



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 43 06 193 B4 2004.11.11

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: P 43 06 193.1

(22) Anmelddatum: 27.02.1993

(43) Offenlegungstag: 16.09.1993

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11.11.2004

(51) Int Cl.⁷: G01F 23/296
// B64D 37/06, B65D 90/48

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
9205148 10.03.1992 GB

(72) Erfinder:
Sinclair, David, Chineham, Hampshire, GB

(71) Patentinhaber:
Smiths Group PLC, London, GB

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

DE 34 31 774 A1

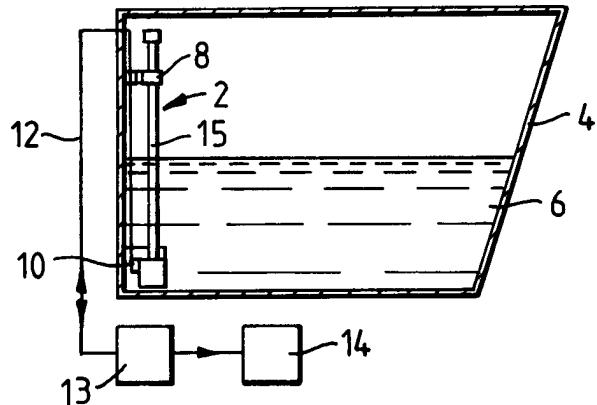
DE 29 06 704 A1

EP 01 06 677 B1

(74) Vertreter:
Charrier, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 86152 Augsburg

(54) Bezeichnung: Füllstandssensor

(57) Hauptanspruch: Füllstandssensor mit einem Ultraschall-Sende-Empfänger (68), welcher am unteren Ende eines vertikal verlaufenden, aus einem ersten, steifen Material bestehenden Rohre (30) zur Einstrahlung in das Innere des Rohre (30) angebracht ist, wobei der Füllstand in dem Rohr (30) identisch mit dem Füllstand außerhalb des Rohr (30) ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (30) mindestens entlang eines erheblichen Teils seiner Länge eine Oberflächenschicht (32) aus einem zweiten Material aufweist, welches akustisch absorbierend ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Füllstandssensor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ultraschallunterstützte Füllstandssensoren machen von der Tatsache Gebrauch, dass Ultraschallwellen sich in einer Flüssigkeit frei fortpflanzen können, in Luft oder einem anderen Gas jedoch schnell abgeschwächt werden. Wenn ein Ultraschallgeber derart am Boden eines Flüssigkeitsbehälters montiert ist, dass er nach oben in Richtung der Flüssigkeits-Luft-Grenzfläche abstrahlt, wird die Ultraschallenergie von dieser Grenzfläche nach unten zu dem Ultraschallgeber, welcher als Ultraschall-Sende-Empfänger ausgebildet ist, zurückreflektiert. Durch Messung der Zeit zwischen der Aussendung und dem Empfang eines Pulses ist es möglich, den Abstand zwischen dem Ultraschallgeber und der Flüssigkeits-Luft-Grenzfläche und hierdurch die Tiefe der Flüssigkeit zu messen.

[0003] Für gewöhnlich werden Ultraschallgeber dieser Art am unteren Ende eines Rohrs angebracht, welches sich vom Boden bis zum oberen Ende des Flüssigkeitsbehälters erstreckt. Das Rohr ist unten offen, so dass der Füllstand innerhalb des Rohrs genauso hoch ist wie in dem Flüssigkeitsbehälter außerhalb des Rohrs. Die Verwendung eines derartigen Rohrs hat verschiedene Gründe. Erstens wird hierdurch der Ultraschallgeber von anderen Sensoren oder Störungsquellen isoliert. Zweitens wird die Ultraschallwelle gebündelt, so dass sie nur auf einen bestimmten Bereich der Flüssigkeitsoberfläche unmittelbar oberhalb des Ultraschallgebers gerichtet ist. Drittens ist die Flüssigkeitsoberfläche innerhalb des Rohrs wesentlich wellenärmer als außerhalb des Rohrs.

