



(10) **DE 103 61 763 A1** 2005.07.28

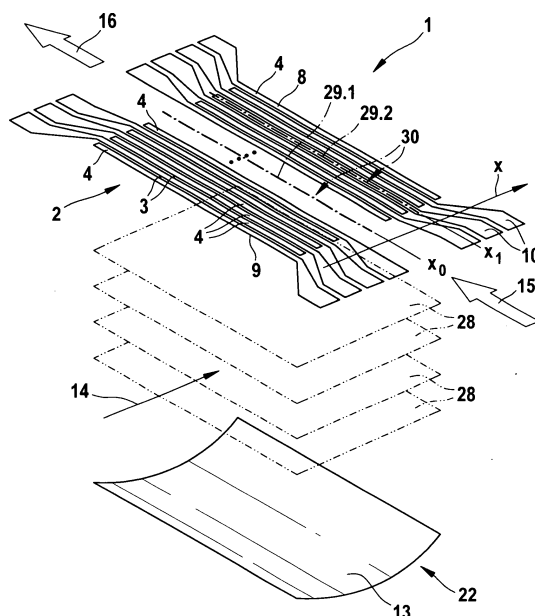
Offenlegungsschrift

(51) Int Cl.⁷: **G01F 1/66**
G01P 5/24

G01P 5/24

(72) Erfinder:
**Konzelmann, Uwe, 71679 Asperg, DE; Lang,
Tobias, 70197 Stuttgart, DE**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschallströmungssensor zur Messung des Volumenstromes eines strömenden Mediums durch einen Strömungskanal (24), mit einem Wandlerarray (2), welches innerhalb des Strömungsquerschnittes des Strömungskanals (24) angeordnet ist und welches Ultraschallwellen (27) generiert, die sich im Strömungsquerschnitt des Strömungskanals (24) quer zu einer Strömungsrichtung (14) des strömenden Mediums ausbreiten, wobei ein Ultraschall-Wandlerarray (2) eine verschränkte Anordnung von Wandlerelementen (4) aufweist, die abwechselnd als Sendelelemente (10) und Empfangs-Antennen wirken, so dass alle emittierten Einzelschallwellen (27) zu gemeinsamen Wellenfronten (28) interferieren.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Mittels Durchflussmessern wird der Luftdurchsatz im Ansaug- bzw. Ladetrakt einer Verbrennungskraftmaschine gemessen. Da es bei dem chemischen Vorgang der Verbrennung auf die Massenverhältnisse von Kraftstoff und Luft zueinander ankommt, ist der Massendurchfluss der Luft im Ansaug-/Ladetrakt der Verbrennungskraftmaschine zu messen, wozu auch Volumen- oder Staudruckmessende Verfahren herangezogen werden. Der maximal zu messende Luftmassenfluss liegt je nach Motorleistung im Bereich zwischen 400 und 1200 kg pro Stunde. Aufgrund des niedrigen Leerlaufbedarfes moderner Verbrennungskraftmaschinen beträgt das Verhältnis von minimalem zu maximalem Luftdurchsatz zwischen 1: 90 und 1 : 100.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Kraftfahrttechnischen Taschenbuch/Bosch 23., aktualisierte und erweiterte Auflage – Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1999, ISBN 3-528-03876-4 Seite 115 ist eine Ultraschall- Durchflussmessanordnung bekannt. Mittels dieser Anordnung lässt sich die Laufzeit t eines Schallimpulses durch ein Messmedium wie zum Beispiel Luft unter einem Schrägungswinkel α mit derselben Messstrecke 1 einmal stromaufwärts und einmal stromabwärts messen. Die resultierende Laufzeitdifferenz ist dem Volumendurchfluss proportional.

[0003] Aus dieser Literaturstelle, vgl. Seite 115, rechte Spalte, dortige Abbildung ist ein Strömungskanal bekannt, in dessen Wandungen zwei einander zugewandte Sensoren angeordnet sind. Die Stirnseiten, von denen aus die Schallimpulse ausgesammt werden, weisen einander zu.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind ferner Ultraschall-Strömungssensoren bekannt, die den Strahlverwehreffekt innerhalb eines strömenden Mediums ausnutzen, um Strömungsgeschwindigkeiten zu messen. Ferner sind aus dem Stand der Technik mikromechanische oder folientechnisch hergestellte Ultraschallwandler oder Wandler bekannt.

Darstellung der Erfindung

[0005] Erfindungsgemäß wird eine alternierende Anordnung eines Ultraschallwandlers vorgeschlagen, die in der Weise abwechselnd als Sende- und Empfangs-Antennen wirken, dass alle emittierten Einzelschallwellen zu gemeinsamen Wellenfronten interferieren. Der schlagende Vorteil der alternierenden Anordnung liegt in einem dadurch erzielten deckungsgleichen, gegenseitig verschränkten Sende- und Empfangsbereich. Dadurch wird in Kombination

mit einer einzelnen Ultraschallreflektion innerhalb eines Strömungskanales eine zueinander symmetrische Sende- und Empfangscharakteristik erreicht. Die funktionale Aufteilung des Ultraschallwandlers in Sende- und Empfangselemente ermöglicht dabei eine wirksame Trennung zwischen schwachen Sendesignalen und den starken Empfangssignalen, deren Amplituden sich um mehrere Größenordnungen unterscheiden können. Die Symmetrie bzgl. Senden und Empfangen ermöglicht direkte Ultraschall-Rückreflektionen an einer symmetrisch zum Wandlerarray ausgerichteten Fläche, ohne dass beim Senden Phasenverschiebungen zwischen den einzelnen Wandlerelementen erforderlich sind.

