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

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 263 314**
A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **87113165.2**

(51) Int. Cl.4: **G10K 11/34**

(22) Anmeldetag: **09.09.87**

(30) Priorität: **06.10.86 DE 3633991**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.04.88 Patentblatt 88/15

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL SE

(71) Anmelder: **Fried. Krupp Gesellschaft mit beschränkter Haftung**
Altendorfer Strasse 103
D-4300 Essen 1(DE)

(72) Erfinder: **Meyersieck, Manfred**
Häsefeld 3
D-2815 Langwedel(DE)
Erfinder: **Siegel, Manfred**
H.-C.-Junge-Weg 18
D-2800 Bremen 33(DE)

(54) Wandleranordnung.

(57) Zum Erzielen eines konstanten Öffnungswinkels einer Richtcharakteristik innerhalb eines breiten Frequenzbereichs wird die wirksame Länge der Wandleranordnung zu höheren Frequenzen durch entsprechende Filterung ihrer Wandlersignale kleiner. Es besteht das Problem, daß das Nebenzipfelverhalten einer solchen Richtcharakteristik ebenfalls frequenzabhängig ist. Erfindungsgemäß werden Wandlergruppen mit einer gleichen Anzahl von Wandlern auf der Wandleranordnung vorgesehen und aneinandergrenzenden, den Frequenzbereich abdeckenden Frequenzbändern zugeordnet. Die Wandler einer Wandlergruppe weisen gleiche Abstände zueinander auf und werden entsprechend der halben kleinsten Wellenlänge in dem der Wandlergruppe zugeordneten Frequenzband angeordnet. Bei einer Aufteilung des Frequenzbereichs in Oktaven halbieren sich die Abstände jeweils für die der nächsthöherliegenden Oktave zugeordneten Wandlergruppe, so daß sich die gesamte Vielzahl der Wandler auf der Wandleranordnung reduzieren läßt. Besonders wirkungsvoll ist ein Einsatz der Wandleranordnung in der Wasserschalltechnik für Schleppantennen.

EP 0 263 314 A2

Wandleranordnung

Die Erfindung betrifft eine Wandleranordnung zum gerichteten Senden und/oder Empfangen von Schallwellen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Bei Aufklärungs-oder Ortungsaufgaben auf See oder für Lagedarstellungen von Gefechtssituationen oder beim Küstenschutz werden Sonaranlagen eingesetzt, mit deren Wandleranordnungen Wasserschall über einen breiten Frequenzbereich empfangen wird. Peilungen zu Zielen werden über Richtcharakteristiken gewonnen, die mit den Empfangssignalen der Wandleranordnung gebildet werden. Zielentfernungen werden dadurch ermittelt, daß gerichtet Schall gesendet und nach Reflexion am Ziel empfangen wird, wobei die Laufzeit zwischen Senden und Empfangen die Entfernung zum Ziel angibt. Um vergleichbare Ortungsdaten von Zielen, die Schallenergie unterschiedlichen Frequenzinhalts abstrahlen, zu erhalten, ist es wünschenswert, daß die Richtcharakteristik in einem breiten Frequenzbereich zumindest einen konstanten Öffnungswinkel aufweist.

Aus der Zeitschrift "Acustica", 1961, Vol. 11, "Constant-Beamwidth Arrays für Wide Frequency Bands" von J. C. Morris und E. Hands ist eine Wandleranordnung bekannt, bei der zum Erzielen eines über den betrachteten Frequenzbereich konstanten Öffnungswinkels der Richtcharakteristik den einzelnen Wandlern der Wandleranordnung Tiefpaßfilter nachgeschaltet sind, deren Grenzfrequenzen zur Mitte der Wandleranordnung hin steigen, so daß bei niedrigen Frequenzen die Wandleranordnung über die gesamte Länge wirksam ist und sich ihre wirksame Länge zu höheren Frequenzen hin verkürzt. Dadurch wird erreicht, daß das den Öffnungswinkel bestimmende Verhältnis aus wirksamer Länge der Wandleranordnung und Wellenlänge des empfangenen Schalls für alle Frequenzen gleich ist. Eine in die Normale der Wandleranordnung weisende Richtcharakteristik, die durch Summation der Empfangssignale gebildet wird, weist über den gesamten Frequenzbereich einen konstanten Öffnungswinkel auf.

Um eine Richtungsbildung zum Schwenken der Richtcharakteristiken mit den gefilterten Signalen durchführen zu können, müssen die Tiefpaßfilter trotz unterschiedlicher Grenzfrequenz gleiche Phasen-und Amplitudengänge aufweisen. Eine entsprechende Filterrealisierung ist jedoch außerordentlich schwierig. Ein weiteres Problem besteht darin, daß sich Nebenzipfel einer solchen Wandleranordnung ebenfalls frequenzabhängig ausbilden, da die Wandler äquidistant über der Länge der Wandleranordnung angeordnet sind und die wirksame Anzahl an Wandlern mit wachsender Frequenz sinkt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Wandleranordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zu schaffen, mit der Richtcharakteristiken mit konstantem Nebenzipfelverhalten über einem breiten Frequenzbereich gebildet werden können, deren Öffnungswinkel frequenzunabhängig sind.

