



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2009 051 237 A1** 2010.05.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 051 237.3**

(22) Anmeldetag: **29.10.2009**

(43) Offenlegungstag: **06.05.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04R 1/30** (2006.01)

**B81B 7/02** (2006.01)

**H04R 17/00** (2006.01)

**H04R 1/34** (2006.01)

**G10K 13/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**12/261,244**      **30.10.2008**      **US**

(74) Vertreter:  
**Dilg Haeusler Schindelmann**  
**Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80636 München**

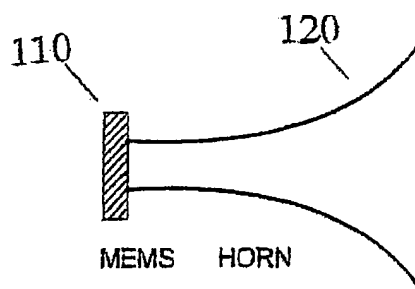
(71) Anmelder:  
**Avago Technologies Wireless IP (Singapore) Pte.**  
**Ltd., Singapore, SG**

(72) Erfinder:  
**Buccafusca, Osvaldo, Fort Collins, Col., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Akustisches Mehrfachblendenhorn**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zum Senden oder Empfangen von Ultraschallsignalen weist einen Wandler und ein akustisches Horn auf. Der Wandler ist derart konfiguriert, dass er zwischen elektrische Energie und den Ultraschallsignalen umwandelt, und kann ein mikroelektromechanisches System (MEMS)-Wandler sein. Das akustische Horn ist an den Wandler gekoppelt und weist mehrere Blenden auf, durch die die Ultraschallsignale gesendet oder empfangen werden, um zumindest eines von einem Strahlungsmuster, einer Frequenzantwort oder einer Stärke der Ultraschallsignale zu manipulieren. Die mehreren Blenden haben verschiedene Größen.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND

**[0001]** Akustische mikroelektromechanisches System(MEMS)-Wandler, wie beispielsweise Ultraschallwandler, sind gewöhnlicherweise effizienter als herkömmliche Wandler. Jedoch weisen MEMS-Wandler aufgrund ihrer kleinen Größe eine geringere effektive Ausgangsleistung, eine geringere Empfindlichkeit und/oder breitere (weniger fokussierte) Strahlungsmuster auf.

**[0002]** Strahlungsmuster von akustischen MEMS-Wandlern und anderen Miniaturultraschallwandlern können durch Gruppieren der Wandler in Felder manipuliert werden, die durch vorbestimmte Abstände getrennt sind, um ein gewünschtes Muster bereitzustellen. Durch Steuern der Trennung und der Größe der Feldelemente wie auch der Phase zwischen ihnen kann das akustische Strahlungsmuster fokussiert oder kollimiert und auch gesteuert werden. Jedoch ist der Zwischenraum zwischen mehreren Wandlern durch die physikalische Größe jedes Wandlers begrenzt. Ferner erhöht die Verwendung von mehreren Wandlern, die möglicherweise verschiedene Größen haben, Kosten und wirft potentielle Kompatibilitäts- und Synchronisationsfragen auf.

**[0003]** Es mag einen Bedarf für eine Vorrichtung zum Senden oder Empfangen von Ultraschallsignalen, eine Vorrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen und eine Vorrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen mit verbesserten Charakteristika geben.

## ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG

**[0004]** Dieser Bedarf mag durch eine Vorrichtung gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst werden.

**[0005]** In einem typischen Ausführungsbeispiel weist eine Vorrichtung zum Senden oder Empfangen von Ultraschallsignalen einen Wandler oder Transducer und ein akustisches Horn auf, das an den Wandler gekoppelt ist. Der Wandler ist derart konfiguriert, dass er zwischen elektrischer Energie und den Ultraschallsignalen umwandelt. Das akustische Horn weist mehrere Blenden oder Aperturen auf, durch die hindurch die Ultraschallsignale gesendet oder empfangen werden, um zumindest eines von einem Strahlungsmuster, einer Frequenzantwort oder einer Stärke der Ultraschallsignale zu manipulieren. Die Blenden oder Aperturen weisen entsprechende verschiedene Blendengrößen auf.

**[0006]** In einem weiteren typischen Ausführungsbeispiel weist eine Vorrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen einen mikroelektromechanisches

System(MEMS)-Wandler, der derart konfiguriert ist, dass er elektrische Energie in akustische Signale umwandelt, und ein akustisches Horn auf, das zum Verstärken der Ultraschallsignale an den Wandler gekoppelt ist. Das akustische Horn weist mehrere Hornstrukturen auf, die eine gemeinsame Halsöffnung (throat opening) zum Empfangen der Ultraschallsignale von dem Wandler aufweisen. Die Mehrfachhornstrukturen weisen eine Mittelhornstruktur und mehrere Umfangshornstrukturen auf. Abmessungen von zumindest zwei der Hornstrukturen sind verschieden.

**[0007]** In einem weiteren typischen Ausführungsbeispiel weist eine Vorrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen einen MEMS-Wandler, der derart konfiguriert ist, dass er elektrische Energie in die Ultraschallsignale umwandelt, und ein akustisches Horn auf, das zum Verstärken der Ultraschallsignale an den Wandler gekoppelt ist. Das akustische Horn weist einen Halsabschnitt benachbart zu dem MEMS-Wandler zum Empfangen der Ultraschallsignale und einen Mundabschnitt (mouth portion) auf, der in der Fläche größer als der Halsabschnitt ist. Die Vorrichtung weist auch eine akustische Linienstruktur auf, die an dem Mundabschnitt des akustischen Horns befestigt ist, wobei die Linienstruktur ein vorbestimmtes Muster von Öffnungen zum Manipulieren eines Strahlungsmusters der Signale definiert, durch die Ultraschallsignale gesendet werden.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0008]** Die Ausführungsbeispiele werden am besten durch die folgende detaillierte Beschreibung verstanden, wenn sie mit den beigefügten Figuren gelesen wird. Es wird hervorgehoben, dass die verschiedenen Merkmale nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind. In Wirklichkeit können die Abmessungen für die Diskussionsklarheit beliebig vergrößert oder verkleinert sein. Wo immer anwendbar und praktisch, beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche Elemente.

**[0009]** [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind Querschnittsdarstellungen, die akustische Hörner für einen Wandler gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellen.

**[0010]** [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Querschnittsdarstellungen, die akustische Hörner für einen Wandler gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellen.

**[0011]** [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt.

**[0012]** [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt.

[0013] [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt.

[0014] [Fig. 6](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt.

[0015] [Fig. 7A](#) ist ein herkömmliches Ultraschallstrahlungsmuster.

[0016] [Fig. 7B](#) ist ein Ultraschallstrahlungsmuster eines akustischen Mehrfachblendenhorns gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel.

[0017] [Fig. 8](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt.