[0006] Das erfindungsgemäß vorgeschlagene Wandlerarray kann beispielsweise aus einem Siliziumsubstrat mit mikromechanisch gefertigten Trenngräben zwischen den einzelnen Wandlerelementen zur gegenseitigen Entkopplung gefertigt werden. Auf dem Siliziumsubstrat sind streifenförmige Elektroden aufgebracht, über denen eine PVDF-Folie (Polyvinylidenfluorid) als Dickenschwinger aufgetragen wird. Die Folie ist auf der Oberseite mit einer flächigen Gegenelektrode und einer Versiegelung zum mechanischen Schutz versehen. Die Sendeelemente des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Ultraschall-Wandlers sind außerhalb des Wandlerarrays elektrisch direkt miteinander kontaktiert und mit einem Oszillator verbunden. Dadurch vermögen die Sendeelemente phasengleich Ultraschallwellen auszusenden. Die Einzelwellen interferieren zu gemeinsamen Wellenfronten, die in erster Näherung eben sind und sich dadurch quer zum strömenden Medium ausbreiten. Die gegenüberliegende Wandung des Strömungskanals ist mit einem Krümmungsradius gewölbt, der bevorzugt dem doppelten Rohrdurchmesser entspricht, durch welchen das strömende Medium strömt. Aufgrund dieser Anordnung werden die Ultraschallwellen am Ort des Wandlerarrays näherungsweise zu einem Linienfokus kollimiert, dessen Position linear von der Geschwindigkeit des strömenden Mediums abhängt und den Volumenstrom angibt. Da sich kein idealer Linienfokus ergibt, wird das Empfangselement mit der größten empfangenen Intensität bestimmt. Dies erfolgt mit Hilfe eines Komparators und eines Sample & Hold-Verstärkers, die beide durch Operationsverstärker realisiert werden können.

Zeichnung

[0007] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

[0008] Es zeigt:

[0009] **Fig. 1** ein gegenüber einer gewölbten Reflexionsfläche angeordnetes verschränktes Sende- und Empfangs Wandlerarray,

[0010] [Fig. 1.1](#) eine Ausführungsvariante einer Auswerteschaltung,

[0011] [Fig. 2](#) eine mögliche Anordnung des Wandlerarrays innerhalb eines Strömungsrohres, wobei der Krümmungsradius der Reflexionsfläche dem doppelten des Rohrdurchmessers entspricht,

[0012] [Fig. 3](#) die Ausbildung einer strömungsbeschleunigenden Rohverengung durch die Anordnung des Wandlerarray,

[0013] [Fig. 4](#) einen Schnitt durch ein Wandlersubstrat, auf dem das Wandlerarray ausgebildet ist,

[0014] [Fig. 5](#) interferierende Ultraschallwellen und

[0015] [Fig. 6](#) eine mögliche Ausprägung interferierender Wellenfronten, die mit einer gewölbten Reflexionsfläche zusammenwirken.

Ausführungsvarianten

[0016] Ein in [Fig. 1](#) dargestelltes verschränktes Wandlerarray ist Bestandteil eines Ultraschall-Strömungssensors **1**. Das dargestellte verschränkte Wandlerarray wird vorzugsweise aus einem Siliziumsubstrat gefertigt. Einzelne Wandlerelemente **4** des verschränkten Wandlerarrays **2** sind durch Trenngräben **3** voneinander entkoppelt. Die Trenngräben **3** werden mikromechanisch gefertigt. Auf dem das verschränkte Wandlerarray **2** darstellenden Siliziumsubstrat (vgl. [Fig. 4](#), Position **11**) befinden sich streifenförmige Elektroden. Die streifenförmigen Elektroden **5** sind mit einer PVDF-Folie **6** (Polyvinylidenfluorid) abgedeckt, die als Dickenschwinger dient. Die PVDF-Folie **6** (Polyvinylidenfluorid) wird auf ihrer Oberseite mit einer flächigen Gegenelektrode **7** und einer Versiegelung **12** zum mechanischen Schutz versehen. Die Versiegelung **12** kann beispielsweise aus Epoxidharz oder Silikon gefertigt werden, während die Gegenelektrode **7** bevorzugt aus Gold oder Aluminium gefertigt ist. Die streifenförmig ausgebildeten Elektroden **5** können aus Aluminium, Gold oder Platin gefertigt werden, während es sich bei dem Trägersubstrat für das Ultraschall-Wandlerarray **2** bevorzugt um ein Siliziumsubstrat handelt. In einer Ausführungsvariante, die zeichnerisch nicht dargestellt ist, können Abschirmungselektroden zwischen den Sendelektroden **10** (vgl. Darstellung in [Fig. 4](#)) gehören das Siliziumsubstrat **11**, eine streifenförmige Elektrode **5**, ein Bereich der PVDF-Folie **6**, ein Bereich der Gegenelektrode **7** sowie gegebenenfalls auch die auf diese aufgebrachte Versiegelung **12**. Ein Bereich erstreckt sich auf die Region zwischen je zwei benachbarten Trenngräben **3**.

