



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 033 179 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.09.2000 Patentblatt 2000/36

(51) Int. Cl.⁷: **B06B 1/06**

(21) Anmeldenummer: **99123728.0**

(22) Anmeldetag: **30.11.1999**

(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

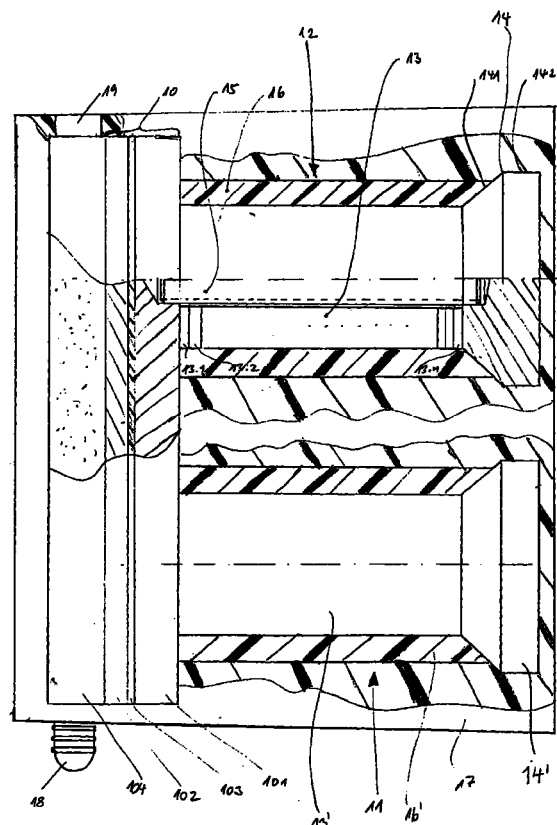
(71) Anmelder:
**STN ATLAS Elektronik GmbH
28309 Bremen (DE)**

(30) Priorität: **04.03.1999 DE 19909485**

(72) Erfinder:
• **Busch, Rainer
26131 Oldenburg (DE)**
• **Dettmar, Klaus
27711 Osterholz-Scharmbeck (DE)**

(54) **Elektroakustische Wandleranordnung**

(57) Mehrere Wandlerelemente aus piezoelektrischen Keramikkörpern (13) mit Front- (14) und Rückmasse (10) nach Art eines Tonpilzes werden als Wandleranordnung zusammen auf einen Träger montiert. Um eine federnde Verbindung zwischen Träger und Front- und/oder Rückmasse des Wandlerelements zu vermeiden, weisen alle Wandlerelemente erfindungsgemäß eine gemeinsame Rückmasse mit einem Biegewellenabsorberaufbau (101,102,103) auf, die fest mit dem Träger mechanisch verbunden ist. Der Keramikkörper (13) besteht aus dünnen Keramikscheiben und gewährleistet eine Leistungsanpassung an die speisende Spannungsquelle ohne Anpaßtransformator. Durch einen Vollumguß (17) aus Elastomer ist die Wandleranordnung wasserdicht. Die erfindungsgemäße Wandleranordnung ist mit Vorteil vorzugsweise über Steckverbindungen (18,19) als Stave für eine Zylinderbasis eine Hufeisenbasis oder ebene Basis zum Senden und/oder Empfangen von Schallwellen einsetzbar.



EP 1 033 179 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektroakustische Wandleranordnung zum Senden und/oder Empfangen von Schallwellen mit mindestens zwei Wandlerelementen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Gattung.

