



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 039 445 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.09.2000 Patentblatt 2000/39

(51) Int. Cl.⁷: **G10K 11/26**

(21) Anmeldenummer: **00105222.4**

(22) Anmeldetag: **13.03.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Kölpin, Thomas, Prof.
92224 Amberg (DE)**

(30) Priorität: **26.03.1999 DE 19913871**

(54) **Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule**

(57) Erfindungsgemäß werden Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule erzeugt, indem mittels eines richtscharfen Ultraschallwandlers (W) Schallwellen mit rotationssymmetrischer Schallkeule erzeugt werden und in der Schallausbreitungsrichtung innerhalb der Fresnel-Zone ein Streukörper (4,7,10,11,17,18) positioniert wird. Hierzu ist eine entsprechende Einrichtung, z.B. gemäß FIG 1 vorgesehen. Die Streukörper sind unterschiedlich ausgeführt, um astigmatische Schallkeulen oder rotationssymmetrische, aufgeweitete Schallkeulen zu erzeugen.

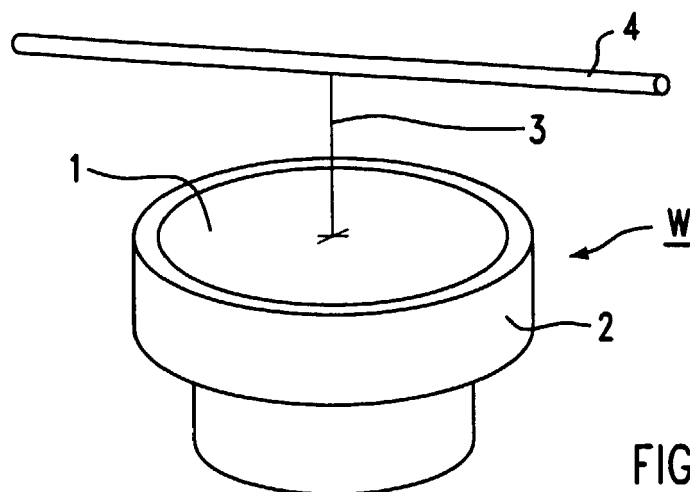


FIG 1

EP 1 039 445 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule.

[0002] Ultraschall-Näherungsschalter werden in der Automatisierungstechnik hauptsächlich zur berührungslosen Erfassung der Anwesenheit oder des Abstandes von Objekten eingesetzt. Je nach Meßaufgabe finden das Schranken- oder Echolaufzeitverfahren Verwendung. Beim Schrankenverfahren sendet ein Ultraschallsender Signale aus, die auf direktem Weg zu einem Ultraschallempfänger gelangen. Der zu erfassende Gegenstand unterbricht den Schallweg und wird damit detektiert. Beim Echolaufzeitverfahren wird dagegen das vom zu erfassenden Gegenstand reflektierte Ultraschallecho empfangen und aus der Signallaufzeit zwischen Aussendung und Empfang die Entfernung des Gegenstands ermittelt.

[0003] Schlüsselbauelemente für beide Verfahren sind die Ultraschall-Wandler. Sie werden im Sendefall zur Umsetzung elektrischer Signale in Schallwellen und im Empfangsfall zur Umsetzung von Schallwellen in elektrische Signale benutzt. Bei Geräten nach dem Echolaufzeitverfahren wird oft ein und derselbe Wandler abwechselnd für Sendung und Empfang verwendet. Damit wird der gerätetechnische Aufwand verringert, aber auch ein Mindestabstand festgelegt, unterhalb dem wegen der unvermeidlichen Ausschwingvorgänge des Wandler nach dem Sendezyklus keine Messungen möglich sind.

[0004] Ultraschallwandler gibt es in unterschiedlichen technischen Ausgestaltungen. Aus der DE 25 41 492 B2 ist ein richtscharfer Wandler bekannt, der durch seine schmale, weitgehend rotationssymmetrische Schallkeule eine gute Unterscheidung des zu erfassenden Gegenstandes von seitlich benachbarten Objekten erlaubt. Insbesondere für Überwachungsaufgaben werden aber auch Wandler mit breiterer Schallkeule benötigt, um Objekte zu erfassen, bei denen der Ort des Erscheinens nicht zwangsläufig vorgegeben ist. Neben der rotationssymmetrischen Schallkeule größerer Breite sind dabei besonders astigmatische Schallkeulenformen interessant, die z.B. in der horizontalen Ebene eine breite, in der vertikalen Ebene dagegen eine schmale Ausdehnung haben. Ihr typischer Einsatz liegt in der Erfassung von Personen, die in den Gefährdungsbereich von Robotern oder selbstfahrenden Transportfahrzeugen eindringen. Für diese Aufgaben wurden spezielle Wandler gemäß EP 0 425 716 A1 entwickelt.