Stand der Technik

[0004] Ein weiterer Vorteil der Verwendung eines Rohres ist die leichte Realisierung einer Referenzhöhe durch Anbringung eines Reflektors in bestimmter Höhe innerhalb des Rohrs. In diesem Fall empfängt der Ultraschallgeber, welcher auch als Empfänger fungiert, eine Reflexion von der Flüssigkeitsoberfläche und eine von dem Referenzreflektor, wodurch die Flüssigkeitshöhe kalibrierbar ist. Hierdurch ist das Meßsystem für verschiedene Flüssigkeiten mit verschiedenen akustischen Ausbreitungseigenschaften verwendbar. Auch Temperaturänderungen, welche die Ultraschallausbreitungsgeschwindigkeit beeinflussen, können hierdurch kompensiert werden. Ein Beispiel für einen Ultraschallsensor mit einem Rohr, in dessen unterem Außenbereich ein Ultraschall-Sende-Empfänger angeordnet, findet sich in der EP 0 106 677 B1.

[0005] Gegenstand der DE 34 31 774 A1 ist eine Vorrichtung zur Messung des Füllstandes von Flüssigkeiten mit einem am unteren Ende eines Schallführungsrohres angebrachten Ultraschall-Sende-Empfängers, der in das Innere dieses Schallführungsrohres einstrahlt, wobei der Füllstand in dem Rohr identisch mit dem Füllstand außerhalb des Rohres ist.

[0006] Derartige Ultraschallfüllstandsmessvorrichtungen weisen jedoch verschiedene Nachteile auf. Einer dieser Nachteile resultiert daraus, dass die Ultraschallenergie zusätzlich zur Übertragung in der Flüssigkeit innerhalb des Rohrs auch innerhalb der Wandung des Rohrs selbst übertragen wird. Dies kann zu einer Schallausbreitung aus der Wandung in die Flüssigkeit führen, insbesondere an Stellen, wo die Röhrenwandung zu Halterungszwecken geklemmt ist. Hierdurch entstehen falsche Echos, welche der Ultraschall-Sende-Empfänger empfängt. Um diesem Nachteil zu begegnen, wurden Rohre aus Kunststoffmaterialien verwendet, welche weniger starke Streuechos erzeugen. Dies führt jedoch zu einem anderen Nachteil, da aufgrund der geringeren Steifigkeit von Kunststoff gegenüber Metall die Wandung des Rohrs relativ dick auszulegen ist, um die notwendige Steilheit zu erhalten, was wiederum zu einer Gewichtserhöhung führt. Beim Einsatz in Luftfahrzeugen, wo ein Dutzend oder noch mehr derartige Einrichtungen verwendet werden, ist der Gewichtszuwachs von besonderem Nachteil und führt zu stark erhöhten Betriebskosten.

[0007] Ein weiterer Nachteil dieser Sensoren wird offenbar, wenn die Ultraschallwellen nicht axial entlang des Rohres verlaufen, weil dann multiple Echos entstehen und der tatsächlich zurückgelegte Weg vergrößert wird, was zu einer entsprechenden Zeitverzögerung führt. Dieser Nachteil tritt insbesondere dann auf, wenn die Flüssigkeitsoberfläche nicht senkrecht zur Rohrachse orientiert ist, weil in diesem Fall die Mehrzahl der reflektierten Signale nicht axial entlang des Rohrs verlaufen. Obwohl die Signale, welche axial entlang des Rohrs reflektiert werden, ausreichen können, um die Flüssigkeitshöhe zu messen, können diese Signale durch starke multiple Reflexionssignale von den Röhrenwandungen überdeckt werden.

Aufgabenstellung

[0008] Es besteht daher die Aufgabe, einen Ultraschall-Füllstandssensor so weiterzubilden, dass bei möglichst geringem Gewicht die Bildung von Streuechos Weitgehend vermieden wird.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unter-

ansprüchen entnehmbar.

