

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 929/2011
(22) Anmeldetag: 24.06.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2013

(51) Int. Cl. : **H04R 1/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2269746 A1
WO 2010032156 A2
US 2007180916 A1

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

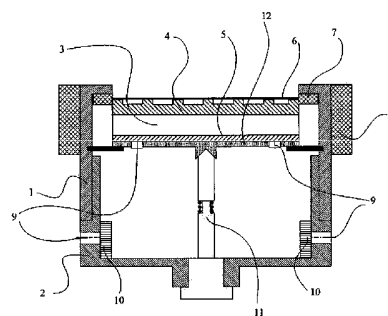
(72) Erfinder:
Kudlaty Katarzyna Dr.Ing.
Graz (AT)
Wiesinger Michael Dipl.Ing. Dr.techn.
Graz (AT)
Cernusca Michael Dipl.Ing. Dr.techn.
Judendorf-Straßengel (AT)

(54) KAPAZITIVER ULTRASCHALLWANDLER

(57) Ein kapazitiver Ultraschallwandler weist einen Sensorkopf mit einer Rückplatte auf, deren strukturierte Vorderseite mit einer Isolationsschicht und deren Rückseite mit einer Elektrode versehen ist.

Um einen verbesserten Aufbau zu erzielen, mit dem eine erhöhte Temperaturbeständigkeit bis zu einigen hundert Grad Celsius auch in stark oxidierenden und reduzierenden Medien erzielt werden kann, ist die als Schallerzeuger vorgesehene Membran mit einer Zugspannung in Flächenrichtung beaufschlagt.

Fig. 1.



Beschreibung

KAPAZITIVER ULTRASCHALLWANDLER

[0001] Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Ultraschallwandler, umfassend einen Sensorkopf mit einer Rückplatte deren strukturierte Vorderseite mit einer Isolationsschicht und deren Rückseite mit einer Elektrode versehen ist.

[0002] Heutzutage werden hauptsächlich zwei Arten von Ultraschallsensoren für die Applikationen in der Luft bzw. in Gasumgebungen eingesetzt. Es handelt sich dabei um piezokeramische und/oder kapazitiven Ultraschallsensoren. Beide Arten können, abgesehen von den Unterschieden im Funktionsprinzip und der akustischen Charakteristik, nur bei moderaten Temperaturen und nicht aggressiven Medien ihren Einsatz finden.

[0003] Es gibt durchaus Applikationen mit höheren Temperaturen wo bisher keine Messtechnik eingesetzt werden konnte, z.B. bei der Entwicklung der Verbrennungskraftmaschinen. Die Abgastemperaturen können in diesem Fall je nach Betriebszustand der und Position des Durchflusssensors im Abgasstrang von -40°C (z.B. beim Kaltstart des Motors in der Klimakammer) bis etwa 1000°C betragen. Entscheidend ist auch die Tatsache, dass die Abgastemperatur einer Verbrennungskraftmaschine sich schnell und stark ändern kann, z.B. beim Lastwechsel vom Motorbetrieb bei Volllast in den Schleppbetrieb. Die verwendete Sensorik soll dieser extremen Temperaturwechselbelastung standhalten können.

[0004] Die piezokeramischen Ultraschallsensoren (letzte Entwicklungen veröffentlicht beispielsweise in der DE 10040344, DE 4434692, DE 102006026674, DE 102008027970, DE 102009032809 und DE 202004002107) können nur bei Temperaturen unter 350°C eingesetzt werden. Diese Begrenzung ergibt sich aus der Curie-Temperatur der verwendeten Piezokristalle, die nach Überschreitung der Temperatur ihre Piezoeigenschaften verlieren. Die dauerhafte Temperaturwechselbelastung kann bei diesen Sensoren zur Materialermüdung (dauerhaften Zerstörung der Piezokristalle) führen.

