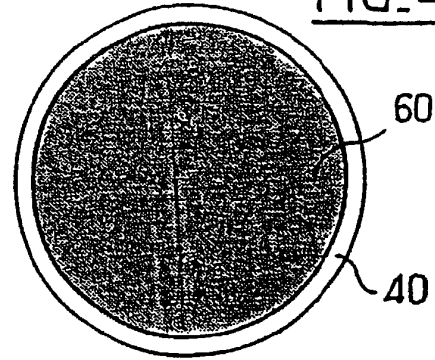


FIG.5

FIG.6

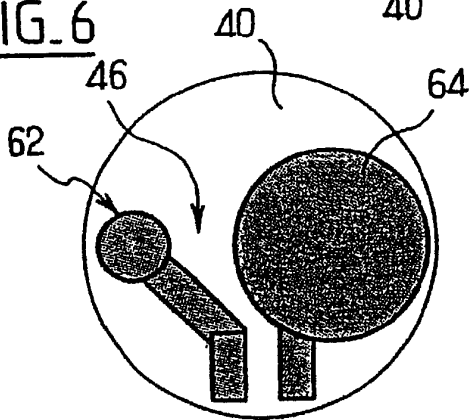


FIG.7

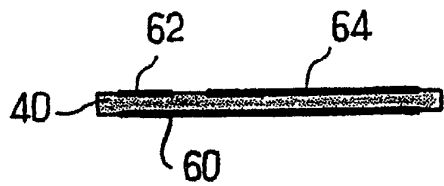
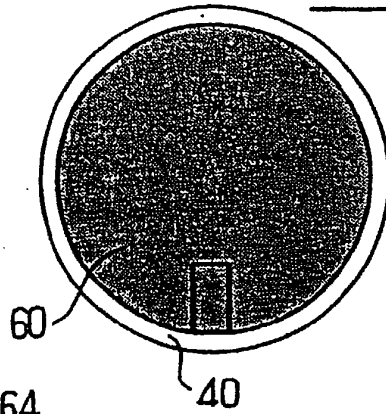


FIG.8

FIG.9

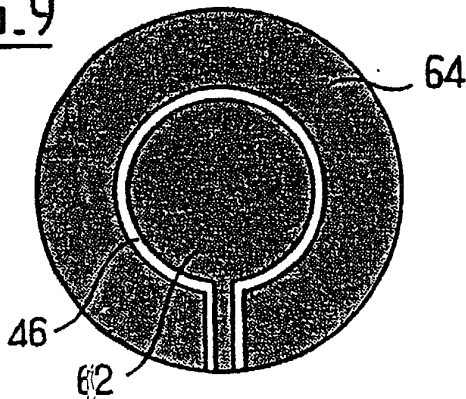


FIG.10

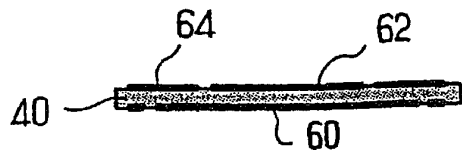
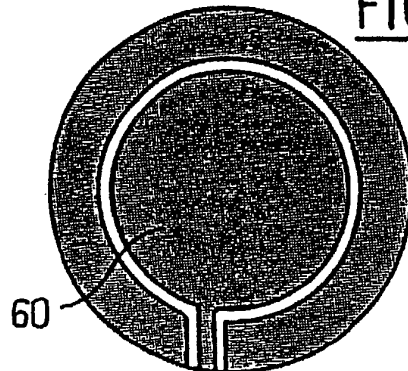


FIG.11