[0018] [Fig. 9A–Fig. 9C](#) sind Draufsichten, die Fresnel-Muster eines akustischen Mehrfachblendenhorns gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0019] In der folgenden detaillierten Beschreibung sind zum Zwecke der Erklärung und nicht zur Einschränkung typische Ausführungsbeispiele dargelegt, die bestimmte Einzelheiten offenbaren, um ein grundlegendes Verständnis der vorliegenden Lehren zu schaffen. Jedoch ist es für einen Fachmann, der den Vorteil der vorliegenden Offenbarung hatte, offensichtlich, dass andere Ausführungsbeispiele gemäß den vorliegenden Lehren, die von den bestimmten Einzelheiten abweichen, die hier offenbart sind, innerhalb des Umfangs der angefügten Ansprüche bleiben. Ferner können Beschreibungen von gut bekannten Vorrichtungen und Verfahren weggelassen werden, um die Beschreibung der typischen Ausführungsbeispiele nicht zu verschleiern. Solche Verfahren und Vorrichtungen sind eindeutig innerhalb des Umfangs der vorliegenden Lehren.

[0020] Üblicherweise können Hörner verwendet werden, um akustische Wellen zu verstärken, wie beispielsweise durch die Eingliederung von Hörnern in verschiedene Musikinstrumente und in frühe Hörhilfen angedeutet wird. Hörner können auch verwendet werden, um Strahlungsmuster von akustischen Aussendern oder Emittlern, einschließlich von Ultraschallwandlern, zu manipulieren.

[0021] [Fig. 1A](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Horn für einen Ultraschall- oder mikroelektromechanisches System (MEMS)-Wandler gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, ist ein akustisches Horn **120** direkt an einen einzelnen Ultraschallwandler **110** (beispielsweise in Berührung mit der Fläche oder

Oberfläche des Wandlers **110**) gekoppelt. Beispielsweise kann das akustische Horn **120** physikalisch an den Wandler **110**, beispielsweise durch Kleben, Löten oder Schweißen, befestigt sein. Alternativ können das gemeinsame akustische Horn **120** und der Wandler **110** relativ zueinander innerhalb eines Gehäuses positioniert sein, das jedes Element am Platz hält. Das Horn **120** stellt in sowohl dem Sende- als auch Empfangsmodus eine bessere Impedanzanpassung, eine bessere akustische Verstärkung oder eine bessere Strahlungsmustersteuerung als der Wandler **110** alleine dar.

[0022] [Fig. 1B](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die eine alternative Bauart eines akustischen Horns für einen MEMS-Wandler gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt. Wie in [Fig. 1B](#) gezeigt, ist ein akustisches Horn **120** mittels einer Druckkammer **125** an einen einzelnen Ultraschallwandler **110** gekoppelt. Diese Bauart kann beispielsweise implementiert sein, wenn das akustische Horn **120** nicht oberhalb ist, um die Fläche des Wandlers **110** zu berühren. Beispielsweise kann das Vorhandensein von Drahtverbindungen eine direkte Kopplung verhindern, und dadurch die Ergänzung der Druckkammer **125** zum Koppeln des akustischen Horns **120** und des Wandlers **110** erfordern. Abmessungen der Druckkammer **125** sind geringer als die akustische Weglänge, die dem Wandler **110** entspricht, wie es durch einen Fachmann gewürdigt würde.

[0023] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Querschnittsdarstellungen, die akustische Hörner für einen Ultraschallwandler gemäß typischen Ausführungsbeispielen darstellen. Akustische Hörner sind üblicherweise röhrenförmig mit kreisförmigen Querschnitten an gegenüberliegenden Endöffnungen gestaltet, wobei ein Ende (beispielsweise am nächsten zu dem akustischen Wandler) typischerweise enger als das andere ist. Die engere Öffnung nahe des Wandlers kann als der Hals oder die Halsöffnung des Horns bezeichnet werden, und die größere Öffnung kann als der Mund oder die Mundöffnung des Horns bezeichnet werden.

[0024] [Fig. 2A](#) zeigt ein Beispiel eines Ultraschallwandlers **210**, wie beispielsweise eines MEMS-Wandlers, der an ein akustisches Horn **220** gekoppelt ist, das einen Querschnitt von divergierenden linearen Seitenwänden aufweist und das als ein kegelförmiges Horn bezeichnet werden kann, da das Rohr eine allgemein kegelförmige Gestalt aufweist. Ein Radius  $r$  an jedem Ort entlang der  $x$ -Achse des akustischen Horns **220** kann durch die folgende Formel dargestellt werden, in der  $r_1$  der Radius am Ort  $x_1$  des akustischen Horns **220** (des Hornhalses) ist und  $m$  eine reelle Zahl größer als 1 ist:

$$r(x) = mx + r_1$$

[0025] Ein Zylinder ist ein Spezialfall des kegelför-

migen akustischen Horns **220**, bei dem  $m = 0$ , so dass der Radius  $r$  an jedem Ort  $x$  entlang des zylinderförmigen akustischen Horns **220** gleich  $r_1$  der Endöffnung ist.

[0026] [Fig. 2B](#) zeigt ein Beispiel eines Ultraschallwandlers **210**, wie beispielsweise eines MEMS-Wandlers, der an ein akustisches Horn **221** gekoppelt ist, das einen Querschnitt von exponentiell gekrümmten Seitenwänden aufweist und das als ein exponentielles Horn bezeichnet werden kann. Bei dem akustischen Horn **221** kann eine Fläche  $S$  an jedem Ort entlang der  $x$ -Achse des akustischen Horns **221** durch die folgende Exponentialformel dargestellt werden, in der  $S_1$  eine Fläche am Punkt  $x_1$  des akustischen Horns **221** (des Hornhalses) ist und  $m$  eine reelle Zahl größer als 1 ist:

$$S(x) = S_1 e^{mx}$$

[0027] Es versteht sich, dass andere Implementierungen ein akustisches Horn aufweisen können, das Endöffnungen hat, die nicht kreisförmig sind, beispielsweise rechteckige, quadratische, vieleckige und elliptische Öffnungen, wie auch andere funktionelle Abhängigkeiten des Radius des Horns. Natürlich können die Größe und/oder die Gestalt des akustischen Horns variieren, um besondere Vorteile für jede spezielle Situation bereitzustellen oder anwendungsspezifische Ausgestaltungserfordernisse von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, wie für einen Fachmann offensichtlich ist.

[0028] Ein akustischer Ultraschallsender, beispielsweise mit einem MEMS-Wandler, hat aufgrund seiner kleinen Größe ein breites Strahlungsmuster. Bei vielen Anwendungen ist ein fokussierter akustischer Strahl gewünscht, da die akustische Welle innerhalb einer begrenzten Fläche erfasst wird. Daher verbessert ein Manipulieren des Strahlungsmusters, um gesendete Energie zu richten oder zu fokussieren, die Energieeffizienz. Eine herkömmliche Technik, um diese Verbesserung zu erreichen, verwendet Felder von Wandlern, aber dieser Ansatz vergrößert Kosten und eine Komplexität der Wandler. Durch Verwenden von Diffraktionseffekten, durch Manipulieren von Blendengestalten und durch akustische Verzögerungen ist es beispielsweise möglich, einen akustischen Strahl von einem einzelnen Wandler nach Belieben zu gestalten, wie unten erläutert ist.