[0017] Mit Bezugszeichen **10** sind die Sendeelemente des verschränkten Wandlerarrays **2** in der Darstellung gemäß [Fig. 1](#) bezeichnet.

[0018] Sämtliche Sendeelemente **10** sind außerhalb des verschränkt ausgebildeten Wandlerarrays **2** elektrisch direkt miteinander kontaktiert. Die Sendeelemente **10** sind darüber hinaus mit einem Oszillator **26** verbunden, so dass die Aussendung phasengleicher Ultraschallwellen möglich ist.

[0019] Wie aus der Darstellung gemäß [Fig. 1](#) weiterhin hervorgeht, ist das verschränkt ausgebildete Wandlerarray **2** senkrecht zur Strömungsrichtung **14** des strömenden Mediums orientiert. Dem verschränkten Wandlerarray **2** gegenüberliegend befindet sich eine gewölbt ausgebildete Reflektionsfläche **13**. (Vgl. auch Darstellung gemäß [Fig. 2](#)).

[0020] Das gesendete Signal ist mit Bezugszeichen **15** identifiziert, während das empfangene Signal durch Bezugszeichen **16** gekennzeichnet ist. Die von den Sendeelementen **10** des verschränkten Wandlerarrays **2** ausgehenden phasengleichen Ultraschallwellen **27** interferieren zu gemeinsamen Wellenfronten **28**. Die Interferenzerscheinungen sind abhängig von dem räumlichen und zeitlichen Verlauf der Ultraschallwellen durch Auslenkungen der Moleküle in der Luft.

[0021] Die zu Wellenfronten **28** interferierenden Ultraschalleinzelwellen **27** sind in erster Näherung eben und breiten sich daher relativ gerichtet quer zum strömenden Medium, das in Strömungsrichtung **14** strömt, aus. Die sich ausbreitenden gemeinsamen Wellenfronten **28** fallen auf eine gegenüberliegende Wandung eines Strömungsrohres **17**, welches einen Krümmungsradius **19** aufweist. Der Krümmungsradius **19** entspricht bevorzugt dem doppelten Rohrdurchmesser **20** des Strömungsrohres **17** ($r = 2d$). Aufgrund der Krümmung **23** der Reflexionsfläche **13** werden die sich ausbreitenden Wellenfronten **28** am Ort des verschränkten Wandlerarrays **2** näherungsweise zu einem Linienfokus **29** kolimmiert. Die Position **30** des Linienfokus **29** hängt linear von der Geschwindigkeit des in Strömungsrichtung **14** strömenden Mediums ab. Aufgrund des linearen Zusammenhangs zwischen Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Mediums und der Position **30** des Linienfokus **29** kann auf den Volumenstrom des strömenden Mediums, welcher das verschränkte Wandlerarray **2** passiert, direkt geschlossen werden. Da sich in der Regel kein idealer Linienfokus **29** einstellt, wird dasjenige der Empfangselemente ermittelt, welches die größte empfangene Intensität des Ultraschallsignales aufweist. In [Fig. 1](#) ist ein erster Linienfokus' **29** an der Stelle X_0 eingezeichnet, welcher sich ohne strömendes Medium einstellt. Entlang der X-Achse verschiebt sich der erste Linienfokus **29.1** an die mit Bezugszeichen **29.2** gekennzeichnete Stelle (vgl. Posi-

tion x_1 an der X-Achse). Die Auslenkung des Linienfokus von Position **29.1** in **29.2** beruht auf der Auslenkung durch das in Strömungsrichtung **14** strömende Medium. Mit Bezugszeichen **28** sind die sich in Richtung auf eine gewölbte Reflexionsfläche **13** ausbreitenden, interferierenden Wellenfronten bezeichnet.

[0022] [Fig. 1.1](#) ist in schematischer Weise eine Auswerteschaltung zu entnehmen. Die Auswerteschaltung gemäß der Darstellung in [Fig. 1.1](#) umfasst einen Signal-Multiplexer **34**, der mit dem verschränkten Wandlerarray **2** verbunden ist. Dem Signal-Multiplexer **34** ist eine Signalaufbereitung **36** nachgeschaltet sowie ein Komparator **31**. Mit Hilfe des Komparators **31** und einem Sample and Hold-Verstärker **32**, der ebenfalls als Operationsverstärker ausgebildet sein kann, lässt sich dasjenige der Empfangselemente mit der größten empfangenen Ultraschallsignalintensität bestimmen. Der Signal-Multiplexer **34** lässt sich über eine Multiplexer-Steuerung **35** ansteuern. Mit U_1 ist das Eingangsspannungssignal, welches am verschränkten Wandlerarray **2** abgegriffen wird, bezeichnet; mit U_2 das ausgangsseitig am Sample and Hold-Verstärker **32** anliegende Spannungssignal. Alternativ kann auch der Schwerpunkt der Intensitätsverteilung ermittelt werden, die sich über sämtliche streifenförmige Elektroden **5** des verschränkten Wandlerarrays **2** des Ultraschallströmungssensors **1** einstellt.

