(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 562 326 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93103482.1**

(51) Int. Cl.5: **B06B 1/06**

(22) Anmeldetag: **04.03.93**

(30) Priorität: **23.03.92 DE 4209374**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.09.93 Patentblatt 93/39

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

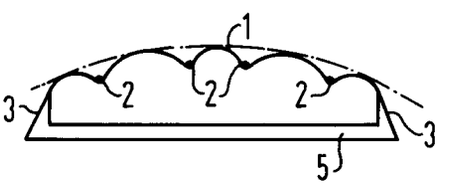
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80312 München(DE)

(72) Erfinder: **Kroemer, Nils, Dr.**
E.-Thälmann-Siedlung 36
O-9270 Hohenstein-Er(DE)
Erfinder: **Manthey, Wolfgang, Prof.,Dr.**
Stollberger Strasse 107
O-9044 Chemnitz(DE)
Erfinder: **Magori, Valentin, Dipl.-Phys**
Limburgstrasse 17
W-8000 München 90(DE)

(54) Luftultraschallwandler.

(57) Luftultraschallwandler aus einer oder mehreren freitragend angeordneten Folien aus piezoelektrischem Material, insbesondere Polymermaterial, wobei die Folie bzw. Folien Wölbungen mit unterschiedlichen Krümmungsradien aufweist.

FIG 4



EP 0 562 326 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Luftultraschallwandler, gebildet aus einer oder mehreren freitragend angeordneten Folien aus piezoelektrischem Material, insbesondere Polymermaterial und Elektroden zum Anlegen eines elektrischen Anregungssignals, wobei die Folie bzw. Folien Wölbungen aufweisen.

Luftultraschallwandler der eingangs genannten Art sind aus den US-Patentschriften 3 852 580 und 4 088 915 sowie der DD-Patentschrift 224 503 bereits bekannt. Häufig werden die Wandler dabei durch einen rückwärtigen Schaumstoffkörper mechanisch unterstützt und zugleich bedämpft (siehe US-PS 3 852 580, Figur 21, 22, 24; DD-PS 224 503). Die Dämpfung, die aus den mechanischen Verlusten in dem Polymermaterial und der rückwärtigen Dämpfung bei schaumstoffunterstützten Folien resultiert, führt zu einer deutlich größeren Bandbreite als dies bei piezokeramischen Schwingern üblich ist. Mit der erhöhten Dämpfung nimmt jedoch gleichzeitig die schalleistung ab. Aus der US-Patentschrift 3 852 580 ist es auch bekannt, einen Schallwandler aus mehreren gleichartigen nebeneinander in einer Ebene angeordneten Einzelelementen aufzubauen. Weiterhin sind Schallwandler bekannt, bei denen eine mehrfach gewölbte Oberfläche durch die entsprechende Formgebung einer einzigen zusammenhängenden Piezopolymerfolie realisiert wird. Nach der DDR-Patentschrift 224 503 können die Wölbungen parallel oder in Form konzentrischer Ringe angeordnet sein. Die Scheitelpunkte der Wölbung liegen in einer Ebene, um in Richtung der akustischen Wandlerachse eine konphase Schallabstrahlung zu erreichen.

Aus den US-Patentschriften 4 460 841 und 4 395 652 sind auch Mehrelementschallwandler bekannt, bei denen durch entsprechende geometrische Anordnung der Einzelelemente die Richtcharakteristik beeinflußt werden soll. Gemäß einer Ausführungsform nach der US-Patentschrift 4 395 652 (Figur 5) besteht der Ultraschallwandler aus einem Substrat, auf dem eine Rückelektrode angeordnet ist, die aus konzentrisch angeordneten ringförmigen Bereichen besteht, wobei der Mittelpunkt der Radien der ringförmigen Bereiche mit dem Brennpunkt des Wandlers zusammenfällt und wobei die Radien der ringförmigen Bereiche sich jeweils um eine Wellenlänge der erzeugten Schallfrequenz unterscheiden. Auf dieser Rückelektrode ist dann ein polymerer piezoelektrischer Film aufgebracht sowie eine Frontelektrode. Die genannte unterschiedliche Bemessung der Krümmungsradien soll dazu dienen, daß bei konphaser Anregung der konzentrischen Schwingerbereiche eine Verstärkung der Ultraschallwellen im Brennpunkt stattfindet.