[0029] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn zeigt gemäß einem typischen Ausführungsbeispiel darstellt. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, weist eine akustische Vorrichtung **300** einen akustischen MEMS-Wandler **310**, wie beispielsweise einen Ultraschallwandler auf, der an der Basis oder dem Hals des akustischen Mehrfachblendenhorn **320** positioniert ist, das die Ultraschallsignale verstärkt. Das akustische Mehrfachblendenhorn

**320** weist gemeinsame Hornstrukturen **321** und **322** auf, die eine gemeinsame Halsblende **330** und getrennte entsprechende Mundblenden **331** und **332** aufweisen, die das Feld **335** bilden. Die Mehrfachblendenbauart des akustischen Horns **320** ermöglicht eine Manipulation des Strahlungsmusters (beispielsweise eine Strahlkonditionierung oder Strahlformung), das von dem Wandler **310** in einem Ultraschallaussender, wie beispielsweise in einem MEMS-Sender, gesendet wird. Gleichermäßen ermöglicht die Mehrfachblendenbauart des akustischen Mehrfachblendenhorns **320** eine Manipulation einer Richtungsabhängigkeit und Frequenzantwort des Wandlers **310** in einem Ultraschallempfänger, wie beispielsweise in einem MEMS-Empfänger.

[0030] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Wandler **310** jeder Typ eines akustischen Miniaturwandlers zum Aussenden von Ultraschallwellen sein. Zu Erklärungszwecken wird angenommen, dass die akustische Vorrichtung **300** ein MEMS-Sender ist und der Wandler **310** in einem Sendemodus arbeitet. Das heißt, der Wandler **310** empfängt elektrische Energie von einer Signalquelle (nicht gezeigt), und sendet entsprechend durch den elektrischen Eingang induzierten Vibrationen mittels des akustischen Mehrfachblendenhorns **320** Ultraschallwellen aus. Es versteht sich, dass die in [Fig. 3](#) gezeigte Bauart gleichermaßen auf eine akustische Vorrichtung **300** zutrifft, die ein MEMS-Empfänger ist, wobei in diesem Fall der Wandler **310** in einem Empfangsmodus arbeitet. Das heißt, der Wandler **310** empfängt Ultraschallwellen von einer akustischen Quelle (nicht gezeigt), die durch das akustische Mehrfachblendenhorn **320** gesammelt werden, und wandelt den Schall in elektrische Energie um. Es ist für den Fachmann offensichtlich, dass verschiedene Implementierungen verschiedene Typen, Größen und Gestalten von Wandlern bereitstellen, ohne vom Geist und Umfang der vorliegenden Offenbarung abzuweichen.

[0031] Das akustische Mehrfachblendenhorn **320** kann aus jedem Material gebildet sein, das geeignet ist, in vorbestimmten Gestalten geformt zu werden, um die gewünschten Strahlungsmustercharakteristika bereitzustellen, wobei dies als Strahlkonditionierung oder Strahlformung bezeichnet werden kann. Beispielsweise können die akustischen Hornstrukturen **321** und **322** des akustischen Mehrfachblendenhorns **320** aus leichtem Plastik oder Metall gebildet sein. Die akustischen Hornstrukturen **321** und **322** sind auch vergleichsweise klein. Beispielsweise kann die Halsblende **330** im Durchmesser ungefähr 0,5 bis 1,0 mm sein und jede der Mundblenden **331** und **332** kann im Durchmesser ungefähr 2,0 bis 5,0 mm sein. Die Länge jeder akustischen Hornstruktur **321** und **322** kann in der Länge, gemessen von der Mitte der gemeinsamen Halsblende **330** bis zu der Mitte jeder entsprechenden Mundblende **331** oder **332**, unge-

fähr 5,0 bis 10 mm sein. Es versteht sich, dass in verschiedenen Ausführungsbeispielen die Mundblende **331** für verschiedene Effekte auf das Strahlungsmuster einen verschiedenen Durchmesser als die Mundblende **332** haben kann.

**[0032]** Das akustische Mehrfachblendenhorn **320** ist, wie oben hinsichtlich **Fig. 1** diskutiert, akustisch entweder direkt oder durch eine Druckkammer (nicht gezeigt) an den Wandler **310** gekoppelt, und dadurch werden von dem Wandler **310** ausgesendete (oder zu ihm gesendete) Ultraschallwellen erfasst, verstärkt und gerichtet.

**[0033]** Das von dem Wandler **310** ausgesendete Strahlungsmuster kann durch Verändern des Abstandes  $d$  zwischen den Mundblenden **331** und **332** des Felds **300** wie auch durch Verändern der Größe und/oder der Gestalt der akustischen Hornstrukturen **321** und **322** manipuliert werden. Beispielsweise kann der Abstand  $d$  zwischen einer halben ( $\frac{1}{2}$ ) bis ungefähr einer ( $1$ ) Wellenlänge  $\lambda$  der von dem Wandler **310** ausgesendeten Ultraschallwellen reichen. Wie in dem in **Fig. 3** (wie auch in **Fig. 2A** oben) gezeigten Ausführungsbeispiel können die Seiten der akustischen Hornstrukturen **321** und **322** gerade sein, was den Herstellungsprozess vereinfacht. Jedoch können der Abstand  $d$  und die Größe und/oder die Gestalt der akustischen Hornstrukturen **321** und **322** und der korrespondierenden Mundblenden **331** und **332** variieren, um besondere Vorteile für jede spezielle Situation zu schaffen oder anwendungsspezifische Ausgestaltungserfordernisse von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, wie es für einen Fachmann offensichtlich ist.

**[0034]** **Fig. 4** ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem weiteren typischen Ausführungsbeispiel darstellt. Wie in **Fig. 4** gezeigt, weist die akustische Vorrichtung **400** einen einzelnen MEMS-Wandler **410**, wie beispielsweise einen Ultraschallwandler, auf, der an der Basis des akustischen Mehrfachblendenhorns **420** positioniert ist, das die Ultraschallsignale verstärkt. Das akustische Mehrfachblendenhorn **420** weist gemeinsame Hornstrukturen **421** und **422** auf, die eine gemeinsame Halsblende **430** und getrennte entsprechende Mundblenden **431** und **432** aufweisen, um das Feld **435** zu bilden. In dem gezeigten erläuternden Ausführungsbeispiel sind die Mundblenden **431** und **432** des Feldes **435** kreisförmig und durch einen Abstand  $d$  voneinander getrennt, dessen Wert, wie oben hinsichtlich **Fig. 3** diskutiert, basierend auf dem gewünschten Strahlungsmuster des Wandlers **410** bestimmt ist. Die Mundblende **431** kann ebenfalls in verschiedenen Ausführungsbeispielen für verschiedene Effekte auf das Strahlungsmuster einen verschiedenen Durchmesser wie die Mundblende **432** haben.

**[0035]** Die akustische Vorrichtung **400** unterscheidet sich von der akustischen Vorrichtung **300** in **Fig. 3** dadurch, dass die Querschnittseiten der akustischen Hornstrukturen **421** und **422** nicht linear sind. Die akustischen Hornstrukturen **421** und **422** sind vielmehr, wie das in **Fig. 2B** gezeigte akustische Horn **221**, gekrümmt. Die Abmessungen und die Gestalt der Krümmungen können verändert werden, um gewünschte Effekte auf das Strahlungsmuster, die Frequenzantwort und die Effizienz bereitzustellen. Das akustische Mehrfachblendenhorn **420** ermöglicht, verglichen mit dem akustischen Horn **320**, eine genauere Manipulation des Strahlungsmusters. Jedoch ist es schwieriger herzustellen. Die Größe, die Gestalt und der Zwischenraum (beispielsweise der Abstand  $d$ ) der akustischen Hornstrukturen **421** und **422** und der entsprechenden Mundblenden **431** und **432** können auch variieren, um besondere Vorteile für jede bestimmte Situation bereitzustellen oder anwendungsspezifische Ausgestaltungserfordernisse von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, wie es für einen Fachmann offensichtlich ist.