[0005] Astigmatische Wandler werden im industriellen Bereich gegenüber richtscharfen Wandlern in deutlich geringeren Stückzahlen benötigt; außerdem erfordert ihre Fertigung meist höheren Material- und Technologieaufwand. Astigmatische Wandler sind damit gegenüber richtscharfen Wandlern wesentlich teurer.

[0006] Für bestimmte Anwendungsfälle besteht außerdem ein Bedarf zur Erzeugung von Schallwellen mit rotationssymmetrischer Schallkeule mit vorgegebener Breite.

5 **[0007]** Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und kostengünstig realisierbares Verfahren zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule anzugeben. Die weitere Aufgabe besteht in der Schaffung einer entsprechenden Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule.

10 **[0008]** Die erstgenannte Aufgabe wird dadurch gelöst, daß mittels eines Ultraschallwandlers Schallwellen mit rotationssymmetrischer Schallkeule erzeugt werden und in der Schallausbreitungsrichtung innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers mindestens ein Streukörper positioniert wird.

15 **[0009]** Eine vorteilhafte Weiterbildung besteht, wenn der Streukörper in länglicher Form ausgeführt ist und senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung positioniert wird, da hierdurch auf einfache Weise Schallwellen mit astigmatischer Schallkeule erzeugt werden.

20 **[0010]** Eine weitere vorteilhafte Ausführung besteht, wenn der Streukörper in rotationssymmetrischer Form ausgeführt ist und sein Symmetriezentrum auf der Symmetrieachse des Ultraschallwandlers positioniert wird. Auf diese Weise lassen sich sehr einfach annähernd rotationssymmetrische aufgeweitete Schallkeulen erreichen.

25 **[0011]** Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule wird erreicht mit einem Ultraschallwandler, der Schallwellen mit schmaler, rotationssymmetrischer Schallkeule erzeugt, und mit mindestens einem Streukörper, der in der Schallausbreitungsrichtung innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers positioniert ist.

30 **[0012]** Vorteilhafte Ausführungsformen der Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit astigmatischer Schallkeule oder mit aufgeweiteter rotationssymmetrischer Schallkeule sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

35 **[0013]** Außerdem nehmen die Unteransprüche Bezug auf vorteilhafte Ausführungsformen zur Befestigung des Streukörpers mit dem Wandlergehäuse.

40 **[0014]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

50 FIG 1 eine erfindungsgemäße Einrichtung mit einem richtscharfen Ultraschallwandler und einem stabförmigen Streukörper zur Erzielung einer astigmatischen Schallkeule,
FIG 2 eine für einen richtscharfen Ultraschallwandler gemäß FIG 1 typische Schallkeule ohne Verwendung eines Streukörpers,
55 FIG 3 eine Schallkeule der erfindungsgemäßen Einrichtung gemäß FIG 1 senkrecht zur Aus-