Für komplexe Meßaufgaben im Bereich der Ultraschallsensorik, wie beispielsweise die schallbasierte Objektidentifikation und die akustische Bildverarbeitung sind Luftultraschallwandler mit großer Bandbreite und variabel gestaltbarer Richtcharakteristik erwünscht. Der eingangs beschriebenen bekannten Piezopolymerfolienwandler weisen zwar eine relativ große Bandbreite auf, diese ergibt sich jedoch durch die hohe mechanische Dämpfung aus den mechanischen Verlusten in dem Polymermaterial oder der rückwärtigen Dämfpung bei schaumstoffunterstützten Folien. Die für die Erhöhung der Dämpfung erforderliche Schaumstoffunterstützung schränkt außerdem den Anwendungsbereich der Piezopolymerfolienwandler in erheblichem Maße ein. Bei hoher Luftfeuchtigkeit bzw. Einwirkung von Spritzwasser können die für Piezofolienwandler bekannten geeigneten Dämpfungsmaterialien Feuchtigkeit aufnehmen, woraus eine unerwünschte, oft nicht erfaßbare Beeinflussung der Wandlerparameter und der resultierenden Schalldruckamplitude resultiert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Luftultraschallwandler anzugeben, die eine große Bandbreite mit großer Schalleistung vereinen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch einen Luftultraschallwandler mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Die Angabe "freitragend angeordnet" bedeutet hierbei, daß die piezoelektrischen Folien nur im Bereich ihrer Ränder bzw. Schwingungsknoten mechanisch gehaltert oder unterstutzt sind, im übrigen Bereich aber frei schwingen können.

Die einzelnen Wölbungen der piezoelektrischen Folie bzw. die einzelnen Folien können so ausgebildet und angeordnet sein, daß neben einer großen Bandbreite auch eine gewünschte Abstrahlcharakteristik erzielt wird.

Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Folie bzw. die Folien Wölbungen mit sich kontinuierlich änderndem Krümmungsradius auf.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Folie bzw. Folien parallel oder konzentrisch zueinander angeordnete Wölbungen auf mit unterschiedlichen Krümmungsradien.

Der erfindungsgemäße Luftultraschallwandler kann entweder aus einer einzigen Folie mit mehreren Wölbungen bestehen, wobei an den Grenzen benachbarter Wölbungen Stege angeordnet sind, die dort Schwingungsknotenlinien definieren, oder auch aus mehreren unterschiedlichen Wölbungen versehenen Folien bestehen.

Ausführungsformen der Erfindungen sind im folgenden anhand der Figuren beschrieben.

Die Figuren 1 und 2
zeigen Seitenansicht und Draufsicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung.
Figur 3

zeigt den Querschnitt eines Einzelelements für einen Wandler, der aus einem Stapel mehrerer solcher Elemente aufgebaut ist gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Figur 4

zeigt eine dritte Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt.

Figur 5

zeigt eine vierte Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt.

Figur 6 und 7

zeigen Draufsicht und Seitenansicht einer vierten Ausführungsform der Erfindung.

Gemäß Figur 1 und 2 besteht ein Ultraschallwandler aus einer piezoelektrischen Polymerfolie 1, einem zur Halterung der Polymerfolie 1 dienenden Grundkörper 5, an dem die Polymerfolie 1 eingespannt ist, sowie Stegen 2 zur Unterstützung der Polymerfolie 1. Wie Figur 2 zeigt, sind die Stege 2 so angeordnet, daß sie untereinander und zur Randeinspannung 3 nicht parallel verlaufen, wodurch sich der Wölbungsradius der piezoelektrischen Folie 1 für jede Teilwölbung in axialer Richtung kontinuierlich verändert. Jede piezoelektrische Polymerfolie 1 besteht aus einem geeigneten Polymermaterials, z.B. Polyvinylidenfluorid sowie auf beiden Seiten angebrachten metallischen Elektroden aus Nickel-Kupfer oder Gold zur Anlegung eines Anregungssignals

Figur 3 zeigt eine zweite Ausführungsform eines Teilelementes eines erfindungsgemäßen Luftultraschallwandlers. Ein Luftultraschallwandler ist aus einem Stapel mehrerer solcher Elemente aufgebaut, wobei die Krümmungsradien der Einzelelemente zur Erzielung einer gewünschten Breitbandigkeit unterschiedlich bemessen sind. Die übereinandergestapelten Einzelelemente können elektrisch parallel geschaltet oder gegeneinander elektrisch isoliert angeordnet sein. Es besteht somit die Möglichkeit, beispielsweise Senden und Empfangen sowohl bei Parallelschaltung aller Einzelelemente vorzunehmen, als auch mit verschiedenen Elementen für Senden und Empfangen.