Die Aufgabe ist bei einer Wandleranordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Wandleranordnung werden zum Bilden der Richtcharakteristik innerhalb eines Frequenzbereichs, der in Frequenzbänder aufgeteilt ist, für jedes Frequenzband gleich viele Wandler zu einer Wandlergruppe zusammengefaßt und die Wandlergruppen ineinander verschachtelt auf der Länge der Wandleranordnung angeordnet. Die Abstände benachbarter Wandler sind nicht gleich, wenn benachbarte Wandler unterschiedlichen Wandlergruppen angehören. Der Abstand zwischen Wandlern der gleichen Wandlergruppe ist aber gleich groß und abhängig von einer minimalen Wellenlänge im zugehörigen Frequenzband entsprechend der obersten Frequenz dieses Frequenzbandes gewählt.

Für die Wandler der dem untersten Frequenzband zugeordneten Wandlergruppe sind die Abstände am größten und beispielsweise halb so groß wie die aus der oberen Grenzfrequenz dieses Frequenzbandes resultierende, kleinste Wellenlänge. Die Wandler dieser Wandlergruppe sind äquidistant über die gesamte Länge der Wandleranordnung verteilt. Über gleiche Filter, beziehungsweise Bandpässe, die das unterste Frequenzband durchlassen, werden die Sende-oder Empfangssignale der Wandler dieser Wandlergruppe zum Bilden der Richtcharakteristik verarbeitet. Für das angrenzende, nächsthöhere Frequenzband ist die gleiche Anzahl Wandler äquidistant im Abstand der halben Wellenlänge entsprechend der in diesem Frequenzband höchsten Frequenz zwischen den schon vorhandenen Wandler untergebracht, wobei zwischen den äußersten zu dieser Wandlergruppe gehörenden Wandlern nicht die gesamte Länge der Wandleranordnung, sondern eine kürzere Distanz liegt. Diese kürzere Distanz ist gleich der Anzahl der Wandler der Wandlergruppe multipliziert mit ihrem Abstand untereinander. Das Verhältnis zwischen der minimalen Wellenlänge in diesem Frequenzband bzw. dem Abstand der Wandler dieser Wandlergruppe untereinander und der Distanz der am weitesten voneinander entfernt liegenden Wandler ist aber wieder gleich dem Verhältnis zwischen der kleinsten Wellenlänge im untersten Frequenzband bzw. dem Abstand der Wandler der erstgenannten Wandlergruppe geteilt durch die gesamte Länge der Wandleranordnung. Der Vorteil bei dieser Dimensionierung besteht darin, daß die zur Erzielung eines konstanten

Öffnungswinkels für die beiden Frequenzbänder bekannte Dimensionierungsvorschrift, nämlich konstantes Verhältnis aus Wellenlänge und wirksamer Antennenlänge, gewährleistet ist und darüber hinaus eine gleiche Antennenbelegung durch die Anzahl und die Abstände der Wandler je Wandlergruppe realisiert ist, so daß Öffnungswinkel und Nebenzipfelverhalten der gesamten Wandleranordnung für die die beiden Frequenzbänder umfassende Richtcharakteristiken gleich sind.

Die Wandlergruppe von Wandlern, die zum Bilden der Richtcharakteristik im jeweils nächsthöheren Frequenzband benötigt werden, werden in gleicher Weise zwischen den auf der Länge schon vorhandenen Wandlern angeordnet, wobei nachgeordnete, auf das entsprechende Frequenzband abgestimmte Filter dafür sorgen, daß nur Signale dieser Wandler im entsprechenden Frequenzband zum Bilden der Richtcharakteristik verwendet werden.

Die besonderen Vorteile der erfindungsgemäßen Wandleranordnung bestehen nicht nur darin, daß die Richtcharakteristik im gesamten Frequenzbereich gleiche Eigenschaften bezüglich Öffnungswinkel und Nebenzipfelverhalten aufweist, sondern auch darin, daß der Platzbedarf einer solchen Wandleranordnung einzig und allein durch die untere Grenzfrequenz des Frequenzbereichs bestimmt wird.

Je Wandlergruppe wird in einem den Filtern mit gleichem Durchlaßbereich nachgeschalteten Richtungsbildner eine Richtcharakteristik beispielsweise durch Laufzeit-oder Phasenkompensation gewonnen. Die Ausgänge sämtlicher Richtungsbildner sind mit einer Summierstufe verbunden, in der die Richtcharakteristiken für jedes Frequenzband superponiert werden und eine Richtcharakteristik mit konstantem Öffnungswinkel und Nebenzipfelverhalten für den gesamten Frequenzbereich gebildet wird. Der Vorteil der frequenzmäßig getrennten Richtungsbildung und anschließenden Überlagerung besteht darin, daß die Filter je Frequenzband bezüglich Amplituden-und Phasengang gleiche Eigenschaften aufweisen, so daß in jedem Richtungsbildner eine Kompensation auch in beliebige Schwenkwinkel problemlos einstellbar ist.