[0005] Auch herkömmliche kapazitive Ultraschallwandler besitzen nicht die gewünschte Temperaturbeständigkeit. Ihre über ein elektrisch leitendes Substrat gespannte metallisch beschichtete Membrane bildet gleichzeitig die Isolationsschicht einer elektrischen Kapazität, wobei die als dielektrisches Membranmaterial üblicherweise verwendeten Kunststofffolien oder auch Membranen aus Siliziumnitrid den Temperaturanforderungen nicht genügen können, wie etwa in D.A.Hutchins, D.W.Schindel, A.G.Bashford, and W.M.D.Wright, "Advances in ultrasonic electrostatic transduction", Elsevier Ultrasonics, Vol. 36, 1998, erläutert ist. Auch bei Verwendung rein metallischer Membrane tritt die Oxidation schon bei Temperaturen höher als 300°C auf, die bei der geringen Materialdicke einer Wandlermembran zu deren schnellen Zerstörung führt.

[0006] Zusätzlich zu der thermischen Beständigkeit der Membran sind auch die thermischen Beständigkeiten der üblichen Isolationsschichten und der Elektroden nicht ausreichend hoch. Durch die hohe Temperatur werden unter anderem elektrische Durchschläge in der Isolationsschicht begünstigt, die zu einer dauerhaften Zerstörung der Sensoren führen. Dem zu Grunde liegt die temperaturbedingte Umstrukturierung bzw. Rekristallisierung der Isolationsschicht. Im Fall der Rückelektrode wird die Diffusion der Metallschicht in den Siliziumkristall durch die hohe Temperatur beschleunigt. Diese führt nach einer gewissen Zeit zu vollständigem Verschwinden der Elektrode. Bei der thermischen Wechselbelastung kommt es, durch schlechte Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten, zum Abplatzen der Isolationsschicht von Trägermaterial oder zum Herausziehen der Membrane aus dem Sensorgehäuse, was die Zerstörung des Sensors bedeutet.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung ist ein verbesserter Aufbau eines Ultraschallwandlers, mit dem eine erhöhte Temperaturbeständigkeit bis zu einigen hundert Grad Celsius auch in stark oxidierenden und reduzierenden Medien erzielt werden kann.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe ist der Wandler erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass die Membran mit einer Zugspannung in Flächenrichtung beaufschlagt ist.

[0009] Gemäß einer ersten Ausführungsform ist dabei die Membran zwischen zwei Ringen verpresst.

[0010] Eine alternative Ausführungsform hingegen ist dadurch gekennzeichnet, dass die Membran mit mindestens einem Ring verschweißt ist.

[0011] Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass das Material der Membran aus der Gruppe der Ni-Cr Legierungen, austenitischen Stähle, ferritischen Stähle oder „Superalloys“ ausgewählt ist.

[0012] Insbesondere ist es dabei von Vorteil, wenn die Membran aus einem Material mit einem Chromgehalt von zumindest 16% und einem Aluminiumgehalt von zumindest 1% besteht.

[0013] Zur Lösung der eingangs gestellten Aufgabe ist auch eine Ausführungsform geeignet, bei welcher die Isolationsschicht aus einem Material mit amorpher Struktur besteht.

[0014] Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass die Isolationsschicht aus mehreren amorphen Schichten besteht.

[0015] Die eingangs gestellte Aufgabe wird auch durch die erfindungsgemäßen Merkmale gelöst, dass die Rückelektrode eine mehrschichtige Struktur aufweist wobei zumindest eine Schicht eine Diffusionsbarriere zum Grundmaterial der Rückplatte bildet, sowie die Oberflächenschicht aus Platin besteht.

[0016] Vorteilhafterweise ist weiters vorgesehen, dass der Sensorkopf als unabhängig vom Rest des Ultraschallwandlers austauschbare Baugruppe ausgeführt ist.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Heizvorrichtung für die Schallabstrahlfläche vorgesehen ist.

[0018] Eine weiter vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers ist dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche oberhalb und unterhalb der Membran durch Kanäle im Wandler verbunden sind.

[0019] Dabei sind vorteilhafterweise Filter in den Kanälen vorgesehen.

[0020] Ein weiteres Merkmal der Erfindung kann darin bestehen, dass die Kontaktierung der Rückplatte des Sensorkopfes über einen gefederten Stift bewerkstelligt ist.

[0021] Dabei ist vorteilhafterweise zwischen dem Stift und der Rückplatte eine metallische Zwischenplatte eingesetzt.

