

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7008567号

(P7008567)

(45)発行日 令和4年1月25日(2022.1.25)

(24)登録日 令和4年1月13日(2022.1.13)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 R 1/28 (2006.01)

H 0 4 R 1/28 3 1 0 Z

H 0 4 R 1/00 (2006.01)

H 0 4 R 1/00 3 1 1

B 6 3 B 49/00 (2006.01)

B 6 3 B 49/00 B

B 6 3 G 8/39 (2006.01)

B 6 3 G 8/39

請求項の数 8 外国語出願 (全38頁)

(21)出願番号 特願2018-77618(P2018-77618)
(22)出願日 平成30年4月13日(2018.4.13)
(65)公開番号 特開2018-198419(P2018-198419
A)
(43)公開日 平成30年12月13日(2018.12.13)
審査請求日 令和3年4月8日(2021.4.8)
(31)優先権主張番号 62/485,177
(32)優先日 平成29年4月13日(2017.4.13)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
早期審査対象出願

(73)特許権者 514290214
テレディン インストゥルメンツ インク
Teledyne Instrumen
ts Inc.
アメリカ合衆国 9 1 3 6 0 カリフォル
ニア州、 サウザンド オークス、 カミノ
ドス リオス 1 0 4 9
1 0 4 9 Camino Dos Rio
s, Thousand Oaks, CA
9 1 3 6 0, United State
s of America
(74)代理人 110000110
特許業務法人快友国際特許事務所
(72)発明者
アンドレイ ケー・ モロゾフ
アメリカ合衆国、 0 2 5 5 6、 マサチ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水中ナビゲーションおよび通信のための低周波数広帯域音源

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水中音源であって、
音響ドライバと、
前記音響ドライバの制御装置と、
前記音響ドライバに音響的に結合され、液状媒体に浸漬するように構成されている水中共振器管と、
第1の同軸の管状スリーブおよび第2の同軸の管状スリーブと、を備え、
前記共振器管は、
前記液状媒体の一部を受容するように構成されているインテリア部分と、
ラジアルに対称である3つの第1のコラジアルな共振器スロットを備える第1のスロット付き部分であって、前記3つの第1のコラジアルな共振器スロットのうちの隣接する一対の共振器スロットは、ラジアルに対称である3つの第1のブリッジのうちの1つの第1のブリッジによって分離されており、前記3つの第1のコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、2 i n c h (5 . 0 8 c m) の幅を有しており、前記3つの第1のブリッジのそれぞれは、1 . 5 6 i n c h (3 . 9 6 c m) の幅を有している、前記第1のスロット付き部分と、
ラジアルに対称である3つの第2のコラジアルな共振器スロットを備える第2のスロット付き部分であって、前記3つの第2のコラジアルな共振器スロットのうちの隣接する一対の共振器スロットは、ラジアルに対称である3つの第2のブリッジのうちの1つの第2の

ブリッジによって分離されており、前記3つの第2のコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、2 i n c h (5 . 0 8 c m) の幅を有しており、前記3つの第2のブリッジのそれぞれは、1 . 5 6 i n c h (3 . 9 6 c m) の幅を有している、前記第2のスロット付き部分と、をさらに備え、

前記共振器管の全長が5 2 . 5 i n c h (1 3 3 . 4 c m) であり、前記共振器管の内径が8 . 0 0 i n c h (2 0 . 3 2 c m) であり、前記共振器管の前記全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、

前記第1のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち1つの第1の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第1の位置に位置し、

前記第2のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち1つの第2の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第2の位置に位置し、

10

前記第1のスロット付き部分及び前記第2のスロット付き部分は、前記共振器管の2つの末端部分と、前記2つの末端部分の間に前記共振器管の中間部分と、を規定するように、前記共振器管の前記全長に沿って配置されており、前記2つの末端部分のそれぞれは、1 5 . 6 i n c h (3 9 . 6 2 c m) の末端部分長さ、及び、8 . 9 4 i n c h (2 2 . 7 1 c m) の末端部分外径を有しており、前記中間部分は、2 1 . 3 i n c h (5 4 . 1 0 c m) に中間部分長さ及び8 . 7 i n c h (2 2 . 1 0 c m) の中間部分外径を有しており、