Bei einer Aufteilung des Frequenzbereiches in Frequenzbänder, die Vielfache zueinander sind, wird die gesamte Vielzahl an Wandlern auf der Wandleranordnung durch die erfindungsgemäße Weiterbildung nach Anspruch 2 reduziert. Ausgewählte Wandler eines höheren Frequenzbandes müßten an Orten vorgesehen werden, an denen bereits Wandler einer Wandlergruppe eines tieferen Frequenzbandes angeordnet sind, so daß diese Wandler beiden Wandlergruppen zugeordnet werden können. Signale dieser ausgewählten Wandler werden gemäß der vorteilhaften Weiterbildung nach Anspruch 3 zum Bilden der Richtcharakteristik frequenzmäßig aufgeteilt.

Bei der vorteilhaften Weiterbildung der Wandleranordnung nach Anspruch 4 wird nur ein einziger Richtungsbildner benötigt, da die Wandler derselben Wandlergruppe rechts und links symmetrisch zum mittleren Wandler angeordnet sind. Der mittlere Wandler ist allen Wandlergruppen zugeordnet.

Die Bemessung der unterschiedlichen Abstände der Wandler für jede Wandlergruppe nach Anspruch 5, bei der beispielsweise der Bruchteil ein Viertel der kleinsten Wellenlänge des zugehörigen Frequenzbandes beträgt, sorgt für absolut gleichartig geometrische Verhältnisse.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wandleranordnung ist in Anspruch 6 angegeben. Die Aufteilung in Oktaven bringt jeweils eine Verdopplung des Frequenzbandes und eine Halbierung des Abstandes der Wandler der zugehörigen Wandlergruppen mit sich. Wandler, die zu der Wandlergruppe entsprechend der untersten Oktave im Frequenzband zugeordnet sind, gehören damit auch zu Wandlergruppen entsprechend höherer Oktaven, da sie auf Plätzen angeordnet sind, die geradzahligen Bruchteilen des maximalen Wandlerabstandes entsprechen, so daß sich die Vielzahl an Wandlern über die gesamte Länge der Wandleranordnung noch weiter reduziert. Jedem Wandler, der mehreren Wandlergruppen angehört, werden Filter nachgeordnet, deren Durchlaßbereich die entsprechenden Oktaven umfassen. Besonders vorteilhaft ist es für eine weitere Signalverarbeitung, den Wandlern einzelne Filter, die jeweils auf eine Oktave abgestimmt sind, nachzuschalten und den Filtern eines Wandlers eine Summierstufe nachzuordnen. Auch bei einer Wandleranordnung gemäß Anspruch 6 wird nur ein einziger Richtungsbildner zum Erstellen der Richtcharakteristik für den gesamten Frequenzbereich benötigt, der entsprechend voreingestellter Laufzeitkompensation Richtcharakteristiksignale für unterschiedliche Schwenkwinkel mit gleichen Eigenschaften liefert.

Zur Verbesserung der Nebenzipfeldämpfung von Richtcharakteristiken ist es üblich, Sende-oder Empfangssignale der Wandler entsprechend der Lage des Wandlers auf der Wandleranordnung mit sog. Shading-Faktoren zu bewerten.

Anspruch 7 gibt eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Wandleranordnung an, mit der eine solche Verbesserung in einfacher Weise für jedes Frequenzband getrennt und somit individuell durchführbar ist.

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen für eine Wandleranordnung zum Senden und/oder Empfangen von Schallwellen innerhalb eines breiten Frequenzbereichs dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Wandleranordnung bei einer Aufteilung des Frequenzbereichs in Frequenzbänder unterschiedlichen Frequenzumfangs,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Wandleranordnung bei einer Aufteilung des Frequenzbereichs in Oktaven und nachgeschalteter Richtungsbildung.

Fig. 1 zeigt eine Wandleranordnung zum Senden und/oder Empfangen von Schallenergie, deren Richtcharakteristik in einem Frequenzbereich von beispielsweise 500 bis 8000 Hz einen konstanten Öffnungswinkel β und gleiches Nebenzipfelverhalten aufweist. Der Öffnungswinkel β wird durch die untere Grenzfrequenz f_u = 500 Hz und die Länge L_1 der Wandleranordnung bestimmt, wie in dem vorher zitierten Aufsatz von Morris und Hands beschrieben.

$$\beta = 2 \arcsin \frac{1{,}39}{\pi} \cdot \frac{c}{L_1 \cdot f_u} \qquad (1)$$

Setzt man für die untere Grenzfrequenz f_u =

$$\frac{c}{\lambda_u} ,$$

wobei λ_u die zugehörige Wellenlänge und c die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallenergie ist, so erhält man den Öffnungswinkel β zu:

$$\beta = 2 \arcsin \frac{1{,}39}{\pi} \cdot \frac{\lambda_u}{L_1} \qquad (2)$$

Die Länge L_1 der Wandleranordnung wird entsprechend dem gewünschten Öffnungswinkel β abhängig von der unteren Grenzfrequenz dimensioniert. Aus Gl. (2) sieht man, daß der Öffnungswinkel β konstant bleibt, wenn das Verhältnis λ_u/L_1 konstant bleibt. Über den Frequenzbereich von 500 bis 8000 Hz und bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit c = 1500 m/s nimmt die zugehörige Wellenlänge λ aber um mehr als das Zehnfache ab.