[0011] Das Rohr des Füllstandssensors nach dem Anspruch 1 weist ähnliche akustische Eigenschaften auf wie ein vollständig aus Kunststoffmaterial hergestelltes Rohr, wobei die Festigkeit des Materials jedoch die Bauweise mit einer dünneren Wandstärke und demzufolge geringerem Gewicht als bei einem herkömmlichen Kunststoffrohr zuläßt.

[0012] Ein Ultraschallsensor zum Einsatz bei einer Tankfüllstandsanzeige eines Flugzeugs gemäß der vorliegenden Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen näher beschrieben. Diese zeigen:

Ausführungsbeispiel

[0013] **Fig. 1:** eine Seitenansicht des Sensors im Kraftstofftank eines Flugzeugs und

[0014] **Fig. 2:** eine vergrößerte seitliche Querschnittsdarstellung des Sensors.

[0015] Aus **Fig. 1** ist erkennbar, dass der Sensor **2** vertikal im Tank **4** eines Flugzeugs angebracht ist, welcher Treibstoff **6** enthält. Der Sensor **2** wird von zwei Klemmen **8** und **10** gehalten, welche am oberen bzw. unteren Ende des Sensors und an der Wandung des Tanks **4** angebracht sind. Das Antriebssignal für den Sensor und sein elektrisches Ausgangssignal verlaufen über eine Leitung **12**, welche vorn untenen Ende des Sensors zu einer Kontrolleinheit **13** führt, die einen Füllstandsrechner enthält, welcher das Treibstoffvolumen aus der Höheninformation von dem Sensor **2** und aus der bekannten Tankgeometrie berechnet. Das Ausgangssignal von der Kontrolleinheit **13** wird einer Anzeige **14** oder einer anderen Einrichtung zugeführt und kann entweder als Volumen oder, falls die Dichte des Treibstoffs bekannt ist, als Masse ausgegeben werden.

[0016] Unter zusätzlicher Bezugnahme auf **Fig. 2** erkennt man, dass der Sensor **2** eine röhrenförmige Anordnung **15** und eine Basisanordnung **16** umfaßt, welche sich am unteren Ende der röhrenförmigen Anordnung **15** befindet.

[0017] Die röhrenförmige Anordnung **15** ist etwa 530 mm lang und hat einen Außendurchmesser von etwa 25 mm. Die Anordnung besteht aus einem zylindrischen Rohr **30** aus Metall, beispielsweise aus Aluminium, mit einer Wandstärke von ungefähr 0,5 mm und einer Oberflächenschicht **32** (Beschichtung) aus einem akustisch absorbierenden Kunststoffmaterial an seiner Innenseite. Dieses Kunststoffmaterial ist beispielsweise Polysulfid aus zwei Komponenten oder ein ähnliches Material. Die Dicke dieser Oberflächenschicht **32** ist nicht kritisch, typischerweise ist die

Schicht etwa so dick wie die Wandung des Rohres **30**, also zwischen 0,4 und 0,5 mm. Die Schicht aus akustisch absorbierendem Material kann alternativ hierzu auch an der Außenseite des Rohres angebracht sein, obwohl die hierdurch erzeugte Verbesserung nicht so groß ist wie bei einer innen angebrachten Schicht. Die Beschichtung (**32**) kann durch irgendein bekanntes Verfahren erfolgen, beispielsweise indem das Beschichtungsmaterial in flüssiger Form durch das Rohr gegossen wird. An ihrem oberen Ende ist die Anordnung **15** durch eine Metallkappe **33** verschlossen, welche mit dem Rohr **30** verschweißt ist. Im Bereich seines oberen Endes weist das Rohr **30** (nicht dargestellte) Belüftungsöffnungen auf, welche auch in die Metallkappe integriert sein können. An ihrem unteren Ende ist die Anordnung zum Treibstoff innerhalb des Tanks **4** über vier in gleichem Abstand zueinander angeordnete Schlitze **34** um das untere Ende des Rohrs **30** geöffnet. Einer oder mehrere Referenzreflektoren **35** erstrecken sich an bestimmten Punkten durch die röhrenförmige Anordnung **15** entlang ihrer Länge.