- FIG 4 richtung des stabförmigen Körpers,
die Schallkeule der Einrichtung von FIG 1 in Schallausbreitungsrichtung parallel zur Aus-
- FIG 5 richtung des stabförmigen Körpers,
eine vorteilhafte Ausgestaltung der Einrichtung von FIG 1 mit einem Drahtbügel als Streukörper vor der Wandleroberfläche,
- FIG 6 eine vorteilhafte Ausgestaltung der Einrichtung von FIG 5 mit mehreren parallel ausgerichteten Drahtbügeln als Streukörper vor der Wandleroberfläche,
- FIG 7 eine vorteilhafte Ausgestaltung der Einrichtung von FIG 1 mit einem stabförmigen Trapezoid als Streukörper,
- FIG 8 eine erfindungsgemäße Einrichtung mit einem richtscharfen Ultraschallwandler und einem kugelförmigen Streukörper zur Erzielung einer breiteren annähernd rotationssymmetrischen Schallkeule,
- FIG 9 eine vorteilhafte Ausgestaltung der Einrichtung von FIG 8 mit einem über eine Haltestange an Ultraschallwandler gehaltenen kugelförmigen Streukörper,
- FIG 10 eine erfindungsgemäße Einrichtung mit einem richtscharfen Ultraschallwandler und einem rotationssymmetrischen sternförmigen Streukörper zur Erzielung einer breiteren, annähernd rotationssymmetrischen Schallkeule,
- FIG 11 eine vorteilhafte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Einrichtung betreffend die Halterung eines drahtbügelartigen Streukörpers,
- FIG 12 eine erfindungsgemäße Einrichtung mit einem richtscharfen Ultraschallwandler und mit einem Kegelstumpf als Streukörper und
- FIG 13 eine erfindungsgemäße Einrichtung mit einem richtscharfen Ultraschallwandler und mit einem Zylinder als Streukörper.

[0015] In FIG 1 ist eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit astigmatischer Schallkeule dargestellt, die bekanntermaßen in der horizontalen Ebene eine breite und in der vertikalen Ebene eine schmale Ausdehnung hat. Sie besteht aus einem richtscharfen Ultraschallwandler mit der Wandleroberfläche 1, der in einem Wandlergehäuse 2 gehalten ist. Im Abstand 3 befindet sich bevorzugt mittig und parallel zur Wandleroberfläche 1, d.h. senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung, eine stabförmiger Streukörper 4. Der Abstand 3 liegt vorteilhaft innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers W und beträgt insbesondere weniger als fünf Schallwellenlängen.

[0016] FIG 2 zeigt als Bezug die gemessene Schallkeule eines richtscharfen Ultraschallwandlers in Polarkoordinaten, ohne daß ein Streukörper eingesetzt wird. Die Schallkeule kann räumlich als annähernd rotationssymmetrisch angenommen werden. Eine Erfas-

sung von Objekten ist näherungsweise nur im Winkelbereich der stark ausgeprägten Hauptkeule 5 möglich.

[0017] Den Einfluß eines Streukörpers 4 auf die Schallkeule in der Ebene senkrecht zu seiner Längsausdehnung zeigt FIG 3. Außerhalb der Hauptkeule 5 existieren Nebenkeulen 6, die eine Erfassung von Objekten auch in diesen Winkelbereichen erlauben.

[0018] Die Einbringung eines Streukörpers 4 parallel zu seiner Längsausdehnung hat auf die Schallkeule kaum einen Einfluß (siehe FIG 4). In dieser Ebene bleibt die richtscharfe Schallkeulenform weitgehend erhalten. Durch Positionieren des stabförmigen Streukörpers 4 im obengenannten Abstand 3 von der Wandoberfläche 1 wird also die ursprünglich rotationssymmetrische Schallkeule in eine astigmatische Schallkeule gewandelt.

[0019] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der obenbeschriebenen Einrichtung nach FIG 1 wird der Streukörper als Drahtbügel 7 realisiert (siehe FIG 5). Er wird durch seine Seitenschenkel 9 in Aufnahmetaschen 8 des Wandlergehäuses 2 bevorzugt mittig und parallel zur Wandleroberfläche 1 gehalten. Die gewünschte räumliche Lage der astigmatischen Schallkeule ist durch Verdrehen des Wandlergehäuses 2 in der Ebene parallel zur Wandleroberfläche 1 einstellbar. Form und Verteilung der Nebenkeulen werden durch die Länge der Seitenschenkel 9 des Drahtbügels 7 und dessen Querschnitt beeinflusst.

[0020] In FIG 6 ist eine vorteilhafte Variante der Ausgestaltung dargestellt, bei der als Streukörper mehrere parallel angeordnete Drahtbügel 7 verwendet werden, die in entsprechend vorgesehenen Aufnahmetaschen 8 des Wandlergehäuses 2 gehalten werden. Mit dieser Anordnung sind Form und Verteilung der Nebenkeulen noch stärker beeinflussbar als bei dem vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiel gemäß FIG 5.