Die Belegung der Länge L_1 mit Wandlern bestimmt das Nebenzipfelverhalten der Wandleranordnung bzw. deren Richtcharakteristik. Der Abstand zwischen den Wandlern richtet sich nach der kleinsten auszuwertenden Wellenlänge und ist höchstens so groß wie die halbe Wellenlänge, um eindeutige Peilergebnisse zu erhalten.

Für die Wandleranordnung nach Fig. 1 wird der Frequenzbereich in drei Frequenzbänder aufgeteilt, F_1 = 500 bis 1000 Hz, F_2 = 1000 bis 5000 Hz, F_3 = 5000 bis 8000 Hz. Die obere Grenzfrequenz von 1000 Hz im unteren Frequenzband F_1 bestimmt den maximalen Wandlerabstand d_1 und damit die Wandlerbelegung über die Länge L_1.

$$2d_1 \leq \lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{1500}{1000} = 1{,}5 \text{ m}$$

$$d_1 \leq \frac{\lambda_1}{2} = 0{,}75 \text{ m}$$

$$\frac{0{,}75}{2{,}25} = \frac{0{,}15}{0{,}45} = \frac{\lambda_1}{L_1} = \frac{\lambda_2}{L_2} .$$

Jedem dieser Wandler 21, 22, 23, 24 ist ein Filter 221, 222, 223, 224 nachgeschaltet, das auf das Frequenzband F_2 abgestimmt ist und Bandpaßverhalten aufweist. In einem Richtungsbildner 151 wird die Richtcharakteristik für das Frequenzband F_2 gebildet.

Eine dritte Wandlergruppe mit Wandlern 31, 32, 33, 34 wird zur Richtungsbildung im oberen Frequenzband F_3 = 5000 bis 8000 Hz verwendet. Ihr Abstand d_3 bestimmt sich aus der oberen Grenzfrequenz von 8000 Hz zu d_3 = 0,09 m. Jedem der Wandler 31 bis 34 ist ein Filter 311 bis 314 nachgeschaltet, das auf das Frequenzband F_3 abgestimmt ist. Den Filtern 311 bis 314 schließt sich ein Richtungsbildner 152 an.

Die Richtungsbildner 150, 151, 152 sind mit einer Summierschaltung 400 verbunden. Im Empfangsfall weist nun das Richtcharakteristiksignal am Ausgang der Summierschaltung 400 über dem Frequenzbereich von 500 bis 8000 Hz für unterschiedliche Schwenkwinkel konstante Eigenschaften bezüglich Öffnungswinkel β und Nebenzipfelverhalten auf.

Die Wandleranordnung vereinfacht sich bei einer Aufteilung des Frequenzbereichs in Oktaven. Fig. 2 zeigt eine solche Wandleranordnung für eine Richtcharakteristik innerhalb eines Frequenzbereichs von 250 bis 2000 Hz. Dieser Für L_1 = 2,25 m beträgt die Anzahl an Wandlern n = 4. Wandler 11, 12, 13, 14 sind in Fig. 1 im Abstand d_1 = 0,75 m über die Länge L_1 = 2,25 m angeordnet und bilden eine Wandlergruppe. In der Praxis wird man eine wesentlich größere Länge L_1 mit einer wesentlich größeren Anzahl n an Wandlern belegen, die in Fig. 1 gezeigte Wandleranordnung ist nur beispielhaft zu verstehen.

Jedem der vier Wandler 11, 12, 13, 14 dieser Wandlergruppe ist ein auf das Frequenzband F_1 abgestimmtes Filter 111, 112, 113, 114 mit Bandpaßverhalten nachgeschaltet, dem sich ein Richtungsbildner 150 anschließt. Im Empfangsfall sorgt der Richtungsbildner 150 für die zeitliche Verzögerung der Empfangssignale der Wandler am Ausgang der Filter 111 bis 114 entsprechend der gewünschten Richtcharakteristik.

Im hier nicht dargestellten Sendefall wird in den Richtungsbildner ein Sendesignal eingespeist und zeitlich gegeneinander verschoben. Ausgängen des Richtungsbildners sind n Filter 111 bis 114 nachgeschaltet, die auf das untere Frequenzband F_1 abgestimmt sind und mit den n Wandlern 11, 12, 13, 14 verbunden sind.