[0018] Die Basisanordnung **16** beinhaltet eine Innenhalterung **60** mit einer röhrenförmigen Buchse **61**, welche das untere Ende des Rohres **30** umgreift, wobei diese Buchse Schlitze **62** aufweist, welche den Schlitten **34** in dem Rohr gegenüberstehen. An ihrem oberen Ende weist die Innenhalterung **64** einen radial nach außen verlaufenden Flansch **63** auf. An einer Seite ist dieser Flansch **63** mit dem Rohr **30** durch einen Metallstreifen **64** verbunden, welcher an seinem einen Ende mit der Außenseite des Rohrs **30** verlötet ist und an seinem anderen Ende an dem Flansch **63** befestigt ist. Eine Befestigungsklammer **65** steht vertikal von dem Flansch **63** ab und ist an der Klemme **14** des unteren Endes des Sensors **2** angebracht. Am unteren Ende der Basisanordnung **16** befindet sich eine Umwandlungsanordnung **66**, welche eine Befestigungsplatte **67** und einen Ultraschall-Sende-Empfänger **68** umfaßt, welcher an der Unterseite dieser Platte mit Hilfe eines akustisch absorbierenden Kunststoffs **69** wie Polysulfid vergossen ist. Der Ultraschall-Sende-Empfänger **68** ist auf der Achse des Rohrs **30** positioniert und seine Anschlußdrähte **70** verlaufen in einen Endblock **71**, wobei der Hohlraum um diese Anschlußdrähte mit einem Kunststoffmaterial ausgefüllt ist, welches geringfügig elektrisch leitfähig ist, beispielsweise Polysulfid mit einem darin dispergierten leitfähigen Pulver. Dies ergibt eine Sicherheitsstrombahn mit einem Widerstand in der Größenordnung von mehreren tausend Ohm, um einen Ladungsaufbau bei fehlerhaftem Sensor **2** zu verhindern. Die Befestigungsplatte **67** besteht aus einem Kunststoffmaterial wie Polyphenylensulfid und ihre Dicke ist so bemessen, daß der axiale Ultraschallstrahl von und zum Ultraschall-Sende-Empfänger **68** ohne wesentliche Dämpfung durch die Platte hindurchtreten kann. Das Kunststoffmaterial der Befestigungsplatte **67** wirkt wie das Vergieß-

material aus Kunststoff **69** als akustischer Isolator, welcher den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** von der röhrenförmigen Anordnung **15** isoliert.

[0019] Die Basisanordnung **16** wird durch eine zylindrische Außenabdeckung **72** vervollständigt, welche die Innenhalterung **60** und die Umwandlungsanordnung **66** einschließt. Öffnungen **73** am unteren Ende der Außenabdeckung **72** erlauben den Fluß von Treibstoff zur Basisanordnung **16** und damit zur röhrenförmigen Anordnung **15** hin und hiervon nach außen.

[0020] Beim Gebrauch aktiviert die Kontrolleinheit **13** den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** mit elektrischen Pulsen, wodurch der Ultraschall-Sende-Empfänger **68** Ultraschallpulse bei einer Frequenz von etwa 1 MHz und einem Pulsabstand von etwa 1 Sekunde emittiert. Die Ultraschallenergie ist vertikal nach oben gerichtet entlang der Achse der röhrenförmigen Anordnung **15**.