[0002] Elektroakustische Wandleranordnungen werden zur aktiven und/oder passiven akustischen Ortung von Wasserfahrzeugen auf zylinderförmigen oder hufeisenförmigen, ebenen oder gewölbten Trägern befestigt und bilden eine Zylinderbasis, eine Hufeisenbasis, ein Conformal Array, bei dem der Träger der äußeren Form des Trägerschiffs folgt, eine ebene Basis oder eine Seitenantenne, ein sog. Flank-Array. Der Ortungsbereich der elektroakustischen Wandleranordnung ist abhängig von der geometrischen Form des Trägers, er beträgt bei einer Zylinderbasis 360° und ist bei einem Conformal Array, das im Schiffsbug angeordnet ist, ein eingeschränkter Sektor. Mit der ebenen Basis oder der Seitenantenne wird ein Bereich von nahezu 180° beim Senden und/oder Empfangen von Schallwellen abgedeckt.

[0003] Die Wandlerelemente werden auf dem Träger so montiert, daß Vibrationen und/oder Längs- und Biegeschwingungen des Trägers nicht auf das Wandlerelement übertragen werden.

[0004] Wandlerelemente mit Tonpilzaufbau werden in der Wasserschalltechnik vorzugsweise zum Senden, aber auch zum Empfangen von Schallwellen verwendet. Das Wandlerelement ist ein mechanischer Schwingkreis mit einer Frontmasse, einer Rückmasse und einem dazwischen angeordneten, schwingenden Keramikkörper, der als Feder wirkt. Die Frontmasse ist an das Wasser angekoppelt und überträgt die Schwingungen des Keramikkörpers an das umgebende Wasser und umgekehrt. Seine Resonanzfrequenz ist abhängig von Front- und Rückmasse und der Federung des Keramikkörpers. Der Vorteil eines solchen Wandlerelements besteht in einem sehr guten Wirkungsgrad im Resonanzbetrieb. Die Wandlerelemente sind einzeln oder gemeinsam in einem Gehäuse mit Hohlraum untergebracht und mit dem Gehäuse auf den Träger der Wandleranordnung montiert.

[0005] Zur Körperschallentkopplung zwischen Wandlerelement und Gehäuse bzw. Träger werden in der DE-PS 17 62 258 Front- und Rückmasse zwischen zwei Federelementen im Gehäuse gehalten. Ihre Federungen und die Front- und Rückmasse sind so dimensioniert, daß eine Körperschallentkopplung zwischen Wandlerelement und Gehäuse erzielt wird, so daß das Gehäuse kraftschlüssig auf dem Träger befestigt werden kann. Der Vorteil einer solchen Wandleranordnung besteht in der robusten Befestigung des Gehäuses, der Nachteil in der Vielzahl der Gehäuse, da jedes einzelne Wandlerelement ein eigenes Gehäuse benötigt, wodurch die gesamte Wandleranordnung ein hohes Eigengewicht erreicht. Außerdem ist von Nachteil, daß

jedes einzelne Gehäuse maßhaltig auf dem Träger montiert werden muß, so daß der Fertigungsaufwand sehr hoch ist.