Zwischen den Wandlern 11, 12, 13, 14 sind symmetrisch zur Mitte der Wandleranordnung vier weitere Wandler 21, 22, 23, 24 angeordnet, deren Abstände d_2 abhängig von der oberen Grenzfrequenz 5000 Hz des Frequenzbandes F_2 gewählt sind. Ihr Abstand zueinander beträgt $d_2 = \lambda_2/2$ = 0,15 m, die gesamte Länge L_2 der Gruppe von Wandlern 21, 22, 23, 24 beträgt L_2 = 0,45 m. Das Verhältnis /L entsprechend G1. (2) ist für beide Gruppen von Wandlern 11 bis 14 bzw. 21 bis 24 gleich und beträgt Frequenzbereich wird in drei Frequenzbänder Δf_1 = 250 bis 500 Hz, Δf_2 = 500 bis 1000 Hz und Δf_3 = 1000 bis 2000 Hz aufgeteilt, die jeweils eine Oktave umfassen. Abhängig vom Öffnungswinkel β wird gemäß G1. 2 die Länge L der Wandleranordnung für das untere Frequenzband Δf_1 bestimmt. Wenn die Länge L aus konstruktiven Gründen nicht frei vorgebbar ist, kann durch Festlegung der unteren Grenzfrequenz des Frequenzbereichs ein bestimmter Öffnungswinkel β eingestellt werden. Entsprechend der höchsten Frequenz von 500 Hz im untersten Frequenzband Δf_1 wird der maximale Wandlerabstand zu

$$d = \frac{1500}{2.500} = 1,5 \text{ m}$$

berechnet. Ein vorgegebenes Nebenzipfelverhalten wird durch entsprechende Belegung der Wandleranordnung realisiert. Hier ist als Wandlerabstand der maximale Wandlerabstand d = 1,5 m gewählt. Aus der Länge L und dem Wandlerabstand d wird die Anzahl n = 5 bestimmt. Symmetrisch zu einem mittig plazierten Wandler 1000 sind jeweils zwei Wandler 1001 und 1002 im Abstand d und zwei Wandler 1003 und 1004 im Abstand 2d angeordnet. Die Wandler 1000 bis 1004 bilden eine Wandlergruppe und sind mit Filtern 1010 bis 1014 verbunden, die das unterste Frequenzband Δf_1 durchlassen.

Durch die Aufteilung des Frequenzbereichs in Oktaven beträgt der Abstand der Wandler der zweiten Wandlergruppe, die zum Bilden der Richtcharakteristik für das Frequenzband Δf_2 benötigt wird, gerade gleich d/2 = 0,75 m. Zwischen dem mittleren Wandler 1000 und dem Wandler 1001 ist ein Wandler 1005 und zwischen dem Wandler 1000 und 1002 ein Wandler 1006 angeordnet, die jeweils zum mittigen Wandler 1000 den Abstand d/2 aufweisen. Der mittig angeordnete Wandler 1000 und die Wandler 1001 und 1002 gehören nicht nur zur ersten Wandlergruppe, sondern auch zu dieser zweiten Wandlergruppe, da sie in Vielfachen des Wandlerabstandes d/2 zum mittig angeordneten Wandler 1000 angeordnet sind. Die fünf Wandler 1000, 1001, 1002, 1005, 1006 bilden somit die zweite Wandlergruppe. Ihnen sind jeweils Filter 2010 bis 2014 nachgeschaltet, die auf das Frequenzband Δf_2 abgestimmt sind.

Für das Frequenzband Δf_3 wird ebenfalls eine Wandlergruppe von fünf Wandlern 1000, 1005, 1006, 1007, 1008 auf der Wandleranordnung vorgesehen, deren Abstand d/4 jeweils ein Viertel des maximalen Wandlerabstands d beträgt, weil die obere Grenzfrequenz von 2000 Hz dieses Frequenzbandes Δf_3 viermal so hoch wie die obere Grenzfrequenz von 500 Hz des untersten Frequenzbandes Δf_1 ist. Der mittlere Wandler 1000 gehört somit zu sämtlichen Gruppen. Ihm ist neben den Filtern 1010 und 2010 ein drittes Filter 3010, das auf das Frequenzband Δf_3 abgestimmt ist, nachgeschaltet. Die Wandler 1005 und 1006 gehören zu zwei Wandlergruppen. Ihnen sind jeweils zwei Filter 2013, 2014 und 3013, 3014 für das mittlere Frequenzband Δf_2 und das oberste Frequenzband Δf_3 als Durchlaßbereich nachgeordnet, während den Wandlern 1007 und 1008 jeweils nur ein auf das oberste Frequenzband Δf_3 abgestimmtes Filter 3011 und 3012 nachgeschaltet ist. Die unterschiedlichen Abstände der Wandler der drei Wandlergruppen bilden eine geometrische Reihe, da sie d, d/2, d/4 betragen.

Zur weiteren Verbesserung der Richtcharakteristik enthalten die Filter 1010 bis 3014 Bewertungsschaltungen für Shading-Faktoren. Abhängig vom Frequenzband und der geometrischen Lage des Wandlers sind in den Bewertungsschaltungen Shading-Faktoren eingespeichert, mit denen die gefilterten Empfangssignale vor der Richtungsbildung multipliziert werden.

