

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 88115485.0

(51) Int. Cl.4: **G10K 13/00 , G10K 11/32**

(22) Anmeldetag: 21.09.88

(30) Priorität: 25.09.87 DE 3732410

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.89 Patentblatt 89/13

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT

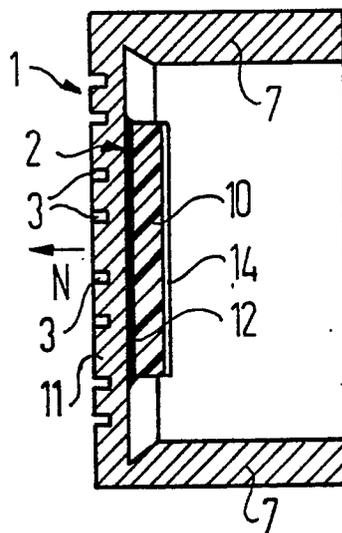
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Magori, Valentin, Dipl.-Phys.**
Limburgstrasse 17
D-8000 München 90(DE)

(54) **Ultraschallwandler mit astigmatischer Sende-/Empfangscharakteristik.**

(57) Ultraschallwandler (1), dessen astigmatische Sende-/Empfangscharakteristik auf Rillen bzw. Ritzen (3, 13) beruht, die in der Membran (2) in einer Richtung (4) parallel ausgerichtet sind.

FIG 2



EP 0 308 899 A2

Ultraschallwandler mit astigmatischer Sende-/Empfangscharakteristik.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschall-Biegewandler, wie er im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegeben ist.

Aus der EP-B-0 075 302 ist ein Sensor für die Durchführung einer Distanzmessung nach dem Ultraschall-Echoprinzip bekannt. Dieser Sensor soll der Ermittlung und Anzeige von Annäherungsabständen zwischen einem Fahrzeug und Hindernissen im Nahbereich dienen. Es handelt sich dabei um einen Topfwandler mit darin angeordnetem piezokeramischem Schwinger. Auf der Innenseite der Membran dieses Topfwandlers ist an zwei horizontalen, gegenüberliegenden Kreisabschnitten Dämpfungsmaterial zur Verhinderung einer energiereichen Ultraschallabgabe oder Signalabgabe vorgesehen. Das Dämpfungsmaterial ist z.B. Weichgummi. Für die oben angegebene Anwendung ist vorgesehen, den Topfwandler in einem Hornstrahler anzuordnen.

Die Membran des Topfwandlers ist der Topfboden desselben. Aufgrund des asymmetrisch zur Normalen der Membran bzw. des Topfbodens verteilt angebrachten Dämpfungsmaterials hat dieser Wandler eine entsprechend asymmetrische Sende- und Empfangscharakteristik bzw. Sende- und Empfangskeule. Für diesen Topfwandler kann man sich eine Verbindungslinie zwischen dem asymmetrisch im Inneren des Topfwandlers angebrachten Anteilen des Dämpfungsmaterials denken. Diese Verbindungslinie verläuft senkrecht zur Flächennormalen der Membran (Topfboden). Diese Verbindungslinie und die erwähnte Flächennormale bilden eine Ebene. Die Schallausbreitung bzw. die Schall-Empfangscharakteristik in dieser Ebene ist im wesentlichen eine einzige Strahlungskeule mit der erwähnten Normalen als Mittellinie.

In der zu dieser genannten Ebene senkrechten Ebene weist die Strahlungscharakteristik mehrere Strahlungskeulen auf, von denen die mittlere Strahlungskeule ähnlich der voranstehend angegebenen Strahlungskeule die Flächennormale der Membran als Mittellinie hat. In dieser senkrechten Ebene treten neben dieser Mittelkeule auf jeder Seite je eine weitere Strahlungskeule nach Art von Nebenmaxima auf. Dabei ist aber die Größe eines solchen Nebenmaximums im wesentlichen gleich groß wie die mittlere Strahlungskeule.