Die in den Figuren 4 und 5 dargestellten Ausführungsformen der Erfindung weisen jeweils jeweils eine zusammenhänge Piezofolie auf, bei denen die Verbindungslinie der Scheitelpunkt der Wölbungen nicht in einer Ebene liegt, sondern wie in Figur 4 eine konvexe Wölbung aufweist oder wie in Figur 5 eine konkave Wölbung aufweist. Durch diese Anordnung wird eine zusätzliche Beeinflussung der Richtcharakteristik erreicht. Bei konkaver Krümmung wird das Schallsignal auf einen Punkt in Richtung der akustischen Wandlerachse fokussiert, während bei konvexer Krümmung der akustische Öffnungswinkel in der Ebene senkrecht zu den Achsen der Einzelwölbungen vergrößert wird, im Vergleich zu einem Wandler, bei dem die Scheitelpunkte der Wölbungen auf einer Geraden liegen.

Figuren 6 und 7 zeigen die Draufsicht und die Seitenansicht eines ringförmigen Schallwandlers, wobei die Wölbungen der Piezopolymerfolie 1 als von den Stegen 2 und der Randeinspannung 3 begrenzte Kreissegmente ausgebildet sind, so daß der Wölbungsradius der Piezopolymerfolie 1 mit zunehmendem Abstand vom geometrischen Mittelpunkt des Wandlers kontinuierlich wächst. Da der Wölbungsradius nach außen hin kontinuierlich größer wird, schieben sich die Abschnitte der maximalen Wandlerempfindlichkeit mit kleiner werdender Frequenz ebenso nach außen. Das Verhältnis des scheinbaren Wandlerdurchmessers zur Schallwellenlänge im Umgebungsmedium bleibt daher näherungsweise konstant. Dies bewirkt einen von der Frequenz unabhängigen Öffnungswinkel. Zur Fokussierung oder zur Vergrößerung des Öffnungswinkels können die Wölbungen auch schräg gegenüber der Abstrahlrichtung angeordnet werden. Im dargestellten Fall sind die Winkel aller Scheitellinien gegenüber der Hauptabstrahlrichtung gleich groß und kleiner als 90°. Auf diese Weise wird das Schallsignal auf einen vorgegebenen Punkt in der Hauptstrahlrichtung fokussiert.

Aus der Überlagerung der Schalldruckamplituden geometrisch verschiedener Einzelelemente mit unterschiedlichen Bandmittenfrequenzen resultiert eine große Bandbreite des Wandlers. Durch Variation der geometrischen Lage der Einzelwölbungen zueinander ist die Abstrahlcharakteristik des Wandlers in weiten Bereichen einstellbar. Ein große Bandbreite ist Voraussetzung für die effektive Anwendung von Verfahren der digitalen Signalverarbeitung von Ultraschallsignalen zur akustischen Objektidentifikation.

Patentansprüche

1. Luftultraschallwandler gebildet aus einer oder mehreren freitragend angeordneten Folien aus piezoelektrischem Material, insbesondere Polymermaterial, und Elektroden zum Anlegen eines elektrischen Anregungssignals, wobei die Folie bzw. Folien einseitige Wölbungen aufweisen,
   dadurch gekennzeichnet, daß die Folie bzw. Folien Wölbungen mit unterschiedlichen Krümmungsradien aufweist.

2. Luftultraschallwandler nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, daß die Folie bzw. Folien Wölbungen mit sich kontinuierlich änderndem Krümmungsradius aufweisen (Figur 2, 6, 7).

3. Luftultraschallwandler nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, daß die Folie bzw.

Folien nebeneinander, insbesondere parallel zueinander oder konzentrisch zueinander angeordnete Wölbungen mit unterschiedlichen Krümmungsradien aufweisen (Figur 3, 4, 5).

4. Luftultraschallwandler nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler aus einer einzigen Folie mit mehreren Wölbungen besteht, wobei an den Grenzen benachbarter Wölbungen Stege angeordnet sind, die dort Schwingungsknotenlinien definieren (Figur 1, 2, 4, 5, 6, 7).

5. Luftultraschallwandler nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler aus mehreren Folien besteht (Figur 3).

6. Luftultraschallwandler nach Anspruch 2,
gekennzeichnet durch eine ringförmige Ausbildung des Wandlers, wobei die Wölbungen als Kreissegmente ausgebildet sind, so daß der Krümmungsradius nach außen kontinuierlich größer wird (Figur 6, 7).