[0006] Aus der DE-PS 31 07 879 ist eine Wandleranordnung mit vielen Wandlerelementen in einem gemeinsamen Gehäuse bekannt, bei dem die Keramikkörper mit Front- und Rückmasse in einem zylindrischen Hohlraum schwingen. Die Rückmasse jedes Wandlerelements ist über eine Zwischenscheibe aus Epoxytharz, deren Durchmesser wesentlich kleiner als der Durchmesser der Rückmasse ist, auf einer Grundplatte aus Kunststoff befestigt. Die Zwischenscheibe sorgt für eine Körperschallentkopplung. Die Frontmassen aller Wandlerelemente sind auf eine gemeinsame Kolbenmembran aus syntaktischem Schaum geklebt, die schwingungsfähig im Gehäuse gelagert ist. Kolbenmembran und Gehäuse sind mit einer wasserdichten Vergußmasse umgeben. Der Vorteil einer solchen Wandleranordnung besteht in dem gemeinsamen Gehäuse, wodurch das Gewicht wesentlich reduziert wird, der Nachteil in der Befestigung und Lagerung zur Körperschallentkopplung. Die dort verwendeten Zwischenscheiben wirken als Feder, die so dimensioniert werden müssen, daß das Schwingverhalten der Wandlerelemente nicht beeinflußt wird. Außerdem sind sie aufgrund ihres geringen Durchmessers und der geforderten weichen Federung störanfällig.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektroakustische Wandleranordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zu schaffen, bei der in einem gemeinsamen Gehäuse mehrere Wandlerelemente nach Art eines Tonpilzes ohne Federelemente angeordnet sind.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Die Wandleranordnung umfaßt mindestens zwei Wandlerelemente zum Senden oder Empfangen von Schallwellen. Ein Umschalten von Senden auf Empfangen und umgekehrt ist auch möglich. Jedes Wandlerelement weist einen piezoelektrischen Keramikkörper und eine eigene Frontmasse auf, alle Wandlerelemente sind mit ihren Zugankern auf einer gemeinsamen, speziell aufgebauten Rückmasse fest montiert. Die Rückmasse besteht nicht aus einer homogenen Metallplatte, sondern ist als BiegeWellenabsorber aufgebaut. Die Schwingungen der einzelnen Keramikkörper breiten sich in der gemeinsamen Rückmasse durch ihren biegeWellendämpfenden und/oder -absorbierenden Aufbau nicht aus, so daß sich die Wandlerelemente in ihrem Schwingungsverhalten nicht gegenseitig beeinflussen. Die Wandlerelemente mit ihrer gemeinsamen Rückmasse verhalten sich im Sende- und Empfangsfall mindestens genau so wie einzeln aufgebaute Tonpilze mit konventioneller Front- und Rückmasse. Abgesehen von der Entkopplung der Wandlerelemente werden auch Vibrationen des Trägers, auf dem die Wandleranordnung befestigt ist, nicht

auf die Keramikkörper und Frontmassen der Wandler-
elemente übertragen, da sie durch das Dämpfungsver-
halten der Rückmasse absorbiert werden, so daß eine
hohe Körperschallentkopplung erzielt wird.

[0010] Die Rückmasse ist als Biegeabsorber mit
Sandwichstruktur aufgebaut. Aus der DE-OS 36 21 318
ist eine Dämpfungsschicht für Biegewellen und aus der
DE-OS 38 20 491 ein Verbundsystem zum Dämpfen
von Körperschall bekannt. Beide Schichtsysteme sind
mit Erfolg als Aufbau für eine gemeinsame Rückmasse
für die Keramikkörper einzusetzen. Der einfachste Auf-
bau für eine solche Rückmasse ist in der vorteilhaften
Weiterbildung der erfindungsgemäßen Wandleranord-
nung nach Anspruch 2 angegeben. Die Dicke der zwei
Metallplatten und ihre Zwischenschicht aus Dämp-
fungsmaterial bestimmt die Dicke der Rückmasse und
ist so gering, daß die gesamte Wandleranordnung bei-
spielsweise mit acht Wandlerelementen auf einer Zylin-
derbasis als Stave bei gleichem Platzbedarf befestigt
werden kann, wie bei einer klassischen Bestückung mit
Tonpilzen und Einzelgehäusen. Die biegewellen- und
körperschallverzehrende Zwischenschicht wird gemäß
der vorteilhaften Weiterbildung nach Anspruch 3 aus
elastischem oder viskoelastischem Material hergestellt.
Der Herstellungsprozeß ist besonders kostensparend
und einfach. Auf eine der Metallplatten wird Schall-
schlucküberzugsmasse oder Entdröhnungsmittel auf-
gespachtelt, die zusammen mit der anderen
Metallplatte einen eingezwängten Belag bildet. Als
Dämpfungsmaterial sind aber auch andere für Absorber
in der Wasserschalltechnik übliche Materialien mit Vor-
teil einsetzbar, wie z.B. Gummi oder Teroson oder Hart-
preßpappe oder Dämpfungsfolie.