Ein solcher Topfwandler hat also im Prinzip in der einen Ebene (nämlich der oben erwähnten senkrechten Ebene) ein breites Strahlungsfeld für Aussendung und/oder Empfang. In der dazu senkrechten Ebene hat dieser Wandler eine relativ schmale Charakteristik, so daß sich insgesamt eine astigmatische Schallcharakteristik ergibt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Aufbau für einen Wandler mit einer möglichst verbesserten astigmatischen Strahlungscharakteristik anzugeben, der einfacher und zuverlässig reproduzierbar herzustellen und der frei von Alterung ist.

Diese Aufgabe wird mit einem Ultraschall-Biegewandler mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst und weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Eine wie bekannte Verwendung von Dämpfungsmaterial hat den Nachteil, daß sich in der Großserie erhebliche Streuungen der charakteristischen Werte solcher Wandler ergeben und/oder keine ausreichende Alterungsbeständigkeit zu erreichen ist. Die Erfindung beruht daher auf dem Gedanken, bereits dem eigentlichen Topfwandler solche charakteristischen Eigenschaften zu geben, die stets reproduzierbare und/oder zuverlässig eingehaltene vorgegebene charakteristische Werte gewährleisten.

Für die Erfindung ist wiederum von einem Verbund zwischen einem Piezoelement und einer Platte, z.B. eines topfförmigen, nichtpiezoelektrischen Körpers, ausgegangen worden. Erfindungsgemäß ist die Membran zur Erzielung der Anisotropie der Schallabstrahlung so ausgebildet, daß sie anisotrope elastische Eigenschaften in zueinander senkrechten in der Ebene der Membran liegenden (Haupt-)Richtungen besitzt. Entsprechendes Übergangverhalten liegt bei dieser Membran für die Richtungen zwischen diesen beiden Hauptebenen vor.

Erfindungsgemäß sind diese anisotropen elastischen Eigenschaften dadurch erzielt, daß die Werte der Schallgeschwindigkeit im Material dieser Membran in diesen beiden Hauptrichtungen wesentlich voneinander verschieden sind. Dabei kann der Topfwandler nach wie vor die technisch einfach herzustellende runde Form haben. Diese unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten sind bei einem erfindungsgemäßen Topfwandler durch mechanische Veränderungen in der Oberfläche der Membran derselben herbeigeführt. Zum Beispiel ist die Membran durch Ritzen, Prägen, Sägen oder Fräsen von Nuten und dergleichen in die Oberfläche der Membran verändert, wobei die Richtung dieser Bearbeitungen jeweils parallel zueinander und parallel zu der einen Hauptrichtung ist. Durch jeweilige Wahl der Anzahl des Abstandes und/oder der Breite der in der Oberfläche der Membran erzeugten Ritzen, Rillen und dgl., können in weiten Grenzen unterschiedliche Verhältniswerte der Anisotropie erreicht werden. Eine einfache Lösung ist,

diese Rillen, Ritzen und dgl. auf derjenigen Seite der Wandlermembran anzubringen, die die Außenseite des Topfwandlers ist. Die Rillen, Ritzen und dgl. können aber auch auf der Innenseite des Topfwandlers auf der Membran aufgebracht sein. Es kann sogar der piezoelektrische Keramikanteil des Topfwandlers mit derartigen Rillen, Ritzen und dgl. versehen sein.

Außer der einfachen runden Form des Topfwandlers kann auch quadratische Formen desselben vorgesehen sein. Auch rechteckige und elliptische Formen können sinnvoll sein. Im Falle eines quadratischen Wandlers wird durch Anregungen von mehr als einem Schwingungsmoden Breitbandigkeit erzielt. Elliptische und recht eckige Ausführung ermöglichen durch Anpassung der Stützstellen an die Knotenlinien der Membran einen effizienten Monomodbetrieb.

In jeweiligen Anwendungsfällen ist es von Vorteil, an sich bekannte Maßnahmen zur Apodisierung der Membranschnelle und zur zusätzlichen Dämpfung der Wandlertüte mit der Erfindung zu kombinieren. Zur Dämpfung können zusätzlich Dämpfungsmaterialien verwendet werden, ohne daß das ein Widerspruch zu den obigen Ausführungen zum Stand der Technik ist. Im Falle einer solchen Wandlertüte wirken sich Materialveränderungen des Dämpfungsmaterials weit weniger gravierend und insbesondere praktisch gar nicht auf die astigmatische Strahlungs- bzw. Empfangseigenschaft aus.