Durch die besonderen geometrischen Verhältnisse der Wandleranordnung gemäß Fig. 2 vereinfacht sich die Richtungsbildung insofern, als einzelne ausgewählte Wandler 1000, 1001, 1002, 1005, 1006 mehreren Wandlergruppen zugeordnet sind und ihre Empfangssignale zum Bilden der Richtcharakteristik gleiche zeitliche Verzögerungen benötigen. Empfangssignale der ausgewählten Wandler 1000, 1001, 1002, 1005, 1006 werden am Ausgang der Filter 1010, 2010, 3010 bzw. 1011, 2011 bzw. 1012, 2012, ... jeweils in Summierstufen 4010, 4011, ..., 4014 zusammengefaßt, bevor sie in einem nachgeschalteten Richtungsbildner 4400 zur Richtcharakteristik weiterverarbeitet werden. Als Richtungsbildner 4400 ist beispielsweise eine Schaltungsanordnung gemäß DE-PS 21 36 780 verwendbar.

In der Summierstufe 4010 wird das Empfangssignal des Wandlers 1000 im gesamten Frequenzbereich nach einer frequenzabhängigen Bewertung zusammengefaßt. Bewertete Empfangssignale der Wandler 1001 und 1002, die sowohl zur ersten, wie auch zur zweiten Wandlergruppe gehören, werden in den Summierstufen 4011 und 4012 für die beiden Frequenzbänder Δf_1 und Δf_2 zusammengefaßt. In den Summierstufen 4013 und 4014 werden die bewerteten Empfangssignale der Wandler 1005 und 1006 für die Frequenzbänder Δf_2 und Δf_3 addiert. Die beiden äußeren Wandler 1003 und 1004 gehören nur zur Wandlergruppe, die zur Richtungsbildung im untersten Frequenzband Δf_1 benötigt wird. Die Wandler 1007 und 1008 gehören zu der dem Wandlergruppe, ihre bewerteten Empfangssignale werden unmittelbar in den Richtungsbildner 4400 eingespeist. Am Ausgang des Richtungsbildner 4400 ist ein Richtcharakteristiksignal abnehmbar, das bei unterschiedlichen Schwenkwinkeln über dem gesamten Frequenzbereich gleiche Eigenschaften aufweist.

Ansprüche

1. Wandleranordnung zum gerichteten Senden und/oder Empfangen von Schallwellen innerhalb eines breiten Frequenzbereichs mit einer Vielzahl von über eine Länge aufgereihten Wandlern und mit den Wandlern nachgeschalteten Filtern, deren Ausgangssignale zu einer Richtcharakteristik zusammengefaßt sind, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eine gleiche Anzahl (n) von Wandlern (11 bis 14 bzw. 21 bis 24 bzw. 31 bis 34 bzw. 1000 bis 1004 bzw 1000, 1001, 1002, 1005, 1006 bzw. 1000, 1005, 1006, 1007, 1008) aus der Vielzahl eine Wandlergruppe bilden, daß jeder Wandlergruppe ein Frequenzband (F_1, F_2, F_3 bzw. Δf_1, Δf_2, Δf_3) innerhalb des Frequenzbereichs zugeordnet ist, wobei die Frequenzbänder (F_1, F_2, F_3 bzw Δf_1, Δf_2, Δf_3) aneinandergrenzen und den Frequenzbereich abdecken, daß die Wandler (11 bis 14 bzw. 1000 bis 1004) innerhalb einer Wandlergruppe äquidistant mit einem Abstand angeordnet sind der gleich oder kleiner als die halbe, im jeweiligen Frequenzband (F_1 bzw Δf_1) enthaltene kleinste Wellenlänge ist, daß die Anzahl (n) der einer Wandlergruppe zugehörigen Wandler (11 bis 14, 21 bis 24, 31 bis 34 bzw. 1000 bis 1008) durch die Länge (L_1 bzw. L) und den maximalen Wandlerabstand (d_1 bzw. d) in der dem untersten Frequenzband (F_1 bzw. Δf_1) zugeordneten Wandlergruppe festgelegt ist und daß die Filter (111 bis 114, 211 bis 214, 311 bis 314 bzw. 1010 bis 1014. 2010 bis 2014, 3010 bis 3014), die mit Wandlern (11 bis 14, 21 bis 24, 31 bis 34 bzw. 1000 bis 1004, 1000, 1001, 1002, 1005, 1006, 1000, 1005, 1006, 1007, 1008) der gleichen Wandlergruppe verbunden sind, auf das dieser Wandlergruppe zugeordnete Frequenzband (F_1, F_2, F_3 bzw. Δf_1, Δf_2, Δf_3) abgestimmt sind.

2. Wandleranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ausgewählte Wandler (1000. 1001. 1002. 1005, 1006) mehreren Wandlergruppen zugehörig sind, deren zugeordnete Frequenzbänder (Δf_1, Δf_2, Δf_3) Vielfache zueinander sind.

3. Wandleranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedem ausgewählten Wandler (1000 bzw. 1001, 1002 bzw. 1005, 1006) entsprechend seiner Wandlergruppenzugehörigkeit mehrere auf die zugeordneten Frequenzbänder (Δf_1, Δf_2, Δf_3 bzw.Δf_1, Δf_2 bzw. Δf_2, Δf_3) abgestimmte Filter (1010, 2010, 3010 bzw. 1011, 2011, 1012, 2012 bzw. 2013, 3013, 2014, 3014) nachgeschaltet sind.

4. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandler (1001 bis 1004 bzw. 1001, 1002, 1005, 1006 bzw. 1005 bis 1008) jeder Wandlergruppe zu einem mittig angeordneten Wandler (1000) symmetrisch sind und der mittig angeordnete Wandler (1000) allen Wandlergruppen zugeordnet ist.

5. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Abstände in der Wandlergruppe jeweils den gleichen Bruchteil der kleinsten Wellenlänge im zugeordneten Frequenzband (F_1 bis F_3 bzw. Δf_1 bis Δf_3) aufweisen.

6. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daB jeder Wandlergruppe eine Oktave als Frequenzband (Δf_1, Δf_2, Δf_3) zugeordnet ist, daß die Abstände (d) der Wandler (1000 bis 1004) der der tiefsten Oktave (Δf_1) zugeordneten Wandlergruppe am größten sind und die Abstände (d/2 bzw. d/4) in den der jeweils nächst höheren Oktave (Δf_2 bzw.Δf_3) zugeordneten Wandlergruppen halb so groß sind wie in der Wandlergruppe, die der darunterliegenden Oktave (Δf_1 bzw.Δf_2) zugeordnet ist.

7. Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Filter (111 bis 114, 211 bis 214, 311 bis 314 bzw. 1010 bis 1014, 2010 bis 2014, 3010 bis 3014) eine Bewertungsschaltung für Shading-Faktoren entsprechend der Lage des Wandlers (11 bis 14, 21 bis 24, 31 bis 34 bzw. 1000 bis 1008) innerhalb der Wandlergruppe enthält.

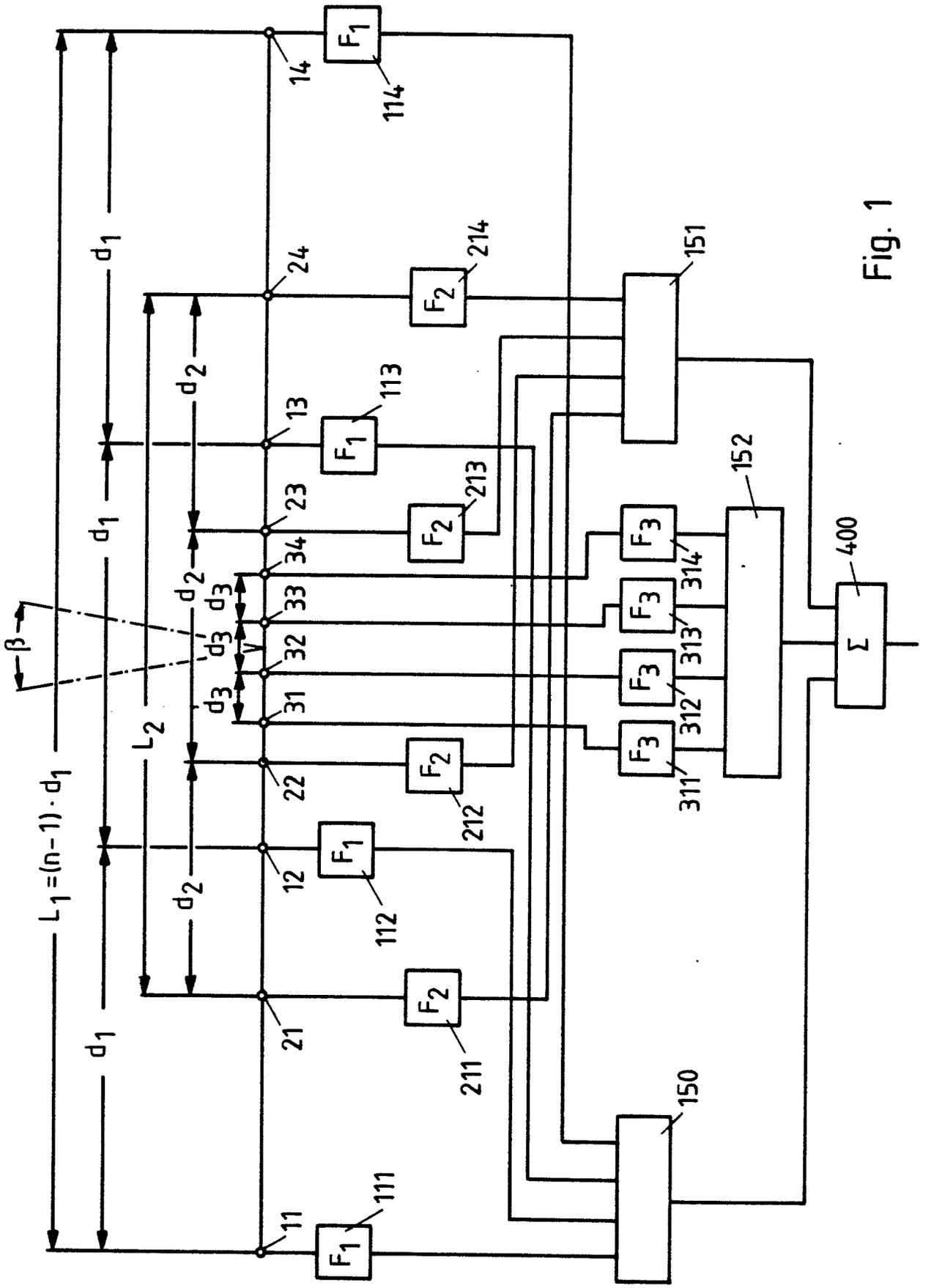
F1
F2
F3
Σ
400
150
151
152
111
112
113
114
211
212
213
214
311
312
313
314
11
12
13
14
21
22
23
24
31
32
33
34
d1
d2
d3
L1=(n-1)·d1
L2
β
γ