[0021] FIG 7 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung zur Erzeugung astigmatischer Schallkeulen, bei der der Streukörper als stabförmiges Trapezoid 10 - im Grenzfall auch als Quadergestalt ist, das am Wandlergehäuse 2 befestigt ist oder auch integraler Bestandteil der Wandleroberfläche 1 sein kann. Form und Verteilung der Nebenkeulen werden durch die Querschnitts- und Längenabmessungen des Trapezoids 10 beeinflusst.

[0022] In FIG 8 ist eine erfindungsgemäße Anordnung zur Erzeugung annähernd rotationssymmetrischer Schallkeulen dargestellt. Sie besteht aus einem richtscharfen Ultraschallwandler W mit der Wandleroberfläche 1, der in einem Wandlergehäuse 2 gehalten ist. Im Abstand 3 befindet sich mittig zur Wandleroberfläche 1 ein kugelförmiger Streukörper 11. Der Abstand liegt vorteilhaft innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers und beträgt insbesondere weniger als fünf Schallwellenlängen. Der Streukörper 11 bewirkt eine rotationssymmetrische Aufweitung der richtschar-

fen Schallkeule des Ultraschallwandlers. Form und Verteilung der Nebenkeulen werden durch den Querschnitt des kugelförmigen Streukörpers 11 und seinen Abstand 3 zur Wandleroberfläche 1 beeinflusst.

[0023] FIG 9 zeigt eine vorteilhafte Ausgestaltung der Einrichtung nach FIG 8, bei der der kugelförmige Streukörper 11 mit einer Haltestange 12 auf der Wandleroberfläche 1 gehalten ist, wobei die Haltestange 12 parallel zur Schallausbreitungsrichtung verläuft. Zur akustischen Entkopplung gegenüber der Wandleroberfläche 1 ist es vorteilhaft, wenn die Anordnung aus Haltestange 12 und Streukörper 11 am Anbindungspunkt 13 eine hohe akustische Impedanz aufweist. Dies ist dann der Fall, wenn sich auf dieser Anordnung unter Berücksichtigung der Material- und Massenverhältnisse gerade ein ganzzahliges Vielfaches der halben Schallwellenlänge ausbildet.

[0024] In FIG 10 ist eine weitere erfindungsgemäße Einrichtung zur Erzeugung annähernd rotationssymmetrischer aufgeweiteter Schallkeulen dargestellt. Dabei wird ein rotationssymmetrischer Streukörper aus mehreren Drahtbügeln 7 realisiert, deren Seitenschenkel 9 in der aus FIG 5 und 6 bekannten Weise in Aufnahmetaschen 8 des Wandlergehäuses 2 gehalten sind. Die Drahtbügel 7 verlaufen parallel zur Wandleroberfläche 1 und schneiden sich in einer gemeinsamen Ebene im Punkt 14 mittig zur Wandleroberfläche 1. Form und Verteilung der Nebenkeulen werden durch Zahl und Querschnitt der Drahtbügel 7 sowie ihren Abstand 3 von der Wandleroberfläche 1 beeinflusst.

[0025] Bei den Anordnungen gemäß FIG 5, 6, 10 lassen sich die Drahtbügel 7 vorteilhaft auch nachträglich am Wandlergehäuse 2 anbringen, wenn mit ein und derselben Grundausführung von Ultraschallwandlern sowohl Gerätevarianten mit richtscharfen als auch mit aufgeweiteten Schallkeulen realisierbar sein sollen. Hierzu sind lediglich alle Wandlergehäuse mit einer entsprechenden Zahl von Aufnahmetaschen und -bohrungen zu versehen, in die im Bedarfsfall die Seitenschenkel 9 der Drahtbügel eingesetzt werden. Alternativ können gemäß FIG 11 die Seitenschenkel der Drahtbügel 7 vorteilhaft auch mit Formteilen 15 versehen werden, die an ihrer Innenseite einen an das Wandlergehäuse angepaßten Radius 16 aufweisen. Diese Formteile 15 sind z.B. durch Klebung mit dem Wandlergehäuse 2 verbunden. Durch gegenüber der Darstellung von FIG 11 verdrehte Anbringung der Formteile 15 auf den Seitenschenkeln 9 und Anpassung der Länge der Drahtbügel 7 können diese entsprechend FIG 6 auch außermittig am Wandlergehäuse 2 angebracht werden.