Die Figur 1 zeigt eine Aufsicht auf die Membran eines erfindungsgemäßen Topfwandlers, der eine astigmatische Schallkeule für Senden und Empfang hat. Die Membran des Wandlers 1 ist mit 2 bezeichnet. Diese Membran besteht aus einer, z.B. einen Topfboden bildenden, Platte 11, aus piezoelektrisch inaktivem Material, vorzugsweise aus Metall, und aus einem daran befestigten Plättchen 10 aus Piezomaterial, wie z.B. Piezokeramik. Mit 3 sind Rillen bzw. Ritzen (als eine der diesbezüglichen Ausgestaltungen) bezeichnet, die sich in der Außenoberfläche der Membran 2 des Topfwandlers 1 befinden. Diese Rillen oder Ritzen 3 bewirken, daß die Membran 2 und damit auch der Topfwandler in der einen Hauptrichtung 5 erheblich geringere Steifigkeit bzw. niedrigere Schallgeschwindigkeit hat, als dies für die dazu senkrechte Hauptrichtung 4 gilt. Mit N ist die Normalenrichtung der Membran 2 bezeichnet, die auch die Mittelachse der Schallkeule ist.

Figur 2 zeigt eine Seitenansicht des Wandlers 1, und zwar diese Ansicht im Schnitt. Mit 7 ist der Rand dieses Topfwandlers bezeichnet. Deutlich sind die in der Oberfläche der Membran 2 z.B. eingepprägten, eingesägten oder eingefrästen Rillen bzw. Ritzen 3 zu erkennen. Die auf der Innenseite des Topfwandlers 1 auf der Oberfläche der Mem-

bran 2 angebrachte, z.B. aufgeklebte, Scheibe 10 aus polarisierter Piezokeramik, z.B. einem Blei zirkonat-Titanat, ist der piezoelektrische Schwinger. Mit 14 ist eine Elektrode und mit 12 ist Klebstoff bezeichnet.

Figur 3 zeigt ein der Figur 2 entsprechendes Bild mit auf der Innenseite des Topfwandlers 101 in der Oberfläche der Membran 2 angebrachten Rillen bzw. Ritzen 13. Diese Rillen bzw. Ritzen 13 können anstelle der Rillen bzw. Ritzen 3 oder zusammen mit solchen Rillen bzw. Ritzen 3 vorgesehen sein. Auf jeden Fall sind Rillen bzw. Ritzen 3 und 13 wenigstens im wesentlichen parallel ausgerichtet. Mit 110 ist die zur Membran 2 gehörige Scheibe aus Piezokeramik bezeichnet. Die zugehörige Elektrode ist nicht dargestellt.

Die Rillen, Ritzen 3, 13 können gleichmäßig äquidistant über die Oberfläche verteilt sein. Sie können vorzugsweise symmetrisch zur (zur Richtung 4 parallelen) Mittellinie, über die Richtung 5 verteilt angeordnet sein, wie dies die Figur 1 zeigt. Sinngemäß kann diese Verteilung auch ungleichmäßig dicht sein, wie aus Figur 1 zu entnehmen.

Diese Rillen bzw. Ritzen 3, 13 reichen vorzugsweise von Rand zu Rand der Platte 11 und/oder des Plättchens 10. Sie können aber auch in einem Abstand von einem solchen Rand beginnen oder enden. Auch können sie in ihrer Längsrichtung Unterbrechungen aufweisen.

Bei einem erfindungsgemäßen Wandler ist die Kopplung der Schwingungsmoden der beiden Richtungen 4 und 5 so groß, daß für den runden Topfwandler im wesentlichen ein Modenspektrum zu beobachten ist, daß eine Grundfrequenz und dazu paarweise auftretende Oberwellen hat. Diese Oberwellen sind bei einem erfindungsgemäßen Wandler deutlich voneinander unterscheidbar. Man kann einen erfindungsgemäßen Wandler zuverlässig auf einer der paarweisen Oberwellen betreiben, ohne daß Gefahr besteht, der Wandler könnte in die Schwingung der anderen Oberwelle überspringen.