[0011] Die Dimensionierung von Tonpilzen ist auf
Seite 316, 317 im Kapitel XIV, Schwingkreis und
schwingender Massenpunkt, in dem Lehrbuch "Die
Grundlagen der Akustik" von E. Skudrzik, Wien, Sprin-
ger-Verlag, 1954, beschrieben. Abhängig von der
Sende- und/oder Empfangsfrequenz werden Frontmas-
sen, Federung des Keramikkörpers und seine Höhe
sowie die gemeinsame Rückmasse dimensioniert. Mit
der vorteilhaften Weiterbildung der Wandleranordnung
nach Anspruch 4 ist ein breiter Spielraum für die Ausle-
gung der Plattendicke und Auswahl des Materials für
die Rückmasse gegeben, so daß die Rückmasse nicht
nur nach den akustischen Gegebenheiten optimal
dimensioniert wird, sondern auch an das Platzangebot
des Trägers angepaßt wird und eine robuste Befesti-
gung der Zuganker der Wandlerelemente auf der dem
Träger abgewandten Seite der Rückmasse gemäß
Anspruch 5 gestattet. Bei einer Wahl der Abstände
gleich aufgebauter Keramikkörper und Frontmassen
entsprechend der halben Wellenlänge ihrer Resonanz-
frequenz bestimmt ihre Anzahl auf der Rückmasse die
Ausdehnung der Wandleranordnung oder des Staves
und somit die Bündelung ihrer Richtcharakteristik. Eine
Wandleranordnung mit Keramikkörpern unterschiedli-
cher Höhe und/oder Federung und/oder Frontmasse in

nicht äquidistanter Anordnung auf der gemeinsamen
Rückmasse hat den Vorteil der Breitbandigkeit.

[0012] Bei gleichem Aufbau der einzelnen Wandler-
elemente gemäß den vorteilhaften Weiterbildungen der
Wandleranordnung nach den Ansprüchen 6, 7 und 8
erfolgt eine Abstimmung auf die gleiche Sende-
und/oder Empfangsfrequenz und der Wirkungsgrad
wird erhöht. Der Vorteil eines Keramikkörpers aus vie-
len dünnen Keramikscheiben besteht darin, daß ein
Abgleich an die geforderte Sende-/Empfangsfrequenz,
die durch die Höhe und Federung des Keramikkörpers
und die Frontmasse bestimmt ist, leicht möglich ist.
Außerdem besteht der Vorteil einer Anpassung an den
Innenwiderstand einer speisenden Spannungsquelle,
da der elektrische Wirkwiderstand eines aus vielen dün-
nen Keramikscheiben aufgebauten Keramikkörpers
kleiner als bei einem gleich hohen Keramikkörper aus
wenigen dicken Keramikklötzen ist. Auf einen Aus-
gangstransformator für die Wandlerelemente kann
durch die Leistungsanpassung verzichtet werden. Es
werden nicht nur Platz, Gewicht und Material gespart,
sondern auch der Wirkungsgrad der Wandleranord-
nung erhöht und durch die Formgebung der Front-
masse zusätzlich eine rückwärtige Abstrahlung von
Schallwellen vermieden. Um eine maximale Schallei-
stung zu erzielen, muß der Strahlungswiderstand an
den Wirkwiderstand der Wandlerelemente angepaßt
werden. Der Strahlungswiderstand ist abhängig vom
Massenverhältnis aller Frontmassen zur gemeinsamen
Rückmasse. Als Material für die Frontmassen ist Alumi-
nium besonders günstig und ein Massenverhältnis von
mehr als 1 : 3 zu erzielen.

[0013] Bei einer Anordnung vieler Wandlerele-
mente auf einer gemeinsamen Rückmasse ist es auch
möglich, die Frontmassen sämtlicher Wandlerelemente
mit einer gemeinsamen Membran mechanisch zu ver-
binden, wodurch eine Richtcharakteristik mit geringen
Nebenpegeln erzielt wird.