[0023] [Fig. 2](#) ist ein Querschnitt durch ein Strömungsrohr zu entnehmen, in welchem ein erfindungsgemäß vorgeschlagenes verschränktes Ultraschall-Wandlerarray aufgenommen ist.

[0024] Das Strömungsrohr **24** ist durch eine Wandung begrenzt und weist einen Durchmesser **18** auf (vgl. d). In die Wandung des Strömungsrohres **24** ist die Reflexionsfläche **13** integriert, die eine Krümmung **23** aufweist. Der Krümmungsradius **19** der Reflexionsfläche **13** beträgt bevorzugt das Doppelte des Rohrdurchmessers **18**. Das verschränkte Wandlerarray **2** ist in der Darstellung gemäß [Fig. 2](#) in eine Wandung des Strömungsrohres **24** integriert. Die Strömungsrichtung des strömenden Mediums, dessen Durchflussrate beziehungsweise Volumenstrom zu ermitteln ist, ist durch Bezugszeichen **14** angedeutet und verläuft in der Darstellung gemäß [Fig. 2](#) von rechts nach links.

[0025] Mit Bezugszeichen **17** ist ein Hilfskreis bezeichnet, welcher einen Radius von etwa dem Doppelten des Durchmessers **18** des Strömungsrohres **24** aufweist. Der Hilfskreis **17** dient dazu, die Krümmung der gewölbt ausgebildeten Reflexionsfläche **13** anzudeuten. Der Darstellung gemäß [Fig. 2](#) sind die vom verschränkten Wandlerarray **2** ausgehenden differierenden Wellenfronten **28** zu entnehmen, die sich auf die in der Krümmung **23** ausgebildete gewölbte Reflexionsfläche **13** zubewegen, ebenso wie die von

dieser an die Empfangselemente des verschränkten Wandlerarrays **2** reflektierten Wellenfronten **28**.

[0026] [Fig. 3](#) zeigt eine Ausbildungsvariante eines verschränkten Wandlerarrays mit einer strömungsbeschleunigenden Rohrverengung.

[0027] Aus der Darstellung gemäß [Fig. 3](#) geht hervor, dass das verschränkte Wandlerarray **2** in einer Fläche innerhalb der Rohrwandung des Strömungsrohres **24** aufgenommen ist, welches in einer Krümmung **23** ausgebildet ist. Die Krümmung **23** bilden eine Flächenvertiefung innerhalb der Rohrwandung des Strömungsrohres **24**, so dass der Strömungsquerschnitt zwischen der Unterseite **9** des verschränkten Wandlerarrays **2** und der Oberseite der Reflexionsfläche **13** verengt ist, angedeutet durch den Abstand **25** d_1 , der kleiner ist als der in [Fig. 2](#) dargestellte Abstand **18d** zwischen der Strömungsrohr **24** und der Oberseite der in die Wandung integrierten Reflexionsfläche **13**. Mit der in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsvariante ergibt sich eine Querschnittsverengung innerhalb des Strömungsrohres **24**, so dass sich der Krümmungsquerschnitt unterhalb des verschränkten Wandlerarrays **2** insgesamt verengt und die Strömung in Strömungsrichtung **14** beschleunigt wird. Dadurch kann eine Ablagerung von Partikeln wie zum Beispiel Staub oder dergleichen an der Innenseite der Wandung des Strömungsrohres **24** sowie an der Unterseite **9** des verschränkten Wandlerarrays **2** wirksam unterbunden werden.

[0028] Auf die Ausbildung einer Wölbung in der Reflexionsfläche **13** zur Herbeiführung einer Strahlkollimierung kann dann verzichtet werden, wenn die einzelnen Wandlerelemente des Ultraschall-Strömungssensors phasenverzögert so angeregt werden, dass der Gangunterschied zwischen den einzelnen Ultraschallwellen **27** eine gekrümmt oder flach ausgebildete Wellenfront **28** ergibt (vgl. [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#)). Weisen diese Wellenfronten **28** direkt nach ihrer Emission einen Krümmungsradius auf, der doppelt so groß ist wie der Rohrdurchmesser, dann laufen die Wellen nach Reflexion an der gegenüberliegenden in einen Linienfokus **29** am Ort des beschränkten Wandlerarrays **2** zusammen.