Fig. 1

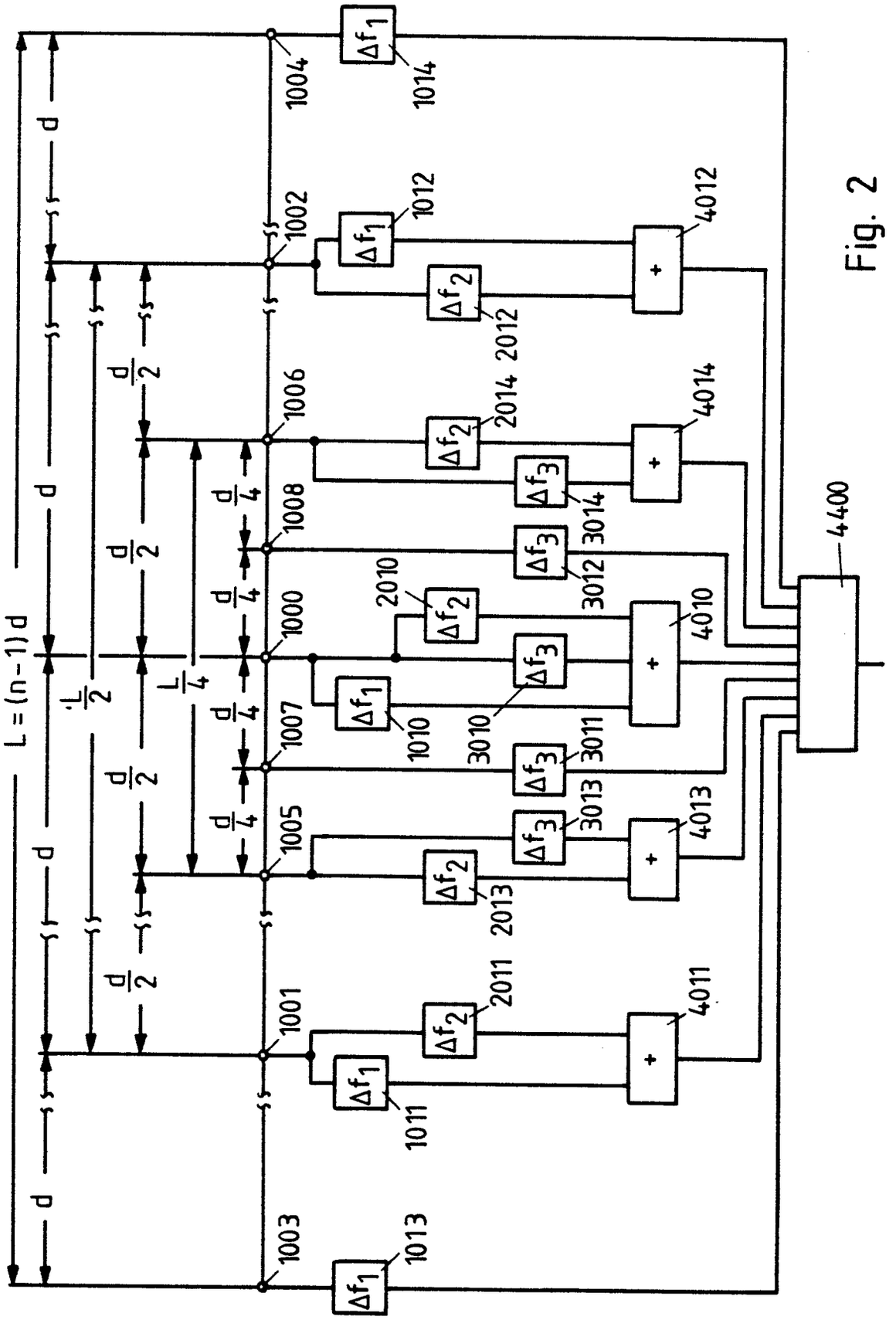
L = (n-1) d
d
L/2
L/4
d/2
d/4
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1010
1011
1012
1013
1014
2010
2011
2012
2013
2014
3010
3011
3012
3013
3014
4010
4011
4012
4013
4014
4400
Δf1
Δf2
Δf3
+

Fig. 2