[0014] Der Vorteil der Weiterbildung der erfindungs-
gemäßen Wandleranordnung nach Anspruch 9 besteht
darin, daß durch einen elastischen Umguß des Kera-
mikkörpers die Bandbreite der gesendeten und/oder
empfangenen Schallwellen an die Ortungsangabe
angepaßt wird, da die Resonanzkurve durch den
Umguß verbreitert wird. Durch den Umguß der Kera-
mikkörper mit Silikongel wird außerdem eine Ausbrei-
tung von Moden in Querrichtung unterdrückt.

[0015] Durch eine rückwärtige Beschichtung der
Rückmasse mit den im Anspruch 10 genannten Reflek-
tormaterialien wird im Empfangsfall das Vor-/Rückver-
hältnis der Wandleranordnung verbessert, da von
hinten einfallender Schall nicht zu den Wandler elemen-
ten gelangt, sondern reflektiert wird.

[0016] Die Wandlerelemente mit ihren Frontmas-
sen und ihrer gemeinsamen Rückmasse und ggf. einer
reflektierenden Abschlußschicht werden in eine Guß-
form gelegt und nach der vorteilhaften Weiterbildung
der erfindungsgemäßen Wandleranordnung nach

Anspruch 11 mit einem Elastomer, vorzugsweise Polyurethan, wasserdicht vergossen. Die Vorteile eines solchen kompletten Vollumgusses bestehen darin, daß Formgußteile eines Metallgehäuses und ihre Bearbeitung, eine wasserdichte Abdeckung und Dichtungen überflüssig sind, daß der Vollumguß aus Kunststoff an den Wellenwiderstand des Wassers angepaßt ist, daß die äußere Form frei wählbar ist und auch einen bündig aneinanderschließenden Aufbau von einzelnen Wandleranordnungen in einer Reihe oder Fläche ermöglichen. Ein Hohlraum mit Dichtung erübrigt sich, da die Keramikkörper einen schwingungsfähigen Umguß aufweisen.

[0017] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Weiterbildung nach Anspruch 12 besteht in einer kaskadierenden Anordnung von beispielsweise vier über Buchsen und Stecker zusammengesteckten Wandleranordnungen mit je zwei intergrierten Wandlerelementen, die beispielsweise übereinander angeordnet sind und einen Stave einer Zylinderbasis bilden. Durch geschickte Verdrahtung der Anschlußleitungen mit achtpoligen Buchsen und Steckern ist der Vorteil gegeben, daß die Wandleranordnungen in beliebiger Reihenfolge zusammensteckbar sind und der elektrische Anschluß jedes Wandlerelemente einzeln herausgeführt ist, wobei ein Kabelbaum mit acht Anschlußleitungen nicht benötigt wird. Die Verdrahtung eines einzigen Steckers gewährleistet einen störungsfreien Betrieb für eine getrennte elektrische Ansteuerung jedes Wandlerelements und eine Verarbeitung ihrer Sende- oder Empfangssignale zu Richtcharakteristiken.

[0018] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels für eine elektroakustische Wandleranordnung zum Senden und/oder Empfangen von Schallwellen mit Wandlerelementen nach Art eines Tonpilzes in der Zeichnung näher beschrieben. Auf einer Rückmasse 10 sind zwei Wandlerelemente 11, 12 mit ihrem piezoelektrischen Keramikkörper 13, 13' und ihrer Frontmasse 14, 14' aus Aluminium mit einem Zuganker 15 unter Vorspannung montiert. Jeder Keramikkörper 13, 13' besteht aus einem Stapel von Keramikscheiben 13.1, 13.2, ..., 13.n mit Mittelloch, durch das der Zuganker 15 für die Montage gesteckt wird und in eine Metallplatte 101 der Rückmasse 10 geschraubt wird. Die Rückmasse 10 weist einen Biegewellenabsorberaufbau auf. Zwischen zwei Metallplatten 101, 102 aus Stahl befindet sich eine Zwischenschicht 103 aus Dämpfungsmaterial, die einen eingezwängten Belag bildet. Auf die Rückmasse 10 ist eine als Reflektor wirkende Abschlußschicht 104 aus syntaktischem Schaum aufgebracht. Der Keramikkörper 13 weist einen Umguß 16 aus Silikongel auf. Die Frontmasse 14, 14' hat die Form eines Metallzylinders 141 mit anschließendem Kegelstumpf 142, der sich konisch verjüngt und mit seiner Spitze bündig an den Keramikkörper 13 anschließt. Ein wasserdichter Vollumguß 17 aus Polyurethan umschließt die Wandleranordnung und gibt ihr die äußere Form. Mittel zum Befestigen der Wandleranord-