[0029] Vorstehend wurde die Bestimmung des Empfangselementes mit der höchsten Intensität erwähnt. Stattdessen könnte auch ein Schwerpunkt an der Intensitätsverteilung des empfangenen Signals bestimmt werden und die Messauflösung somit verbessert werden. Im Allgemeinen gibt sich durch die Reflexionswölbung **13** eine Querschnittserweiterung und damit eine lokale Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Mediums in Strömungsrichtung **14** im Strömungsrohr **24**. Dies kann im Einzelfall zu einer verstärkten Ablagerung von Partikeln wie z.B. Staub führen. Die Ablagerung von Staub und anderen im strömenden Medium mitge-

fürten Partikeln kann durch die in [Fig. 3](#) dargestellte Ausführungsvariante unterbunden werden. Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Ausbildung eines verschränkten Wandlerarrays **2** ist eine alternierende Anordnung von Ultraschallwandlern möglich, die in der Weise abwechselnd als Sende- und Empfangs-Antennen wirken, dass alle emittierten Einzelschallwellen **27** zu gemeinsamen Ultraschallwellenfronten **28** interferieren können.

[0030] Der Vorteil der vorgeschlagenen alternierenden Anordnung liegt in einem dadurch erzielten deckungsgleichen, gegenseitig verschränkten Sende- und Empfangsbereich, wodurch in Kombination mit einer einzelnen Ultraschall-Reflexion innerhalb des Strömungsrohres **24** eine symmetrische Sende- und Empfangsanordnung erreicht werden kann. Die funktionale Aufteilung in Sende- und Empfangselemente ermöglicht dabei in vorteilhafter Weise eine Trennung zwischen den schwachen Sende- und den starken Empfangssignalen, deren Amplituden sich um mehrere Größenordnungen voneinander unterscheiden können. Die Symmetrie bezüglich Senden und Empfangen ermöglicht direkte Ultraschall-Rückreflexionen an einer symmetrisch zum Ultraschall-Wandlerarray ausgerichteten Fläche, ohne das beim Senden Phasenverschiebung zwischen den einzelnen Wandlerelementen erforderlich wäre.

[0031] [Fig. 4](#) ist ein Querschnitt durch ein Wandlerelement **4** zu entnehmen. In dem Siliziumsubstrat **11** sind einzelne Trenngräben **3** ausgebildet. An der Oberseite des Siliziumsubstrates **11** verlaufen die streifenförmigen Elektroden **5**, oberhalb die PVDF-Folie **6** aufgebracht wird. Oberhalb der PVDF-Folie **6** befindet sich die flächige Gegenelektrode **7**, die aus einem metallischen Material, zum Beispiel Gold, Aluminium oder Platin gefertigt wird. Optional kann auf die Oberseite der flächigen Gegenelektrode **7** eine Versiegelung **12** in Form einer Epoxidharz-Schutzschicht aufgebracht werden. Mit Bezugszeichen **10** ist die Oberseite eines in [Fig. 4](#) beispielhaft dargestellten Sendeelementes bezeichnet. Im Vergleich zu der Dicke der streifenförmigen Elektrode **5** beziehungsweise der flächigen Gegenelektrode **7** weist das Siliziumsubstrat **11**, welches das Trägersubstrat darstellt, eine wesentlich größere Dicke auf.

[0032] [Fig. 5](#) sind von Sendeelementen **10** ausgehende Ultraschall-Einzelwellen **27** zu entnehmen, die sich aufgrund ihrer gegenseitigen Überlappung zu einer interferierenden Wellenfront **28** vereinigen. In der Darstellung gemäß [Fig. 5](#) verläuft die sich ausbildende interferierende Wellenfront **28** im Wesentlichen parallel. Im Gegensatz dazu verlaufen die in [Fig. 6](#) dargestellten Ultraschall-Einzelwellen aufgrund einer Phasenverschiebung zur Kollimierung ohne gewölbte Reflexionsfläche **13** als gekrümmte Wellenfronten **28**.

Bezugszeichenliste

1	Ultraschall-Strömungssensor
2	verschränktes Wandlerarray
3	Trenngraben
4	Wandlerelement
5	streifenförmige Elektrode
6	PVDF- Folie
7	flächige Gegenelektrode
8	Oberseite
9	Unterseite
10	Sendeelement
11	Siliziumsubstrat
12	Epoxidharz-Schutzschicht
13	Reflexionsfläche
14	Strömungsrichtung
15	gesendetes Signal
16	empfangenes Signal
17	Hilfskreis
18	Abstand (d) Array-Reflexionsfläche
19	Krümmungsradius Reflexionsfläche
20	Rohrdurchmesser
21	Rohrverengung
22	Wölbung Reflexionsfläche
23	Krümmung
24	Strömungsrohr
25	d ₁ (Abstand in Strömungsverengung)
26	
27	Ultraschall-Einzelwelle
28	interferierende Wellenfronten (gekrümmt oder parallel)
29.1	erster Linienfokus (ohne Strömung)
29.2	zweiter Linienfokus (mit Strömung)
30	
31	Komparator
32	Sample and Hold-Verstärker
33	
34	Signal-Multiplexer
35	Multiplexer-Steuerung
36	analoge Signalaufbereitung

Patentansprüche

1. Ultraschallströmungssensor zur Messung des Volumenstromes eines strömenden Mediums durch einen Strömungskanal (**24**), mit einem Wandlerarray (**2**), welches innerhalb des Strömungsquerschnittes des Strömungskanales (**24**) angeordnet ist und welches Ultraschallwellen (**27**) generiert, die sich im Strömungsquerschnitt des Strömungskanals (**24**) quer zu einer Strömungsrichtung (**14**) des strömenden Mediums ausbreiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass Ultraschall-Wandlerarray (**2**) eine verschränkte Anordnung von Wandlerelementen (**4**) aufweist, die abwechselnd als Sende- (**10**) und Empfangs-Elemente wirken, so dass alle emittierten Einzelschallwellen (**27**) zu gemeinsamen Wellenfronten (**28**) interferieren.

2. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch

1, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Wandlerelemente (4) in das verschränkt ausgebildete Wandlerarrays (2) durch Trenngräben (3) voneinander entkoppelt sind.

3. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem verschränkt ausgebildeten Ultraschall-Wandlerarray (2) eine von diesem um einen Abstand (18, 25) entfernte Reflexionsfläche (13) zu geordnet ist, die einen Krümmungsradius (19) aufweist.

4. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Krümmungsradius (23) der Reflexionsfläche (13) das Doppelte des Rohrdurchmessers (20) des Strömungskanals (17) beträgt.

5. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das verschränkt ausgebildete Ultraschall-Wandlerarray (2) an einer Querschnittsverengung eines Teilströmungsquerschnittes des Strömungskanales (24) bewirkenden Wand aufgenommen ist.

6. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsverengung bewirkende Einschnürung des Strömungsrohres (24) der Reflexionsfläche (13) zugeordnete Krümmungen enthält.

7. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dieser eine Auswerteschaltung umfasst, welche mittels eines steuerbaren Signal-Multiplexers die einzelnen Empfangselemente des verschränkten Wandlerarrays (2) abtastet, die empfangenen Signale einer analogen Signalaufbereitung (36) zuleitet, der ein Komparator (31) sowie ein Sample and Hold-Verstärker (32) nachgeschaltet sind.

8. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das verschränkte Wandlerarray (2) an einer Oberseite (8) streifenförmige Elektroden (5) aufweist, die durch eine PVDF-Folie (6) von flächigen Gegenelektroden (7) getrennt sind.

9. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass oberhalb der flächigen Gegenelektrode (7) eine Versiegelung (12) ist.

10. Ultraschallströmungssensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verschiebung eines Linienfokus (29) von einer ersten Position (29.1) an eine zweite Position (29.2) detektiert wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