Dieses vorteilhafte Verhalten erweitert die Anwendungsmöglichkeiten eines erfindungsgemäßen Wandlers.

Figur 4 zeigt die prinzipielle Verteilung die Schallkeule in der Mittelebene, die senkrecht auf der Darstellungsebene der Figur 1 und parallel zur Richtung 4 ist. Die Figur 5 zeigt die Schallkeule in der zur Zeichenebene und zur Richtung 4 senkrechten Mittelebene. Deutlich ist zu erkennen, daß die Strahlungskeule der Figur 4 wesentlich breiter ist als diejenige der Figur 5, d.h. der Wandler nach den Figuren 1, 2 und 3 in einer die Richtung 4 enthaltenden Ebene ein breites Feld erfaßt, wohingegen in dazu senkrechter Richtung der Wandler eine so schmale Keule hat, daß gegenüber seiner Achsenrichtung weiter entfernte Orte von der astig-

matischen Strahlungskeule nicht mehr erfaßt werden.

Ein Wandler der erfindungsgemäßen Art ist insbesondere als Detektionswandler für Land und Wasserfahrzeuge geeignet, bei denen parallel zur Fahrebene breite "Ausleuchtung" erwünscht ist, dagegen aber in die Höhe möglichst wenig Schall abgestrahlt (und als Echo zurückerhalten) werden soll. Genau dasjenige gilt für die Empfangscharakteristik eines solchen erfindungsgemäßen Wandlers. Ein solcher Wandler kann gleichermaßen als Sender und Empfänger benutzt werden. Ein weiterer Vorteil eines erfindungsgemäßen Wandlers ist, daß durch die Wahl, die Verteilung und die Bemessung der Rillen bzw. Ritzen 3 in der Oberfläche der Membran 2 eine relativ weitgehende Überdeckung des Hauptmaximums der Abstrahlung (und Empfangsempfindlichkeit) mit den zugehörigen Nebenzipfeln zu erzielen ist. Das bedeutet, daß für einen erfindungsgemäßen Wandler blinde Richtungen innerhalb der Gesamtstrahlkeule minimiert werden können, in deren Richtung der Wandler ein sehr schmales Hindernis, z.B. einen Laternenpfosten, nicht detektieren könnte.

Eine bevorzugte Anwendung eines erfindungsgemäßen Wandlers ist die als Rückfahrlilfe insbesondere für schwere Fahrzeuge mit Sichtbehinderung nach rückwärts oder für Fahrzeuge (Bagger und dgl.) die häufig hin- und herrangieren.

Es hat sich gezeigt, daß für jeweilige Anwendungsfälle speziell bevorzugte Ausführungsformen und/oder Formen sowie Bemessungen ausgewählt werden können. Bevorzugt ist die Realisierung eines erfindungsgemäßen Biegewandlers als Topfwandler, wie dies im übrigen auch im Stand der Technik vorgesehen ist. Die Membran und der diese Membran zu einem Topf ergänzende Teil sind vorzugsweise einstückig miteinander verbunden.

Die Membran bzw. gegebenenfalls auch der Topf werden bevorzugt kreisrunde Form haben. Es kann auch rechteckige oder bevorzugt ovale Form vorgesehen sein, nämlich je nachdem welches Schwingungsverhalten der Membran bevorzugt ist. Die ovale Form kann eine elliptische Form sein. Sie kann aber auch die Form einer altägyptischen Kartusche, d.h. eines in einer Richtung in die Länge gezogenen Kreises, haben.

Hinsichtlich solcher Ausgestaltungen von Formen des Topfes zu einer erfindungsgemäß mit Rillen bzw. Ritzen versehenen Membran sei auch auf den Stand der Technik (EP-B-00 75 302) hingewiesen.