[0026] In FIG 12, 13 sind weitere erfindungsgemäße Einrichtungen zur Erzeugung annähernd rotationssymmetrischer aufgeweiteter Schallkeulen dargestellt, wobei der rotationssymmetrische Streukörper die Form eines Kegelstumpfes 17 bzw. Zylinders 18 hat und mittig auf der Wandleroberfläche 1 des richtscharfen Ultraschallwandlers befestigt ist oder auch

integraler Bestandteil der Wandleroberfläche 1 ist. Form und Verteilung der Nebenkeulen sind durch die Querschnitts- und Längenabmessungen des Kegelstumpfes 17 bzw. Zylinders 18 beeinflussbar.

[0027] Die Zeichnungen stellen lediglich typische Ausgestaltungen erfindungsgemäße Anordnungen dar. Die Lehre der Erfindung ist auch mit anderen Ausgestaltungen nutzbar, soweit diese auf den offengelegten Patentansprüchen beruhen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - mittels eines Ultraschallwandlers (W) Schallwellen mit rotationssymmetrischer Schallkeule erzeugt werden und
 - in der Schallausbreitungsrichtung innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers (W) mindestens ein Streukörper (4,7,10,11,17,18) positioniert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper (4,7) in länglicher Form ausgeführt ist und senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung positioniert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper (11,17,18) in rotationssymmetrischer Form ausgeführt ist und im Symmetriezentrum auf der Symmetrieachse des Ultraschallwandlers (W) positioniert wird.
4. Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen mit vorgegebener Schallkeule mit einem Ultraschallwandler (W), der Schallwellen mit schmaler, rotationssymmetrischer Schallkeule erzeugt, und mit mindestens einem Streukörper (4,7,10,11,17,18), der in der Schallausbreitungsrichtung innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers (W) positioniert ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper (4,7) stabförmig ausgeführt und senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung positioniert ist.
6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper als Drahtbügel (7) ausgeführt ist, der am Gehäuse (2) des Ultraschallwandlers (W) befestigt ist.
7. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper als stabförmiges Trapezoid (10) -im Grenzfall auch als Quader- ausgeführt ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper (11) kugelförmig ausgeführt ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper als Kegelstumpf (17) ausgeführt ist. 5

10. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper als Zylinder (18) ausgeführt ist. 10

11. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper (11) mit einer Haltestange (12) am Ultraschallwandler (W) gehalten ist, wobei die Haltestange (12) parallel zur Schallausbreitungsrichtung verläuft. 15

12. Einrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Haltestange (12) und der Streukörper (11) bei einem ganzzahligen Vielfachen der halben Schallwellenlänge in Resonanz sind. 20