**[0036]** Obwohl **Fig. 3** und **Fig. 4** typische akustische Hornstrukturen **310** und **410** zeigen, die entsprechende Arrays **300** und **400** bilden, die zwei Blenden aufweisende lineare Arrays sind, versteht es sich, dass drei, vier oder mehr Blenden aufweisende Arrays unter Verwendung eines einzelnen Wandlers implementiert werden können. Lineare oder zweidimensionale Anordnungen können in Abhängigkeit des gewünschten Strahlungsmusters implementiert werden. Beispielsweise ist **Fig. 5** eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem weiteren typischen Ausführungsbeispiel darstellt, das ein zweidimensionales Array oder Feld bestehend aus vier Blenden aufweist.

**[0037]** Wie spezieller in **Fig. 5** gezeigt, weist die akustische Vorrichtung **500** einen einzelnen MEMS-Wandler **510**, wie beispielsweise einen Ultraschallwandler, auf, der an der Basis eines akustischen Mehrfachblendenhorns **520** positioniert ist, das Ultraschallsignale verstärkt. Das akustische Mehrfachblendenhorn **520** weist vier akustische Hornstrukturen **521**, **522**, **523** und **524** auf, die eine gemeinsame Halsblende (nicht gezeigt) und vier getrennte entsprechende Mundblenden **531**, **532**, **533** und **534** aufweisen, die ausgerichtet sind, um das zweidimensionale Feld **535** zu bilden. Die Mundblenden **531**–**534** sind voneinander durch einen Abstand  $d$  in einer ersten Richtung und durch einen Abstand  $d'$  in einer zweiten Richtung getrennt, die senkrecht zu der ersten Richtung ist. In einem Ausführungsbeispiel kann der Abstand  $d$  und der Abstand  $d'$  beispielsweise gleich sein. In dem gezeigten erläuternden Ausführungsbeispiel sind die Halsblenden **531**–**534** ebenfalls kreisförmig gestaltet.

**[0038]** Das resultierende Strahlungsmuster von Ul-

traschallsignalen kann hinsichtlich Gestalt und Richtungsabhängigkeit beispielsweise durch Ändern der Größen, der Gestalten und des Zwischenraums (d. h. der Abstände  $d$  und  $d'$ ) der Mundblenden **531–534** wie auch durch Ändern der Größen und/oder der Gestalten der akustischen Hornstrukturen **521–524** manipuliert werden, um besondere Vorteile für jede spezielle Situation bereitzustellen oder anwendungsspezifische Ausgestaltungserfordernisse von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, wie es für einen Fachmann offensichtlich ist. Beispielsweise können die akustischen Hornstrukturen **521–524**, obwohl sie gezeigt sind, als ob sie, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, allgemein gekrümmte Querschnittsgestalten aufweisen, in alternativen Ausführungsbeispielen, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, lineare Querschnittsgestalten aufweisen. Alle oder einige der Mundblenden **531–534** können auch für verschiedene Effekte auf das Strahlungsmuster voneinander verschiedene Durchmesser aufweisen.

**[0039]** [Fig. 6](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem weiteren typischen Ausführungsbeispiel darstellt, das ein lineares Feld mit drei Blenden aufweist. Dieses spezielle Ausführungsbeispiel befasst sich mit einer Manipulation eines Strahlungsmusters, um die Effizienz eines herkömmlichen Drei-Wandler-Systems unter Verwendung eines einzelnen Wandlers mit einem akustischen Mehrfachblendenhorn zu verbessern, wobei Empfänger bei komplementären Winkeln von  $\pm 30^\circ$  von dem Wandler angeordnet sind. Variationen dieses Ausführungsbeispiels, wie beispielsweise eine Blendenanordnung und -größe, können zwei oder mehr Keulen bei komplementären oder nicht-komplementären Winkeln erzeugen.

**[0040]** Wie spezieller in [Fig. 6](#) gezeigt, weist die akustische Vorrichtung **600** einen einzelnen MEMS-Wandler **610**, wie beispielsweise einen Ultraschallwandler, auf, der an dem Hals eines akustischen Mehrfachblendenhorns **620** positioniert ist, das die Ultraschallsignale verstärkt. Das akustische Mehrfachblendenhorn **620** weist drei akustische Hornstrukturen **621**, **622** und **623** auf, die eine gemeinsame Halsblende **630** und drei getrennte entsprechende Mundblenden **631**, **632** und **633** aufweisen, die ausgerichtet sind, um ein lineares Array **635** zu bilden. In dem gezeigten erläuternden Ausführungsbeispiel sind die Mundblenden **631**, **632** und **633** kreisförmig gestaltet, und sie sind voneinander durch einen Abstand  $d$  getrennt. Die resultierende Sendung oder Transmission von Ultraschallwellen von dem Wandler **610** führt daher zu mehreren Strahlungskeulen, die hinsichtlich Gestalt und Richtungsabhängigkeit, beispielsweise durch Ändern der Größen und/oder der Gestalten der Mundblenden **531**, **532** und **533** wie auch durch Ändern der Größen und/oder der Gestalten der akustischen Hornstrukturen **521**, **522** und **523** und/oder des Abstandes  $d$  ver-

ändert werden können, um besondere Vorteile für jede spezielle Situation bereitzustellen oder anwendungsspezifische Ausgestaltungserfordernisse von verschiedenen Implementierungen zu erfüllen, wie es für einen Fachmann offensichtlich ist.

**[0041]** Beispielsweise ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel die Mittelmundblende **632** des Arrays **600** im Durchmesser kleiner als die benachbarten äußeren oder Umfangsmundblenden **631** und **633**. Die akustische Mittelhornstruktur **622** ist in der Länge kürzer als jede der akustischen Umfangshornstrukturen **621** und **623**. Die akustische Mittelhornstruktur **622** ist auch rohrförmig mit im Wesentlichen parallelen Seiten, während jede der akustischen Umfangshornstrukturen **621** und **623** einen rohrförmigen inneren Abschnitt, der im Wesentlichen parallele Seiten aufweist, und einen kegelförmigen äußeren Abschnitt aufweist, der divergierende lineare Seiten (beispielsweise wie oben hinsichtlich [Fig. 2A](#) diskutiert) aufweist. Das gemeinsame Ergebnis ist ein Strahlungsmuster der Ultraschallwellen, die von dem Wandler **610** ausgesendet werden, das eine kleine Mittelkeule mit zwei größeren äußeren Keulen aufweist, die bei komplementären Winkeln von der Mittelkeule gerichtet sind. Wie oben erwähnt, sind die Mundblenden **631**, **632** und **633** des Feldes **600** durch einen Abstand  $d$  getrennt, dessen Wert basierend auf den gewünschten Strahlungsmuster bestimmt ist.