Die Membran kann bezogen auf die gewünschte Schwingungsfrequenz so groß bemessen sein, daß (worauf oben bereits hingewiesen ist) die Resonanzfrequenz ihrer (einen) ersten Oberwelle benutzt wird. Dazu empfiehlt es sich, das Plättchen aus Keramikmaterial nur so groß zu bemessen, daß

es, auf der Platte der Membran angebracht, vom Zentrum aus nur höchstens bis an die Schwingungsknotenlinie (z.B. Schwingungsknotenkreis), dieser ersten Oberwelle heranreicht. Damit erübrigt es sich, das Plättchen bzw. die Anordnung und Form der Elektroden auf dem Plättchen so auszugestalten, daß entsprechende Anteile desselben (als Sender) in der erforderlichen Weise gegenphasig piezoelektrisch erregt werden.

Sinngemäß entsprechendes gilt jeweils auch für das Empfangsverhalten eines erfindungsgemäßen Wandlers.

Hinsichtlich der Tiefe der Rillen bzw. Ritzen ist zu empfehlen, diese auf mehr als 50% der Dicke der Platte bzw. des Plättchens zu bemessen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Tiefe der Rillen nicht so groß ist, daß die Stabilitätsgrenze überschritten wird, die für die Membran 2 zu fordern ist. Grundsätzlich ist zu sagen, daß je tiefer die Rillen bzw. Ritzen bemessen sind, um so stärker die gewünschte Asymmetrie der Abstrahlung bzw. der Empfangs-Richtcharakteristik (Fig. 4, Fig. 5) ist. Entsprechendes gilt für die jeweilige Länge dieser Ritzen bzw. Rillen, nämlich bezogen auf die jeweilige Abmessung der Membran. Wie die Figuren zeigen, müssen diese Ritzen bzw. Rillen nicht in jedem Falle bereits am Rande der Membran beginnen und enden.

Erfindungsgemäße Wandler nach Fig. 1 und 2 haben z.B. einen Topf mit 25 mm Durchmesser und eine Dicke 0,4 mm der Platte 11 der Membran 2. Das Keramikplättchen 10 hat 0,25 bzw. 0,4 mm Dicke und etwa 9 mm Durchmesser (Durchmesser des Schwingungsknotenkreises). Ohne Rillen hat dieser Wandler eine Eigenfrequenz bei 40 kHz. Mit erfindungsgemäßen Rillen 3 mit 0,2 mm Tiefe und etwa 0,2 mm Breite bei 1 mm Abstand ergibt sich eine Eigenfrequenz von 36 bis 33 kHz.

Die Winkel der Abstrahlung in den Richtungen 4 und 5, das ist das Ausmaß des Astigmatismus, betragen bei einem solchen Wandler 120 bis 140° zu 60 bis 65°.

45 Ansprüche

1. Elektroakustischer Biegewandler, vorzugsweise in Topfform, mit einer Membran, die ein Verbund aus einer Platte aus piezoelektrisch inaktivem Material und einem Plättchen aus piezoelektrischem Material ist, wobei das Plättchen, bezogen auf die Fläche der Platte, zentral angeordnet und mit dieser verbunden ist, wobei das piezoelektrische Plättchen mit Elektroden versehen ist und wobei dieser Wandler bezogen auf die Flächennormale der Membran ein unsymmetrisches räumliches Schall-Richtdiagramm (Fig. 4, 5) besitzt, **gekennzeichnet dadurch,**

daß die Membran (2) in wenigstens einer ihrer Oberflächen solche Rillen (3, 13) aufweist, die im wesentlichen zueinander parallel ausgerichtet sind.

2. Biegewandler nach Anspruch 1,

gekennzeichnet dadurch,

daß sich solche Rillen in der Oberfläche der Platte (11) der Membran (2) befinden.

3. Biegewandler nach Anspruch 1 oder 2,

gekennzeichnet dadurch,

daß sich solche Rillen (13) in der Oberfläche des Plättchens (12) der Membran (2) befinden.

4. Biegewandler nach Anspruch 1, 2 oder 3,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Tiefe der Rillen mehr als 50% der Dicke der Platte (11) bzw. des Plättchens (12) beträgt, wobei die maximale Tiefe derartiger Rillen durch die Stabilitätsgrenze der Membran gegeben ist.

5. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Rillen (3, 13) über die ganze Fläche der Membran (2) verteilt sind.

6. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Rillen (3, 13) in der jeweiligen Oberfläche der Membran (2) unsymmetrisch verteilt sind.

7. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Rillen (3, 13) im wesentlichen in wenigstens einer jeweiligen Zone nahe dem Rande der Membran (2) vorhanden sind.

8. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Abstände zwischen den einzelnen Rillen (3, 13) nicht äquidistant sind.

9. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Membran (2) einstückig mit einem Rand verbunden ist, so daß ein topfförmiger Wandler (1) vorliegt.

10. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Rillen in das jeweilige Material der Membran (2) eingeprägt sind.

11. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Rillen in das Material der Membran (2) eingesägt sind.

12. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Rillen (13) auf wenigstens derjenigen Oberfläche der Membran (2) vorgesehen sind, die eine Innenseite des Wandlers (1) ist.

13. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

gekennzeichnet dadurch,

daß auf einer beidseitig mit Rillen versehenen Membran (2) die Rillen (3, 13) auf der Innenseite und der Außenseite der Membran (2) in im wesentlichen gleicher Richtung verlaufen.

14. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

gekennzeichnet dadurch,

daß wenigstens die Membran ovale Form aufweist.

15. Biegewandler nach Anspruch 14,

gekennzeichnet dadurch,

daß es eine elliptische Form ist.

16. Biegewandler nach Anspruch 14,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Membran die Form einer altägyptischen Kartusche hat.

17. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Membran (2) die Form eines Rechtecks hat.

18. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 17,

gekennzeichnet dadurch,

daß sich das Plättchen aus piezoelektrischem Material im wesentlichen nur in derjenigen zentralen Schwingungszone der Membran befindet, die innerhalb der Knotenlinie der Schwingung der ersten Oberwelle der an ihrem Rande eingespannten Membran befindet.

FIG 1

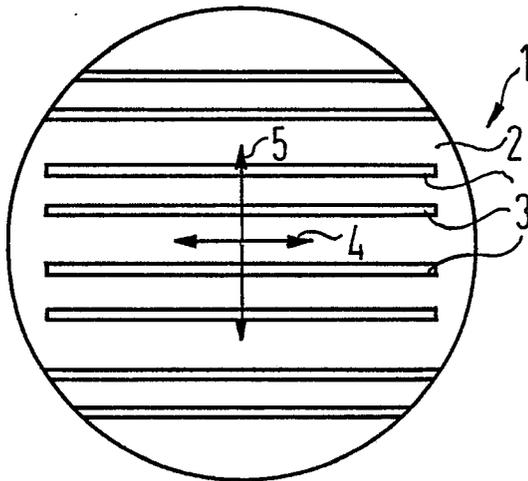


FIG 2

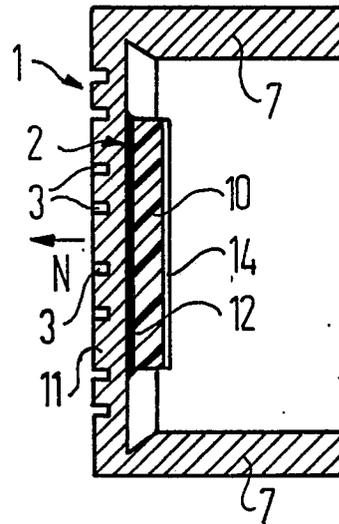


FIG 5

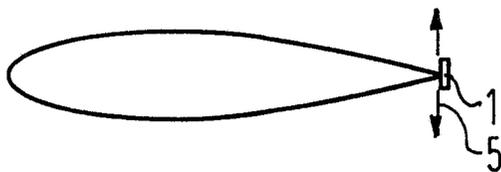


FIG 4

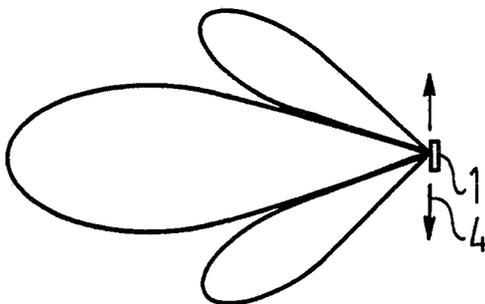


FIG 3