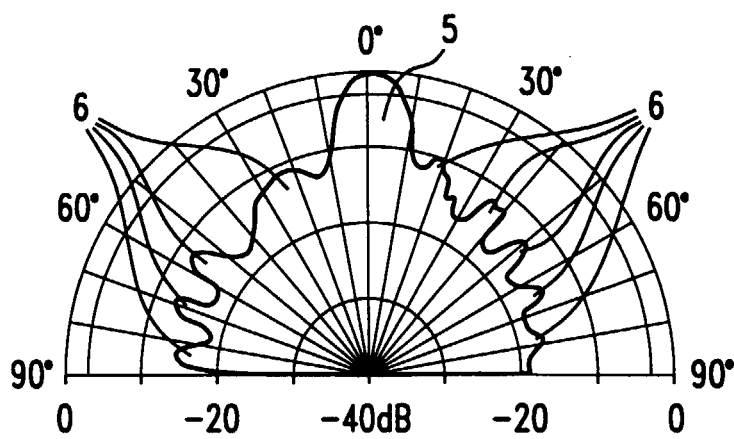
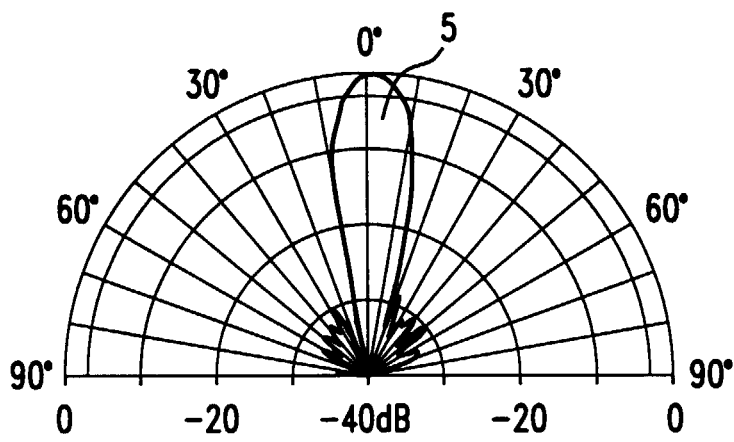
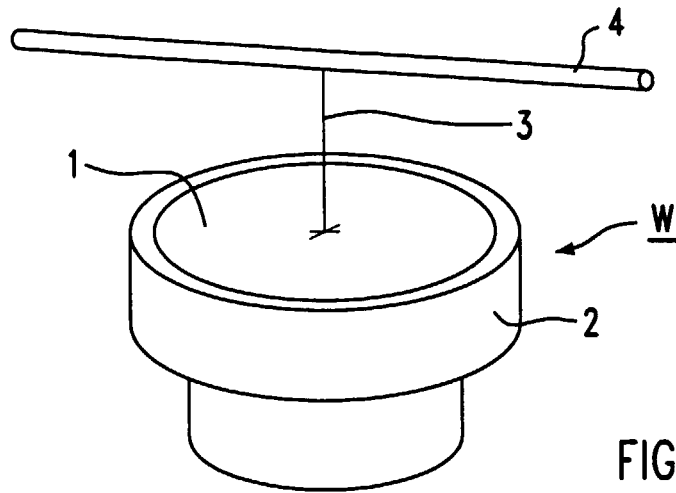
13. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Streukörper mehrere rotationssymmetrisch angeordnete Drahtbügel (7) aufweist, die parallel zur Wandleroberfläche (1) verlaufen und sich in einer gemeinsamen Ebene in einem Punkt (14) mittig zur Wandleroberfläche (1) schneiden, wobei der Streukörper (7) am Wandlergehäuse (2) befestigt ist. 25
30

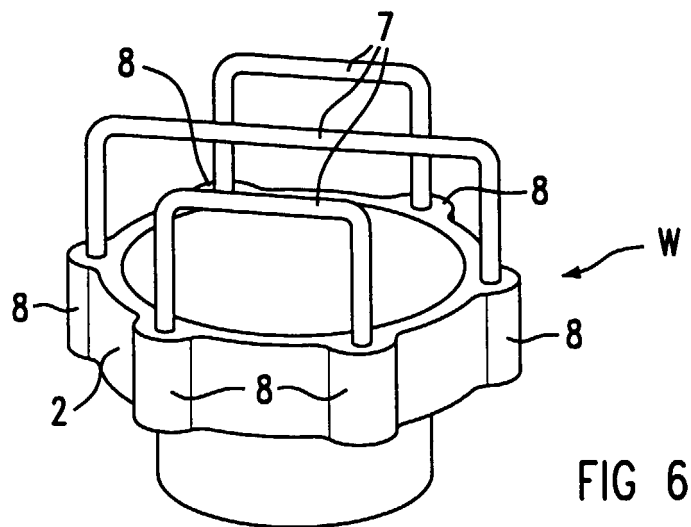
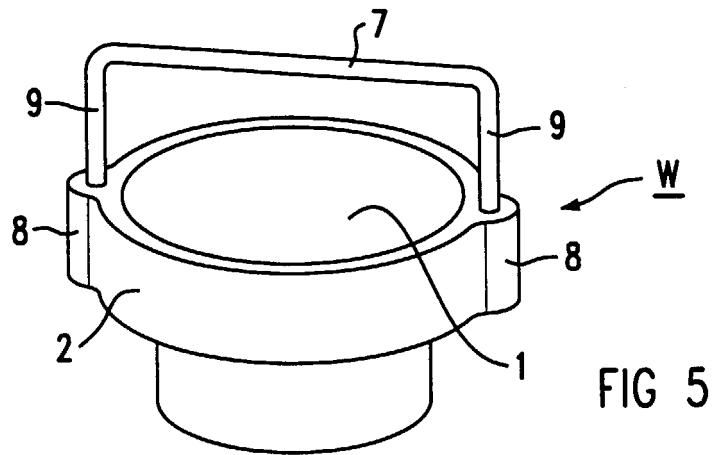
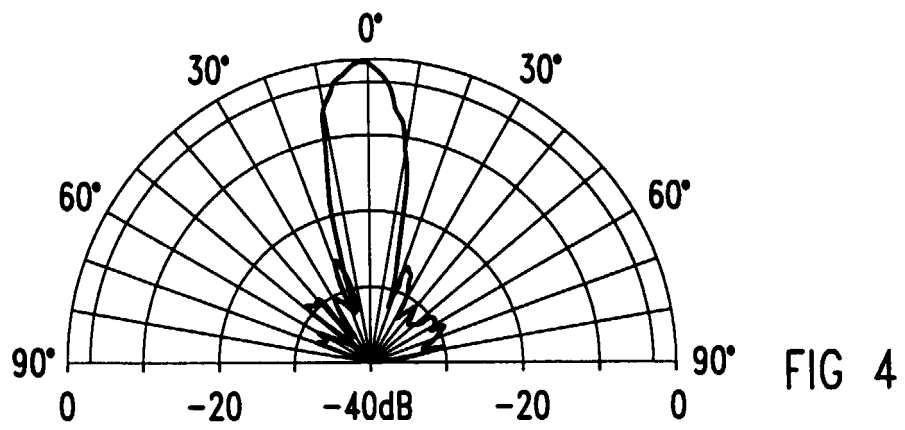
14. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Wandlergehäuse (2) angeformte Aufnahmetaschen (8) mit Bohrungen (19) aufweist, in denen der Streukörper (7) gehalten ist. 35