[0021] Jeder Ultraschallpuls verläuft innerhalb der Anordnung **15** in dem Treibstoff **6** axial nach oben, bis er die Grenzfläche zur Luft oder dem Gas in dem Tank **4** oberhalb der Flüssigkeit erreicht. An diesem Punkt wird der Energiepuls nach unten reflektiert zurück zum Ultraschall-Sende-Empfänger **68**. Der Ultraschall-Sende-Empfänger **68** empfängt auch Echopulse von den Referenzreflektoren **35**. Diese Echopulse stellen Kalibrierungspulse dar, mit deren Hilfe das Echo von der Flüssigkeitsoberfläche kalibriert werden kann. Die Oberflächenschicht **32** auf der Innenseite der Anordnung **15** reduziert sowohl den dem Rohr **30** von dem Treibstoff zugeführten Energiebetrag innerhalb des Rohrs **30** als auch den von dem Rohr **30** dem Treibstoff zugeführten Energiebetrag erheblich. Dies führt zu einem wesentlich saubereren Ausgangssignal, d.h. einem Ausgangssignal mit erheblich weniger Rauschen als bei einer Metallröhrenanordnung ohne derartige Beschichtung. In der Vergangenheit war es aufgrund des starken Rauschens nicht möglich, Metallröhren zu verwenden. Die Leistungsfähigkeit von Röhren aus anderen steifen Materialien, wie beispielsweise steifem glasfaserverstärktem Kunststoff kann auch durch Beschichtung mit einem anderen, akustisch absorbierenden Material verbessert werden. Insbesondere kann eine röhrenförmige Anordnung aus einem hartimprägnierten Glasfaserstreifen, beispielsweise Fiberite von ICI Fiberite in Kalifornien, USA, welcher auf ein Polybutadienrohr aufgewickelt ist, beispielsweise Buna CB von Bayer AG, Leverkusen, Deutschland, hergestellt werden. Nach dem Härtens führen die Glasfasern zu einer steifen Außenstruktur, während das Polybutadienrohr eine elastische, akustisch absorbierende innere Schicht bildet.

[0022] Weil das Kunststoffmaterial, welches den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** umgibt, akustisch ab-

sorbierend ist, isoliert es den Ultraschall-Sende-Empfänger **68** von der röhrenförmigen Anordnung **15**. Hierdurch wird der vom Ultraschall-Sende-Empfänger **68** in die Wandung des Rohrs **30** abgegebene Energiebetrag weiter reduziert. Dies hat auch zur Folge, daß die äußeren Störungen, welche der Sensor **2** bei anderen Sensoren erzeugt, reduziert werden und weniger Ultraschallenergie von der Rohrwandung an den umgebenden Treibstoff abgegeben wird.

Patentansprüche

1. Füllstandssensor mit einem Ultraschall-Sende-Empfänger (**68**), welcher am unteren Ende eines vertikal verlaufenden, aus einem ersten, steifen Material bestehenden Rohre (**30**) zur Einstrahlung in das Innere des Rohre (**30**) angebracht ist, wobei der Füllstand in dem Rohr (**30**) identisch mit dem Füllstand außerhalb des Rohre (**30**) ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (**30**) mindestens entlang eines erheblichen Teils seiner Länge eine Oberflächenschicht (**32**) aus einem zweiten Material aufweist, welches akustisch absorbierend ist.
2. Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste, steife Material Metall ist.
3. Füllstandssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall Aluminium ist.
4. Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste, steife Material glasfaserverstärkter Kunststoff ist.
5. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Oberflächenschicht (**32**) auf der Innenseite des Rohres (**30**) befindet.
6. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Material ein Kunststoffmaterial ist.
7. Füllstandssensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Kunststoffmaterial Polysulfid ist.
8. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Material als Beschichtung aufgebracht ist.
9. Füllstandssensor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschall-Sende-Empfänger (**68**) innerhalb eines akustischen Isolators (**66**: Umwandlungsanordnung; **67**: Befestigungsplatte; **69**: akustisch absorbierender Kunststoff) befestigt ist, welcher den Energiefluß zu und von der Wandung des Rohres (**30**) er-

heblich reduziert.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig.2.

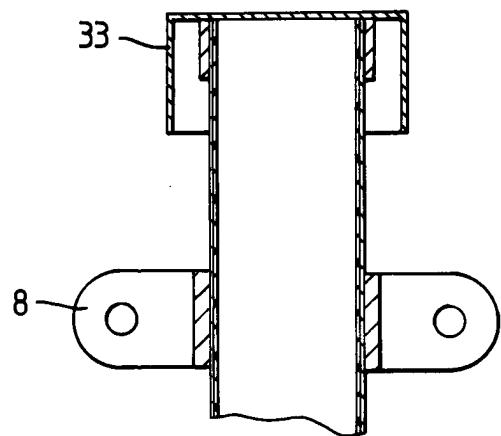


Fig.1.