[0022] Durch die obigen Merkmale und die gezielte Materialwahl ist eine Temperaturbeständigkeit bis zu einigen hundert Grad Celsius auch in stark oxidierenden und reduzierenden Medien zu erreichen. Im unteren Temperaturbereich wird die Funktionsfähigkeit des Wandlers durch den Einsatz der Wandlerheizung zur Vermeidung der Kondensatbildung gewährleistet. Durch diese speziellen Eigenschaften kann der Ultraschallwandler überall dort eingesetzt werden wo übliche am Markt verfügbare Technologie ihre Grenzen findet. Ein Beispiel dafür können Ultraschalldurchflussmessgeräte zur Prozesskontrolle in der chemischen oder Lebensmittelindustrie sein, Sensoren zur präzisen Gasmengenmessung auf Off-Shores und in Pipelines, oder auch bei der Entwicklung von Verbrennungskraftmaschinen.

[0023] In der nachfolgenden Beschreibung soll die Erfindung beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert werden.

[0024] Dabei zeigt die

[0025] Fig. 1 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Ultraschallwandler und

[0026] Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform einer vorgespannten Membran für einen derartigen Wandler.

[0027] Der im Folgenden dargestellte Ultraschallsensor ist durch seine ausgezeichnete Tempe-

ratur-, Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit gekennzeichnet und wurde für eine breite Palette an Einsatzgebieten mit hohen mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen entwickelt. Wie in Fig. 1 zu erkennen ist, besteht der Sensorkopf aus einem Gehäuseoberteil 1 und einem Gehäuseunterteil 2, welche beiden Teile 1, 2 miteinander verschraubt sind, gegebenenfalls auch anders miteinander verbunden sein können. Eine Rückplatte 3 weist eine Vorderseite mit einer strukturierten Isolationsschicht 4 sowie eine auf der Rückseite aufgebrachte Rückelektrode 5 auf. Dabei ist die Isolationsschicht 4 aus einem Material mit amorpher Struktur angefertigt, vorzugsweise auch aus mehreren amorphen Schichten. Die Rückelektrode 5 selbst kann auch eine mehrschichtige Struktur aufweisen, wobei zumindest eine Schicht eine Diffusionsbarriere zum Grundmaterial der Rückplatte 3 bildet. Weiters kann eine Oberflächenschicht aus Platin vorgesehen sein.

[0028] Die Membran 6 des erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers ist in einem Aufspannring 7 befestigt, wie auch in Fig. 2 zu erkennen ist. Durch diese Art der Aufspannung der Membran 6 kann diese mit einer Zugspannung in Flächenrichtung beaufschlagt werden. Konkret können beispielsweise zwei Ringe vorgesehen sein, zwischen welchen die Membran 6 verpresst ist, oder es kann auch eine Ausführungsform mit einer mit mindestens einem Ring 7 verschweißten Membran 6 vorgesehen sein. Die Membran wird typischerweise aus einer Ni-Cr-Legierung, aus einem austenitischen Stahl, einem ferritischen Stahl oder einem „Superalloys“ angefertigt sein, wobei vorteilhafterweise der Chromgehalt zumindest 16 % und der Aluminiumgehalt zumindest 1 % betragen wird.

[0029] Zur Vermeidung von Kondensation beim Betrieb bei niedrigen Temperaturen ist eine das Gehäuseoberteil 1 des Ultraschallwandlers umgebende Heizvorrichtung 8 vorgesehen, die insbesondere die Schallabstrahlfläche auf der gewünschten Temperatur hält.

[0030] Kanäle 9, vorzugsweise mit Filtern 10, sind für die Verbindung der Bereiche oberhalb und unterhalb der Membran 6 sowohl im Gehäuse, insbesondere im Gehäuseunterteil 2, als auch in einer hinteren Kontaktierungsplatte 12 auf der Rückseite der Rückplatte 3 und der Rückelektrode 5 vorgesehen. An der Kontaktierungsplatte 12 liegt ein gefederter Stift 11 an, um die elektrische Kontaktierung der Rückplatte 3 des Sensorkopfes zu bewerkstelligen.

[0031] Vorteilhafterweise ist der Sensorkopf als unabhängig vom Rest des Ultraschallwandlers austauschbare Baugruppe ausgeführt.