**[0042]** Erläuternde Anwendungen des Ultraschallwandlers umfassen beispielsweise Gasfluss- und Windmessungen, für die mehrere Wandlerwege erforderlich sind, um eine Geschwindigkeit und Richtung des Gases zu bestimmen. Üblicherweise erfordert dies eine Verwendung von mehreren Wandlern. Jedoch können die gleichen Ergebnisse unter Verwendung eines einzelnen Wandlers **610** und eines akustischen Mehrfachblendenhorns **620** erhalten werden, das eine effiziente Sendung mit signifikanter Richtungsabhängigkeit an mehrere Empfänger bei verschiedenen Anordnungen ermöglicht, und dadurch reduziert sich die Anzahl von erforderlichen Wandlern.

**[0043]** Zu Darstellungszwecken ist unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) und [Fig. 7B](#) ein Beispiel eines speziellen Strahlungsmusters von dem Wandler **610** unten dargelegt. Es versteht sich jedoch, dass die verschiedenen Abmessungen und Parameter für Erklärungszwecke sind, und dass die verschiedenen Ausführungsbeispiele nicht darauf beschränkt sind.

**[0044]** Unter der Annahme, dass ein akustischer MEMS-Wandler kreisförmig ist und einen Durchmesser von 1,0 mm aufweist, ist das berechnete Strahlungsmuster (beispielsweise bei 100 kHz) in [Fig. 7A](#) gezeigt, wobei der Wandler an dem Ursprung des Polardiagramms angeordnet ist, das relativ beabstandete, konzentrische Kreise um den Ursprung andeu-

tet. Insbesondere ist das breite Strahlungsmuster von dem Wandler im Wesentlichen kreisförmig und über 180° (beispielsweise 90° bis 270°) gleichmäßig. Entsprechend würde die Effizienz, obwohl zwei bei ±30° angeordnete Empfänger beispielsweise geeignet wären, die Aussendung zu erfassen, geringer sein, da mehr der abgestrahlten Energie über das breite Strahlungsmuster verloren ist. Dieses System ist auch aufgrund der fehlenden Richtungsabhängigkeit für Reflexionen und Interferenzen anfällig.

[0045] Jedoch kann der Wandler **610**, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, unter Verwendung des linearen Dreiblendenfelds **635** der Mehrfachblendenhornstruktur **620** die Richtungsabhängigkeit verbessern. Beispielsweise kann jede der Umfangsmundblenden **631** und **633** einen Durchmesser von 2,0 mm aufweisen, die Mittelmundblende **632** kann einen Durchmesser von 0,6 mm aufweisen, und der Abstand  $d$  zwischen benachbarten Blenden **631–632** und **632–633** kann 3,0 mm sein. Bei dieser erläuterten Bauart ist das Strahlungsmuster des einzelnen Wandlers **610** in [Fig. 7B](#) gezeigt, wobei der Wandler **610** an dem Ursprung des Polardiagramms angeordnet ist. Insbesondere weist das Strahlungsmuster von dem Wandler **610** zwei große Seitenkeulen auf, die Sehnen aufweisen, die sich von dem Wandler **610** bei komplementären Winkeln von ungefähr ±30° erstrecken. Entsprechend würden zwei bei ±30° von dem Wandler **610** aus angeordnete Empfänger beispielsweise die gerichtete akustische Energie empfangen und daher effizienter und zuverlässiger die Aussendung mit minimaler verlorener abgestrahlter Energie erfassen. Ferner stellt das Mehrfachblendenhorn **620** einen kürzeren akustischen Weg durch die akustische Mittelhornstruktur **622** bereit, die der Mittelmundblende **632** entspricht, was eine Verzögerung (beispielsweise von ungefähr einer halben Wellenlänge) für die benachbarten Umfangsmundblenden **631** und **633** erzeugt, so dass destruktive Interferenz die mittige Aussendung minimiert.

[0046] Obwohl ein ähnliches Strahlungsmuster unter Verwendung mehrerer Wandler (im Gegensatz zu einem einzelnen Wandler **610**) erhalten werden kann, die angeordnet sind, um ein Wandlerfeld zu bilden, reduziert die Verwendung eines einzelnen Wandlers **610** Materialkosten. Ferner fügt die Ausgestaltung von Wandlern mit unterschiedlichen Durchmessern auf den gleichen Wafer mit der gleichen Frequenz Komplexität zu dem Herstellungsprozess hinzu. Eine Manipulation der erforderlichen Phasendifferenzen zwischen drei getrennten Wandlern, die in einem Array angeordnet sind, erfordert eine externe Schaltung, was weitere Kosten zu dem System und Implementierungsschwierigkeiten hinzufügt. Ferner ermöglicht die Manipulation der Geometrie jeder Blende eine akustische Verstärkung in den gewünschten Blenden.

[0047] [Fig. 8](#) ist eine Querschnittsdarstellung, die ein akustisches Mehrfachblendenhorn gemäß einem weiteren typischen Ausführungsbeispiel darstellt. Bezug nehmend auf [Fig. 8](#) weist eine akustische Vorrichtung **800** einen Ultraschallwandler **810** auf, der entweder direkt oder durch eine Druckkammer (nicht gezeigt), wie oben diskutiert, an ein akustisches Horn **820**, gekoppelt ist. Das akustische Horn **820** weist eine kegelförmige Gestalt mit einem Querschnitt auf, der divergierende lineare Seiten aufweist, die sich von dem Wandler **810** zum Verstärken der Ultraschallsignale erstrecken. Eine akustische Diffraktionslinse **840**, die mehrere in einem vorbestimmten Muster angeordnete Blenden aufweist, ist an dem Mund des akustischen Horns **820** angebracht. Das vorbestimmte Muster kann jede Ausgestaltung zum Richten von Ultraschallwellen in einem gewünschten Strahlungsmuster aufweisen. Beispielsweise kann die Linse **840** in verschiedenen Ausführungsbeispielen eine Fresnel-ähnliche Linse sein, die ein vorbestimmtes Fresnel-Blendenmuster aufweist.

[0048] [Fig. 9A](#), [Fig. 9B](#) und [Fig. 9C](#) sind Draufsichten, die typische Fresnel-Muster eines akustischen Mehrfachblendenhorns gemäß typischen Ausführungsbeispielen darstellen, die für die Linse **840** verwendet werden können.

[0049] Insbesondere zeigt [Fig. 9A](#) eine binäre Fresnel-Linse **841**, die ein Muster konzentrischer Kreise von abwechselnden Fresnel-Zonen aufweist, bei dem die schattierten Abschnitte Öffnungen (oder Blenden) andeuten, durch die Ultraschallsignale hindurchtreten können (d. h. nicht geblockt werden). Eine Schnittansicht entlang A-A' der Linse **841** ist im Wesentlichen die gleiche wie die Seitenansicht der Linse **840** in [Fig. 8](#).

[0050] Die Grenzen der abwechselnden Zonen sind ungefähr in Übereinstimmung mit der folgenden bekannten Formel (oder ähnlichen Fresnel-Zonenformeln) vorgesehen, in der  $R_n$  der Radius der Grenze  $n$  ist,  $\lambda$  die Wellenlänge des Ultraschallsignals ist und  $z_1$ ,  $z_2$  Abstände der Linse **840** zu der Quelle (dem Wandler **810**) bzw. zu einem Brennpunkt (nicht gezeigt) der Linse **840** sind:

$$R_n = \sqrt{r_1 \lambda \left( \frac{z_1 z_2}{z_1 + z_2} \right)}$$

[0051] Das Strahlungsmuster wird durch die mehreren Blenden in der akustischen Diffraktionslinse **841** manipuliert, die an dem akustischen Horn **820** montiert ist. Die Linse **841** kann daher die akustische Wellenfront manipulieren, um akustische Energie zu fokussieren oder zu kollimieren. In alternativen Ausführungsbeispielen kann dies gleichermaßen durch Gestalten von Materialien erreicht werden, die verschiedene akustische Brechungsindexe aufweisen.