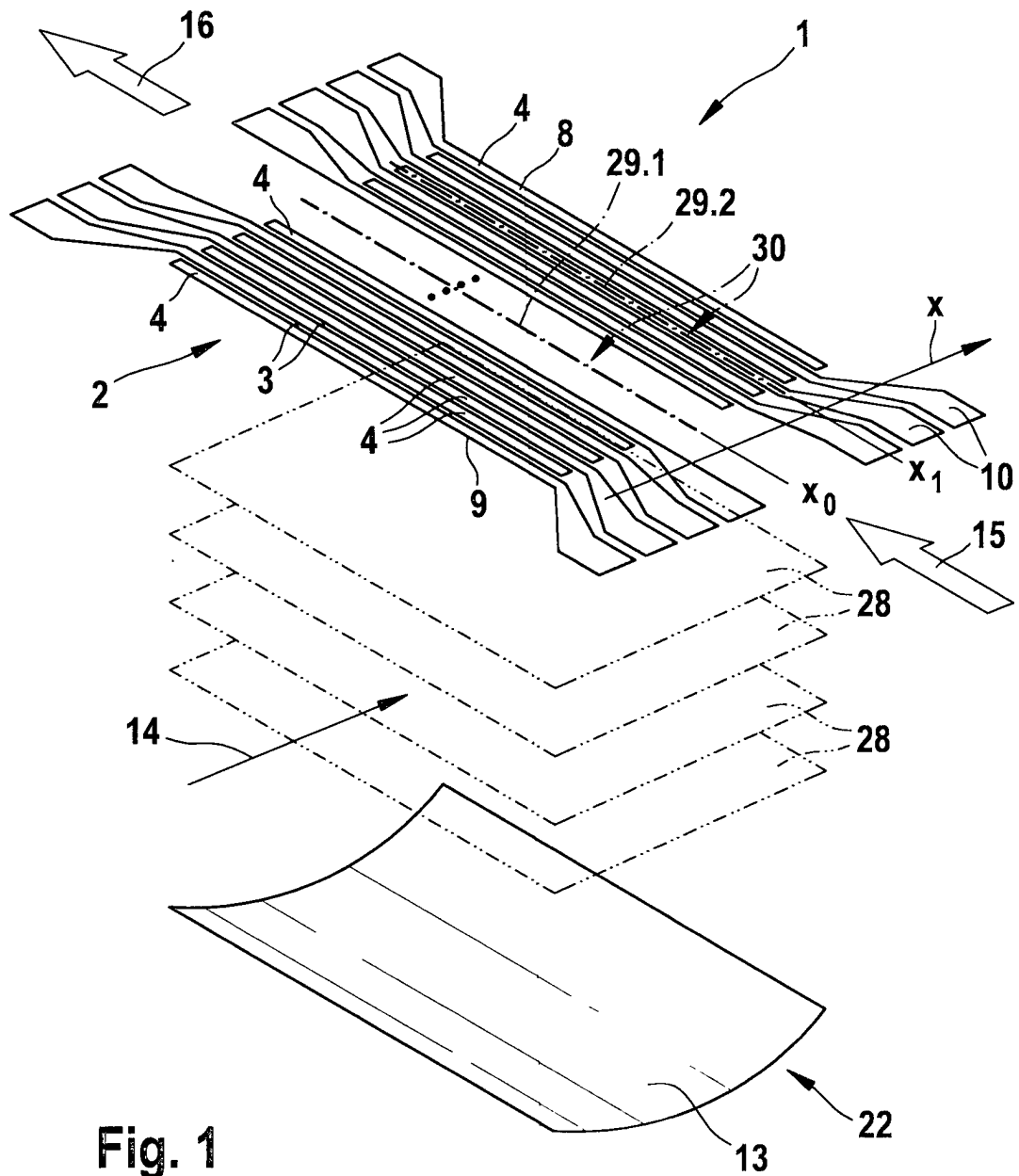


Fig. 1

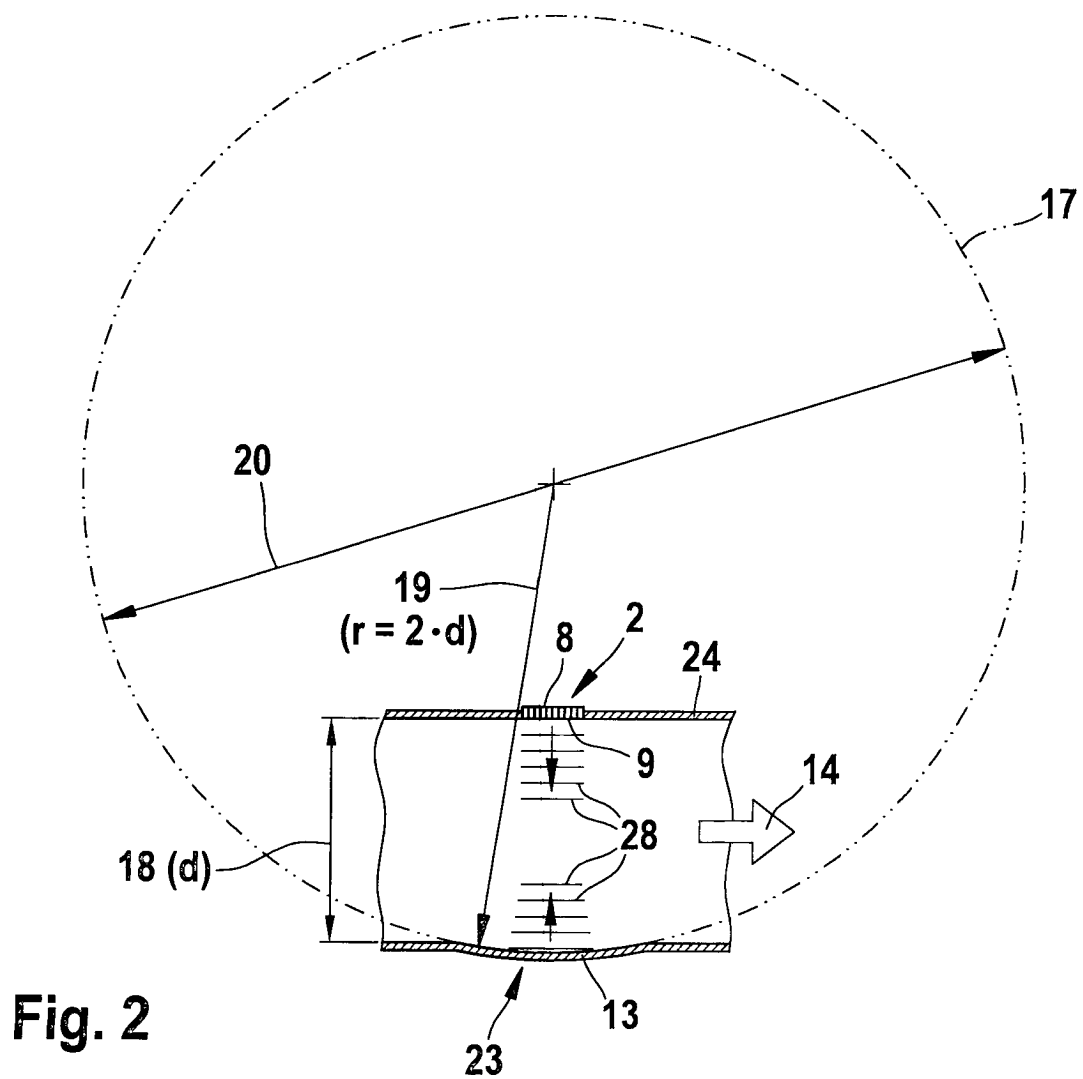
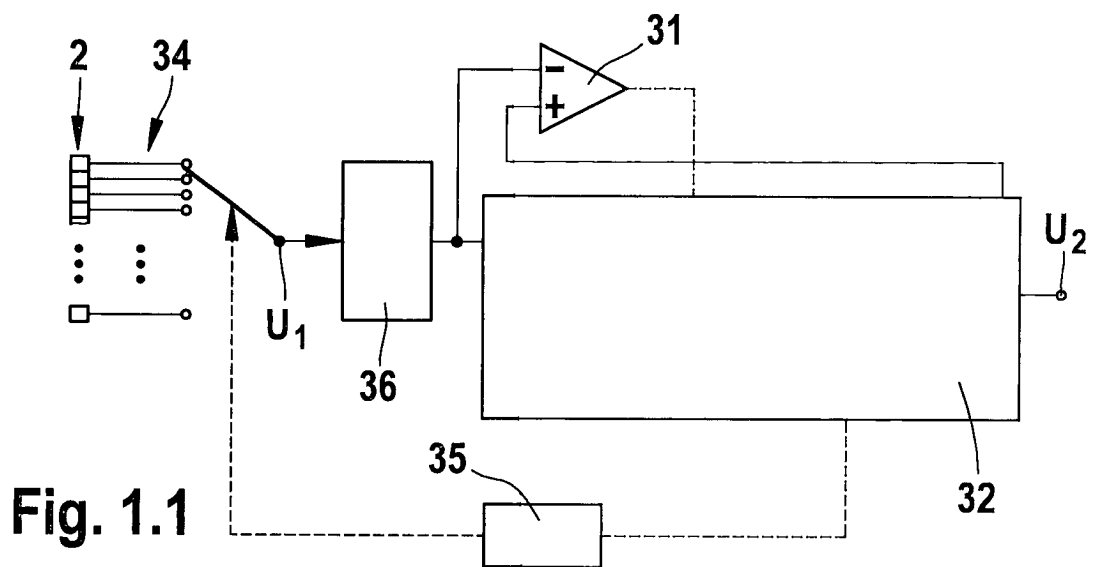