nung an ihrer Rückseite an einem Träger sind nicht gezeigt, da sie individuell für jeden Träger in den Vollumguß 17 intergriert werden können.

[0019] An gegenüberliegenden Seiten der Wandleranordnung befindet sich ein Stecker 18 und eine Buchse 19, die mit Anschlußleitungen für die Wandlerelemente 11, 12 verdrahtet sind. Ihre Anzahl an Kontakten richtet sich nach dem Anwendungsfall der Wandleranordnung. Acht Kontakte werden für einen Staveaufbau mit vier Wandleranordnungen und je zwei Wandlerelementen, die über Stecker und Buchse übereinander gesteckt sind, für Sende- und/oder Empfangssignale jedes Wandlerelements benötigt.

15 Patentansprüche

1. Elektroakustische Wandleranordnung zum Senden und/oder Empfangen von Schallwellen mit mindestens zwei Wandlerelementen nach Art eines Tonpilzes mit piezoelektrischem Keramikkörper und Front- und Rückmasse, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerelemente (11, 12) mit separaten Frontmassen (14, 14') und einer gemeinsamen Rückmasse (10) ausgestattet sind und daß die Rückmasse (10) einen Biegewellenabsorberaufbau aufweist.
2. Wandleranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückmasse als Verbundsystem mit mindestens zwei Metallplatten (101, 102) und einer Zwischenschicht (103) aus Dämpfungsmaterial mit hohem inneren Verlustfaktor aufgebaut ist.
3. Wandleranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (103) aus einem viskoelastischen oder elastischen Material besteht.
4. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallplatten (101, 102) aus gleichem oder unterschiedlichem Metall hergestellt sind und Aluminium oder Stahl oder Messing verwendet wird.
5. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramikkörper (13, 13') auf der Rückmasse (10) in Abständen mit ihren Zugankern (15) festgeschraubt sind.
6. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß aufgestapelte Keramikscheiben (13.1, 13.2, ..., 13.n) den Keramikkörper (13, 13') bilden.
7. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Metallzylinder (142) mit einem sich verjüngenden, bündig an

den Keramikkörper (13, 13') anschließenden Kegelstumpf (141) die Frontmasse (14, 14') bildet.

8. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Frontmassen (14, 14') aus Aluminium hergestellt ist. 5
9. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Keramikkörper (13, 13') einen Umguß (16, 16'), vorzugsweise aus Silikongel, aufweist. 10
10. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Rückseite der Rückmasse (10) eine Abschlußschicht (104) aus Kunststoffschäum oder Hartschäum oder syntaktischem Schäum oder Metallschäum aufgebracht ist. 15
11. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandler-elemente (11, 12) mit gemeinsamer Rückmasse (10) und Abschlußschicht (104) in einen wasserdichten Vollumguß (17) eingebettet sind und der Vollumguß (17) aus Elastomer, vorzugsweise Polyurethan, ihre äußere Form bildet. 20 25
12. Wandleranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in den Vollumguß (17) Anschlußleitungen, Stecker (18) und Buchsen (19) integriert sind. 30

35

40

45

50

55