[0052] [Fig. 9B](#) zeigt eine binäre Fresnel-Linse **842**, die ein ähnliches Muster konzentrischer Kreise von alternierenden Zonen aufweist, bei dem die schattierten Abschnitte Öffnungen (oder Blenden) andeuten, durch die Ultraschallsignale hindurchtreten können (d. h. nicht blockiert werden). Zusätzliche Querelemente, die allgemein dem Durchmesser der Linse **842** folgen, schaffen ferner strukturelle Unterstützung. [Fig. 9C](#) zeigt eine weitere erläuternde Fresnel-Linse **843**, die ein Muster konzentrischer Kreise von abwechselnden Zonen aufweist, bei dem die schattierten Abschnitte Öffnungen (oder Blenden) andeuten, durch die Ultraschallsignale hindurchtreten können (d. h. nicht blockiert werden). Zusätzliche Querelemente, die für die verschiedenen Kreise umfänglich bei verschiedenen Orten positioniert sind, schaffen strukturelle Unterstützung.

[0053] Die verschiedenen typischen Ausführungsbeispiele sind in erster Linie aus der Perspektive eines Wandlers erläutert, der in der Funktion eines Ultraschallsignalsenders arbeitet. Wie oben erwähnt, können die verschiedenen Ausführungsbeispiele (beispielsweise [Fig. 1–Fig. 6](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 9A–Fig. 9C](#)) jedoch aufgrund des akustischen Reziprozitätsprinzips gleichermaßen im Fall eines Wandlers angewendet werden, der in der Funktion eines Ultraschallempfängers arbeitet.

[0054] Die verschiedenen Komponenten, Materialien, Strukturen und Parameter sind nur als Beispiel und nicht in einem einschränkenden Sinn enthalten. In Anbetracht dieser Offenbarung können Fachleute die vorliegenden Lehren beim Bestimmen ihrer eigenen Anwendungen und von erforderlichen Komponenten, Materialien, Strukturen und einer Anlage zum Implementieren dieser Anwendungen implementieren, während sie innerhalb des Umfangs der angehängten Ansprüche bleiben.

### Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zum Senden oder Empfangen von Ultraschallsignalen, wobei die Vorrichtung aufweist:

einen Wandler, der derart konfiguriert ist, dass er zwischen elektrischer Energie und den Ultraschallsignalen umwandelt; und

ein akustisches Horn, das an den Wandler gekoppelt ist, wobei das akustische Horn eine Mehrzahl von Blenden aufweist, durch die die Ultraschallsignale gesendet oder empfangen werden, um zumindest eines von einem Strahlungsmuster, einer Frequenzantwort oder einer Stärke der Ultraschallsignale zu manipulieren, wobei die Mehrzahl von Blenden eine entsprechende Mehrzahl von verschiedenen Blendengrößen aufweist.

2. Die Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der

Wandler einen mikroelektromechanisches System(MEMS)-Wandler aufweist.

3. Die Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das akustische Horn eine Mehrzahl von Hornstrukturen aufweist, die eine gemeinsame Halsöffnung benachbart zu dem Wandler und eine Mehrzahl von Mundöffnungen aufweisen, die der Mehrzahl von Blenden entsprechen.

4. Die Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Mehrzahl von Hornstrukturen eine Mittelhornstruktur und zumindest zwei benachbarte Umfangshornstrukturen aufweist, die in linearer Art ausgerichtet sind.

5. Die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Mehrzahl von Blenden in zweidimensionaler Art ausgerichtet ist.

6. Die Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Mittelhornstruktur eine andere Länge als die zumindest zwei benachbarten Umfangshornstrukturen aufweist, um Relativphasen der Ultraschallsignale zu manipulieren, die jeweils von der entsprechenden Mehrzahl von Blenden ausgesendet werden.

7. Die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei ein Strahlungsmuster der Ultraschallsignale, das von der Vorrichtung gesendet wird, zwei oder mehr Keulen aufweist, die sich bei verschiedenen Winkeln von dem Wandler erstrecken.

8. Die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein Strahlungsmuster der Ultraschallsignale, die von der Vorrichtung gesendet werden, eine Keule bei einem Nicht-Null-Winkel von dem Wandler aufweist.

9. Die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das akustische Horn eine akustische Linse aufweist, die an einer Mundöffnung des akustischen Horns befestigt ist, wobei die Linse ein Muster definiert, das eine Mehrzahl von Blenden aufweist.

10. Die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Mehrzahl von Blenden eine Mehrzahl konzentrischer Kreise aufweist.

11. Die Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Muster ein Fresnel-Muster aufweist.

12. Die Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Mehrzahl konzentrischer Kreise abwechselnde Zonen definieren, in denen Anteile der Ultraschallsignale blockiert werden.

13. Die Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei Grenzen der abwechselnden Zonen durch die folgende Formel approximiert werden, in der  $R_n$  ein Radius der Grenze  $n$  ist,  $\lambda$  eine Wellenlänge der Ultraschall-

signale ist und  $z_1$ ,  $z_2$  Abstände der Linse zu dem Wandler bzw. zu einem Brennpunkt der Linse sind:

$$R_n = \sqrt{n\lambda \left( \frac{z_1 z_2}{z_1 + z_2} \right)}$$

14. Eine Vorrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen, wobei die Vorrichtung aufweist:  
 einen mikroelektromechanisches System(MEMS)-Wandler, der derart konfiguriert ist, dass er elektrische Energie in akustische Signale umwandelt; und  
 ein akustisches Horn, das zum Verstärken der Ultraschallsignale an den Wandler gekoppelt ist, wobei das akustische Horn eine Mehrzahl von Hornstrukturen aufweist, die eine gemeinsame Halsöffnung zum Empfangen der Ultraschallsignale von dem Wandler aufweisen, wobei die Mehrzahl von Hornstrukturen eine Mittelhornstruktur und eine Mehrzahl von Umfangshornstrukturen aufweist,  
 wobei Abmessungen von zumindest zwei der Mehrzahl von Hornstrukturen verschieden sind.

15. Die Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei zumindest eine der Mehrzahl von Hornstrukturen einen rohrförmigen inneren Abschnitt und einen kegelförmigen äußeren Abschnitt aufweist.

16. Die Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, wobei die Mittelhornstruktur eine Verzögerung von ungefähr einer halben Wellenlänge eines Anteils der Ultraschallsignale erzeugt, die durch jede der Mehrzahl von Umfangshornstrukturen hindurch gesendet werden.

17. Die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei ein Mittelpunkt der Mundblende der Mittelhornstruktur den gleichen Abstand von einem Mittelpunkt von Mundblenden jeder der Mehrzahl von Umfangshornstrukturen aufweist.