Patentansprüche

1. Kapazitiver Ultraschallwandler, umfassend einen Sensorkopf mit einer Rückplatte, deren strukturierte Vorderseite mit einer Isolationsschicht und deren Rückseite mit einer Elektrode versehen ist, sowie einer darüber montierten Membran als Schallerzeuger, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran mit einer Zugspannung in Flächenrichtung beaufschlagt ist.
2. Ultraschallwandler nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet** dass, die Membran zwischen zwei Ringen verpresst ist.
3. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran mit mindestens einem Ring verschweißt ist.
4. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material der Membran aus der Gruppe der Ni-Cr Legierungen, austenitischen Stähle, ferritischen Stähle oder „Superalloys“ ausgewählt ist.
5. Ultraschallwandler nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran aus einem Material mit einem Chromgehalt von zumindest 16% und einem Aluminiumgehalt von zumindest 1% besteht.
6. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht aus einem Material mit amorpher Struktur besteht.
7. Ultraschallwandler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht aus mehreren amorphen Schichten besteht.
8. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückelektrode eine mehrschichtige Struktur aufweist wobei zumindest eine Schicht eine Diffusionsbarriere zum Grundmaterial der Rückplatte bildet, sowie die Oberflächenschicht aus Platin besteht.
9. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensorkopf als unabhängig vom Rest des Ultraschallwandlers austauschbare Baugruppe ausgeführt ist.
10. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Heizvorrichtung für die Schallabstrahlfläche vorgesehen ist.
11. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bereiche oberhalb und unterhalb der Membran durch Kanäle im Wandler verbunden sind.
12. Ultraschallwandler nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Kanälen Filter vorgesehen sind.
13. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontaktierung der Rückplatte des Sensorkopfes über einen gefederten Stift bewerkstelligt ist.
14. Ultraschallwandler nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Stift und der Rückplatte eine metallische Zwischenplatte eingesetzt ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig. 1.

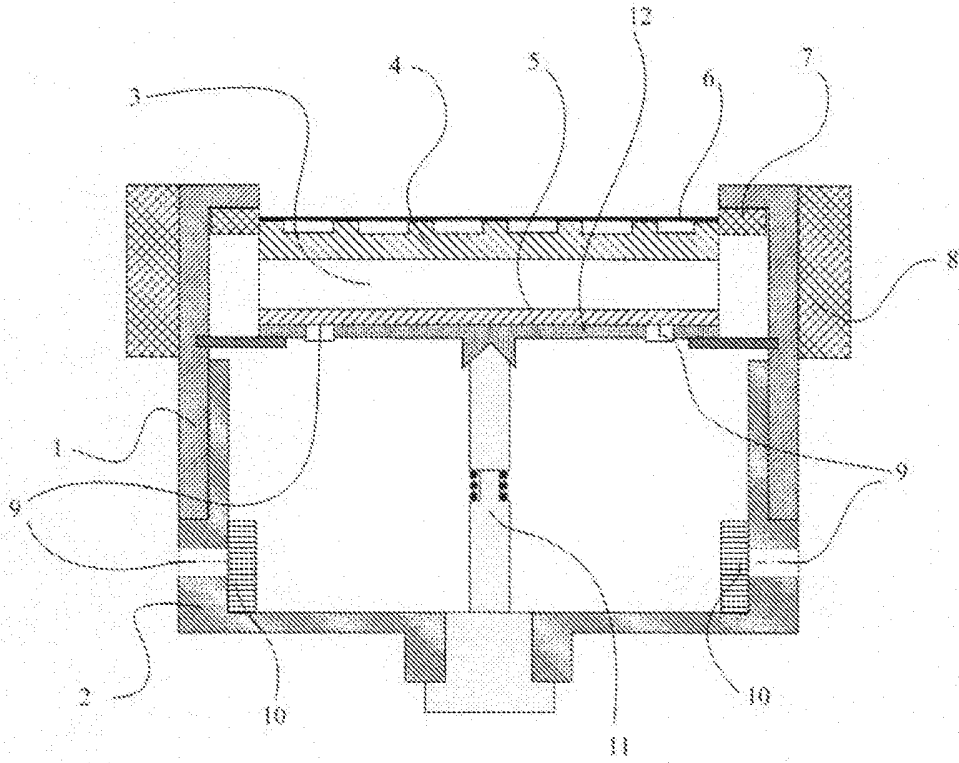


Fig 2.