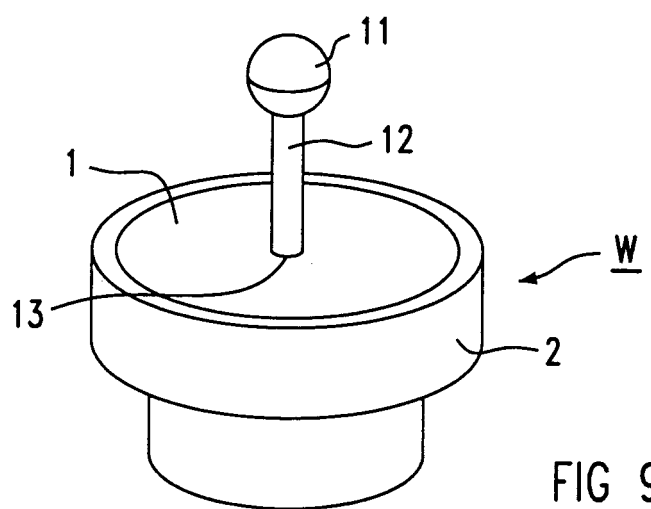
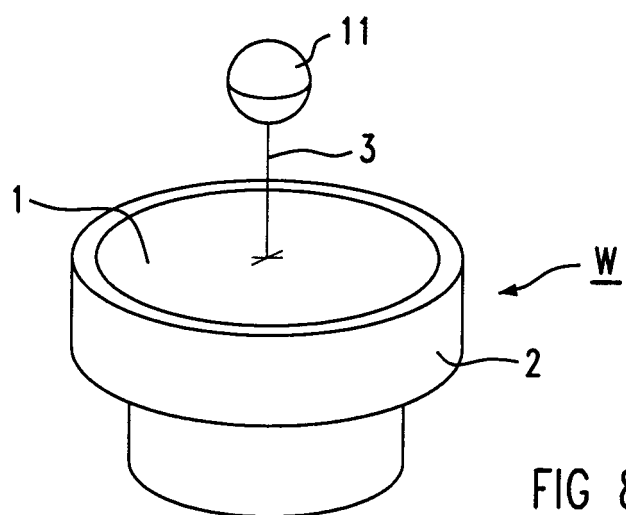
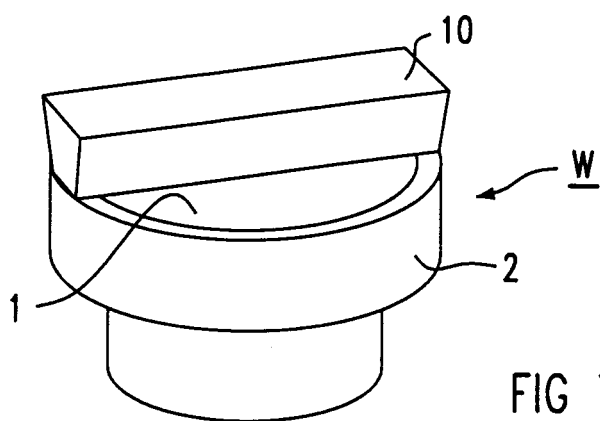
15. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere parallel ausgerichtete Drahtbügel (7) als Streukörper senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung innerhalb der Fresnel-Zone des Ultraschallwandlers (W) positioniert sind. 40
45