18. Eine Vorrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen, wobei die Vorrichtung aufweist:  
 einen mikroelektromechanisches System(MEMS)-Wandler, der derart konfiguriert ist, dass er elektrische Energie in Ultraschallsignale umwandelt; und  
 ein akustisches Horn, das zum Verstärken der Ultraschallsignale an den Wandler gekoppelt ist, wobei das akustische Horn einen Halsabschnitt benachbart zu dem MEMS-Wandler zum Empfangen der Ultraschallsignale und einen Mundabschnitt aufweist, der in der Fläche größer als der Halsabschnitt ist; und  
 eine akustische Linsenstruktur, die an dem Mundabschnitt des akustischen Horns angebracht ist, wobei die Linsenstruktur ein vorbestimmtes Muster von Öffnungen zum Manipulieren eines Strahlungsmusters der Ultraschallsignale definiert, durch die hindurch die Ultraschallsignale gesendet werden.

19. Die Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei das vorbestimmte Muster ein Fresnel-Muster aufweist.

20. Die Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, ferner aufweisend:  
 eine Druckkammer, die derart konfiguriert ist, dass sie den MEMS-Wandler und den Eingangsabschnitt des akustischen Horns verbindet.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

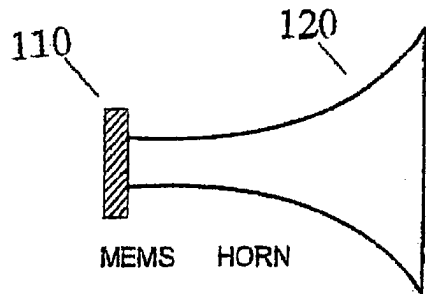


FIG. 1A

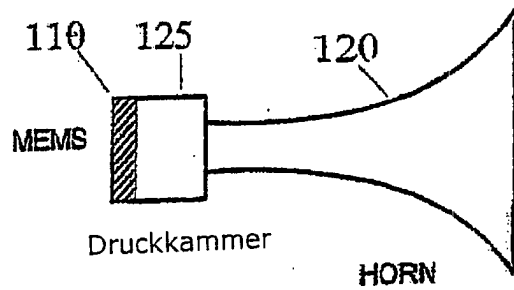


FIG. 1B

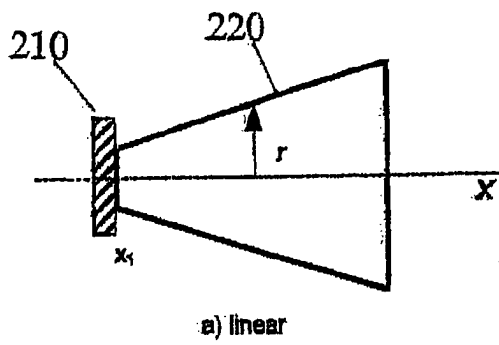


FIG. 2A

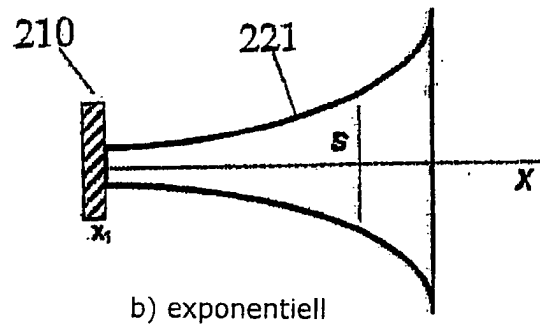


FIG. 2B

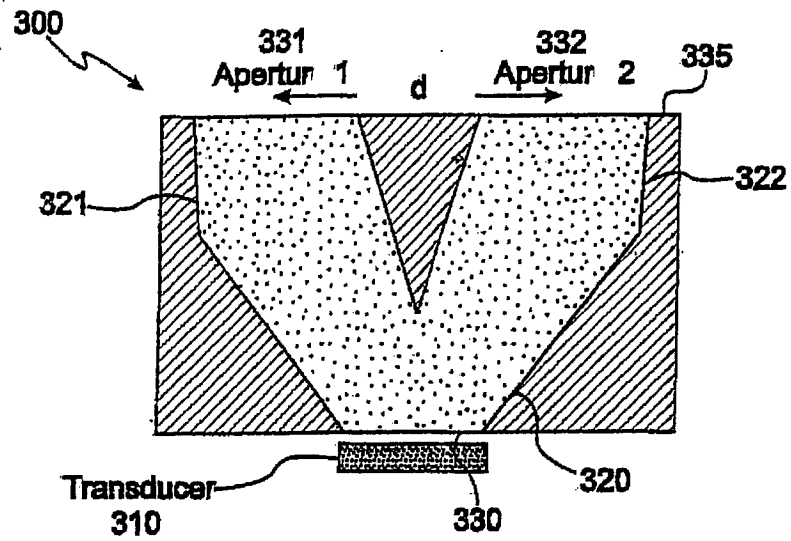


FIG. 3

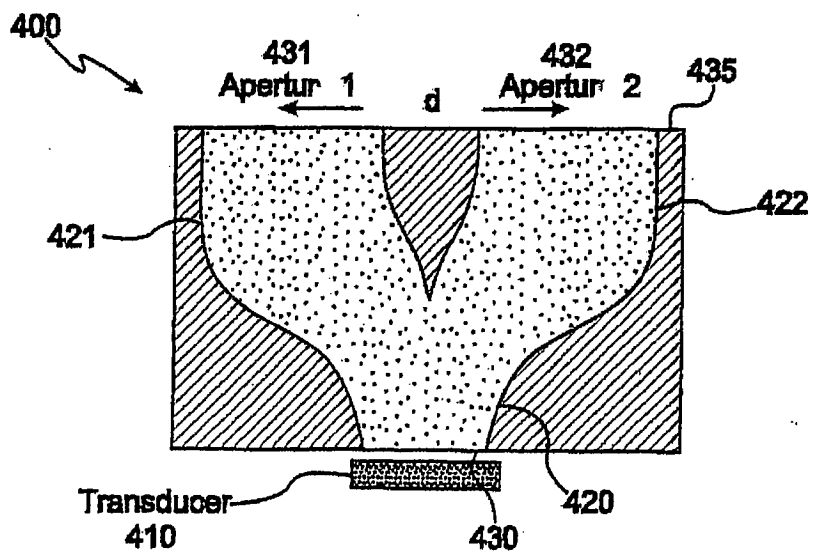


FIG. 4

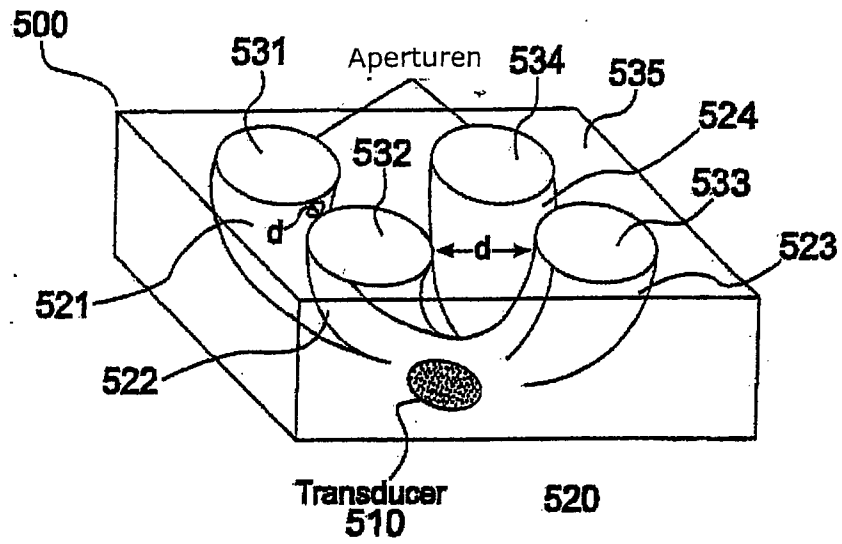


FIG. 5

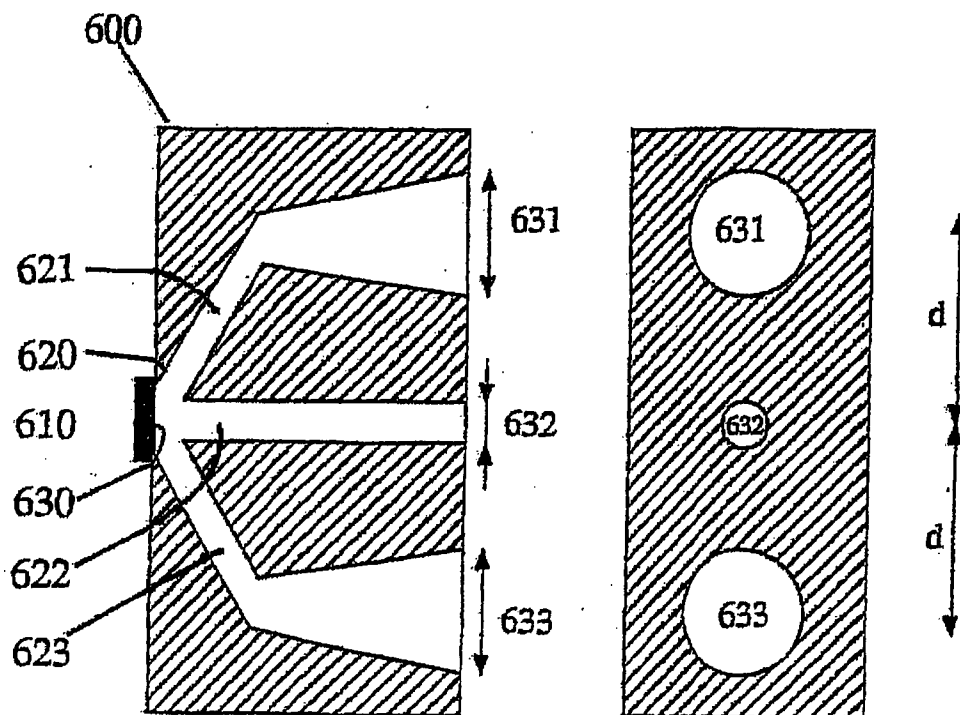


FIG. 6

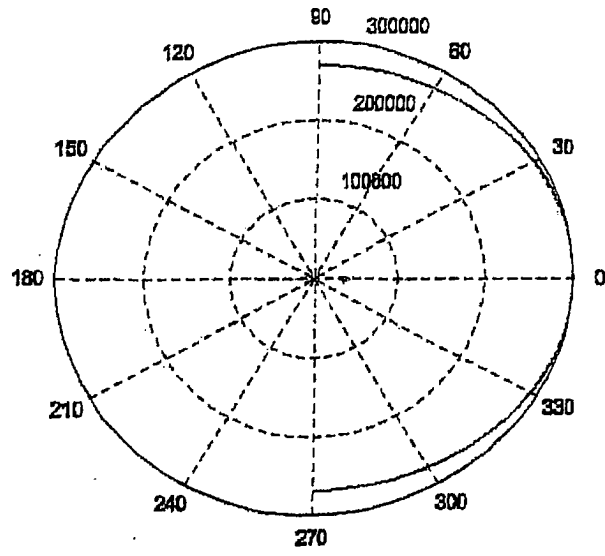


FIG. 7A

Stand der Technik

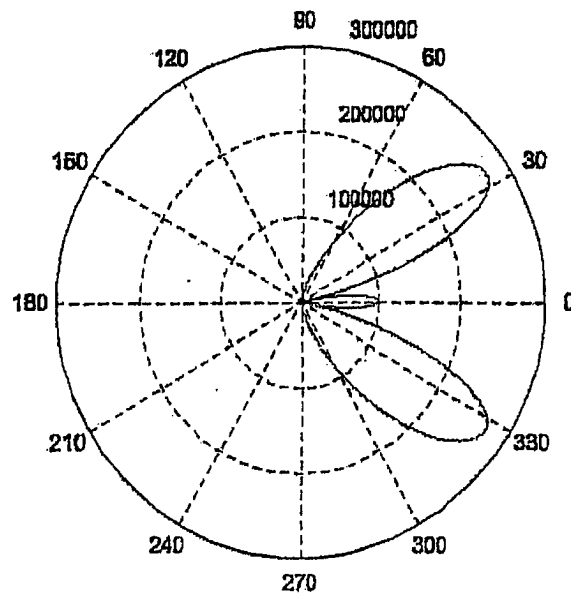


FIG. 7B

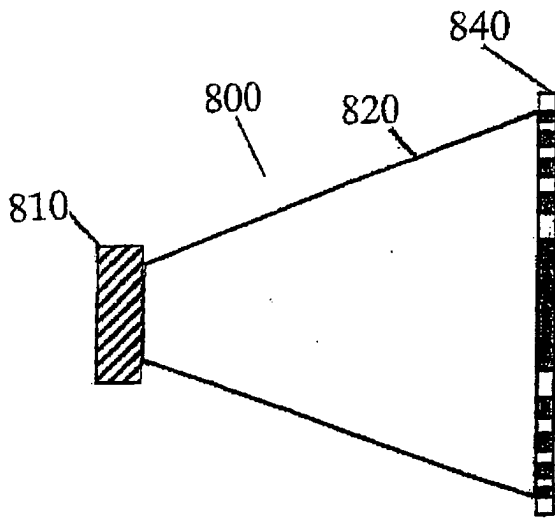


FIG. 8

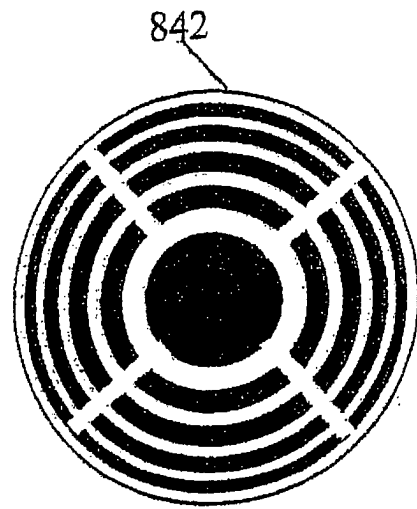


FIG. 9B

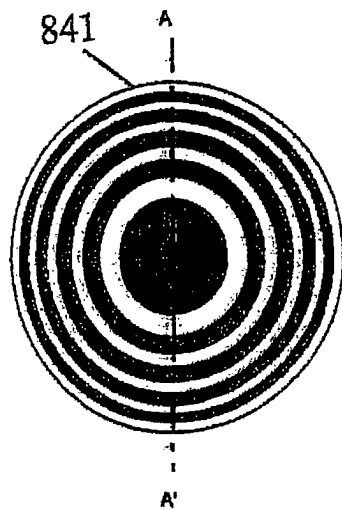


FIG. 9A



FIG. 9C