Fig. 3

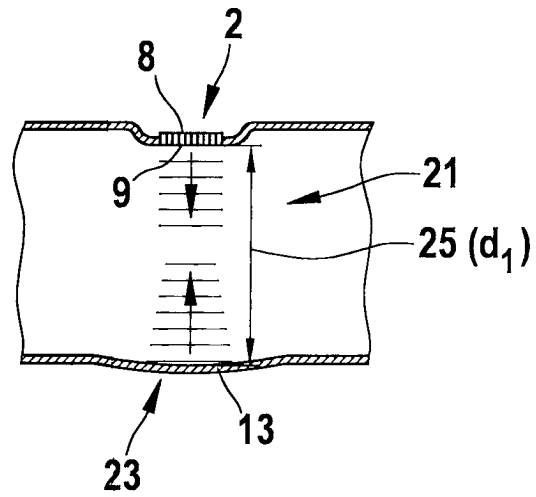


Fig. 4

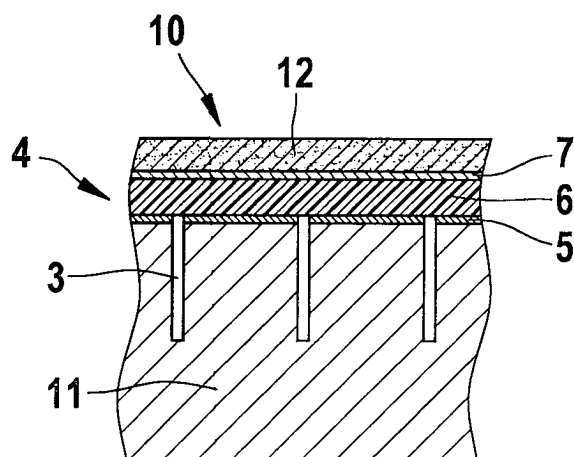


Fig. 5

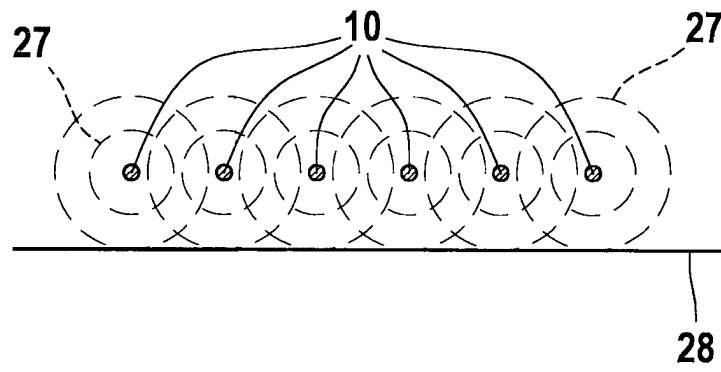


Fig. 6