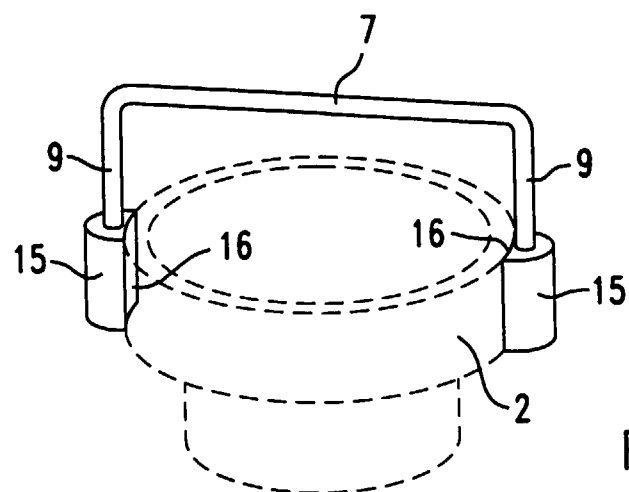
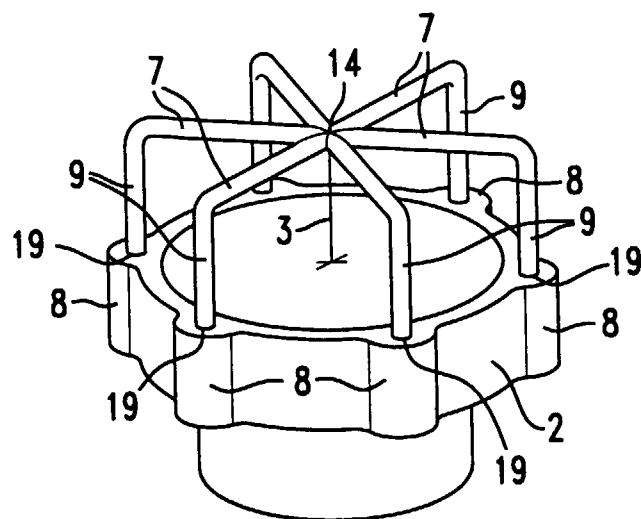
16. Einrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Seitenschenkel (9) der Drahtbügel (7) Formteile (15) tragen, die mit dem Wandlergehäuse (2) kraftschlüssig verbunden sind. 50

55









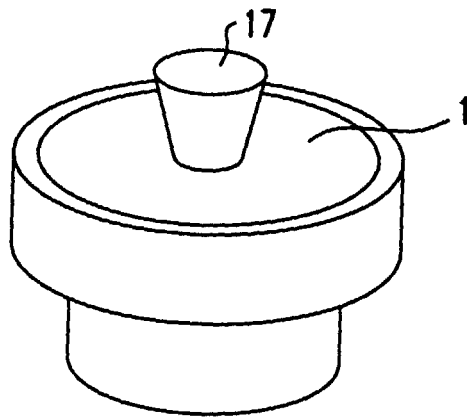


FIG 12

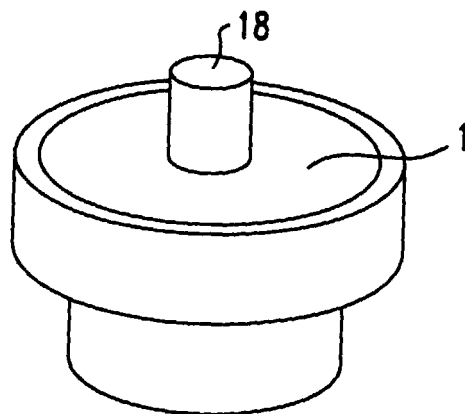


FIG 13