FIG 1

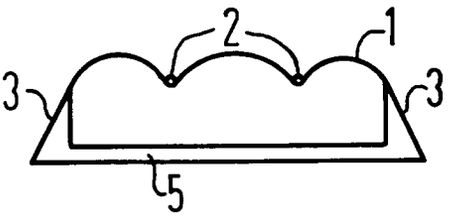


FIG 2

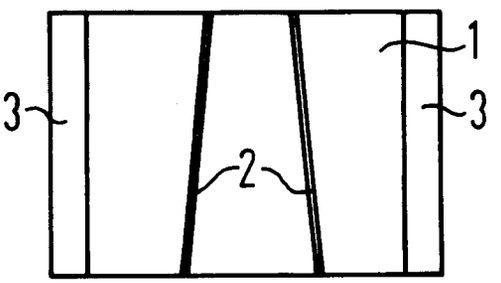


FIG 3

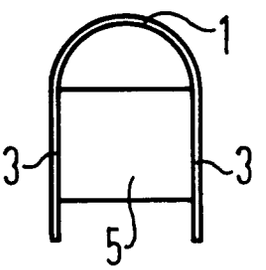


FIG 4

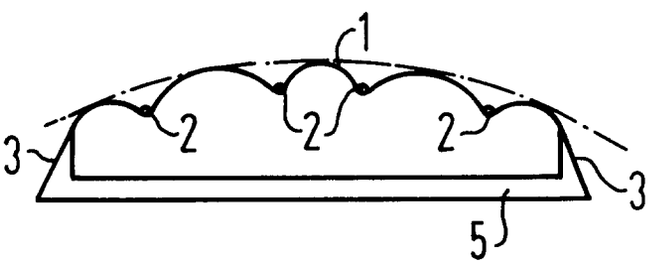


FIG 5

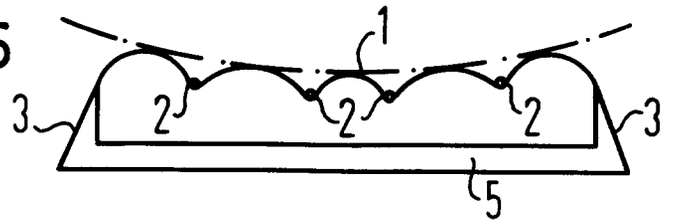


FIG 6

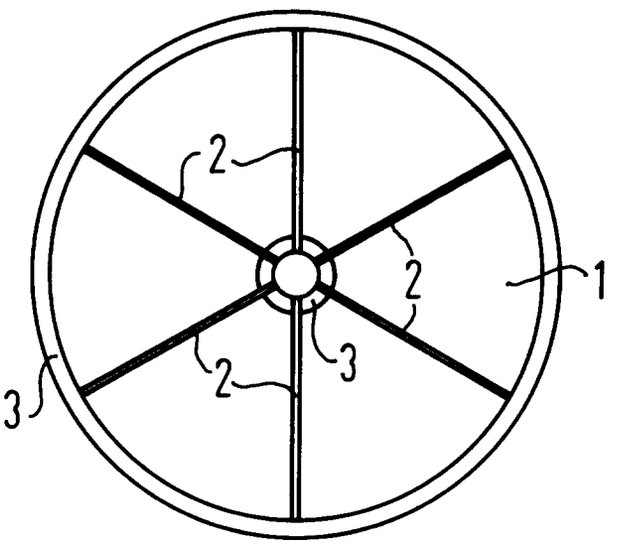
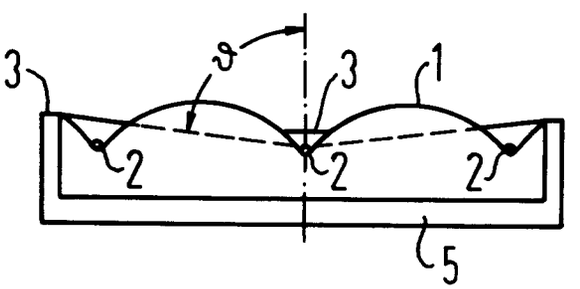


FIG 7



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 10 3482

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	DE-A-3 009 068 (LERCH) * Abbildung 1 * ---	1	B06B1/06
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 363 (E-461)(2420) 5. Dezember 1986 & JP-A-61 158 300 (SONY CORP.) 17. Juli 1986 * Zusammenfassung * ---	1	
A	GB-A-1 593 273 (STANDARD TELEPHONES AND CABLES LIMITED) * Seite 1, Spalte 2, Zeile 63 - Seite 2, Spalte 1, Zeile 4; Abbildungen 1,2 * ---	1	
A	FR-A-2 465 387 (SOCIETE AUDAX) * Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	5	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
B06B H04R

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	25 JUNI 1993	ANDERSON A.TH.

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P0403)