前記音響ドライバの前記制御装置は、前記水中音源の出力信号が、前記共振器管の周波数応答によって規定される帯域幅内になるように制御すべく構成されており、

20

前記第1の同軸の管状スリーブおよび前記第2の同軸の管状スリーブのそれぞれは、9 . 2 5 i n c h (2 3 . 5 c m) の全長、9 . 0 4 i n c h (2 2 . 9 6 c m) のスリーブ内径、及び、1 0 . 0 0 i n c h (2 5 . 4 0 c m) のスリーブ外径を有しており、

前記共振器管の外側表面の第1の部分は、前記第1の同軸の管状スリーブ内に配置されており、

前記共振器管の前記外側表面の第2の部分は、前記第2の同軸の管状スリーブ内に配置されており、

前記中間部分における前記共振器管の前記外側表面で測定される前記共振器管の前記外側表面と前記第1の同軸の管状スリーブの内側表面との間の間隙は、0 . 1 2 i n c h (0 . 3 0 c m) であり、前記中間部分における前記共振器管の前記外側表面で測定される前記共振器管の前記外側表面と前記第2の同軸の管状スリーブの内側表面との間の間隙は、0 . 1 2 i n c h (0 . 3 0 c m) であり、

30

前記第1の同軸の管状スリーブおよび前記第2の同軸の管状スリーブは、前記第1のスロット付き部分および前記第2のスロット付き部分を露出させるように配置されており、前記共振器管は、第1の共振周波数および第2の共振周波数によって規定される広帯域の周波数応答を有しており、

前記第1の共振周波数および前記第2の共振周波数の平均として規定される中間周波数の10%から15%の間の周波数を有する広帯域の周波数の帯域幅は、前記第1の共振周波数および前記第2の共振周波数を含む、水中音源。

【請求項2】

40

水中音源であって、

音響ドライバと、

前記音響ドライバの制御装置と、

前記音響ドライバに音響的に結合され、液体媒体に浸漬するように構成されている水中共振器管であって、

前記液体媒体の一部を受容するように構成されている内側部分と、

ラジアルに対称である3つの第1のコラジアルな共振器スロットを備える第1のスロット付き部分であって、前記3つの第1のコラジアルな共振器スロットのうちの隣接する一対の共振器スロットは、ラジアルに対称である3つの第1のブリッジのうちの1つの第1のブリッジによって分離されており、前記3つの第1のコラジアルな共振器スロットのそれ

50

それは、2 i n c h (5 . 0 8 c m) の幅を有しており、前記 3 つの第 1 のブリッジのそれぞれは、1 . 5 6 i n c h (3 . 9 6 c m) の幅を有している、前記第 1 のスロット付き部分と、

ラジアルに対称である 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットを備える第 2 のスロット付き部分であって、前記 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットのうちの隣接する一対の共振器スロットは、ラジアルに対称である 3 つの第 2 のブリッジのうちの 1 つの第 2 のブリッジによって分離されており、前記 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、2 i n c h (5 . 0 8 c m) の幅を有しており、前記 3 つの第 2 のブリッジのそれぞれは、1 . 5 6 i n c h (3 . 9 6 c m) の幅を有している、前記第 2 のスロット付き部分と、をさらに備え、

10

前記共振器管の全長が 5 2 . 5 i n c h (1 3 3 . 4 c m) であり、前記共振器管の内径が 8 . 0 0 i n c h (2 0 . 3 2 c m) であり、前記共振器管の前記全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、

前記第 1 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 1 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置し、

前記第 2 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 2 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置し、

前記第 1 のスロット付き部分及び前記第 2 のスロット付き部分は、前記共振器管の 2 つの末端部分と、前記 2 つの末端部分の間に前記共振器管の中間部分と、を規定するように、前記共振器管の前記全長に沿って配置されており、前記 2 つの末端部分のそれぞれは、1 5 . 6 i n c h (3 9 . 6 2 c m) の末端部分長さ、及び、8 . 9 4 i n c h (2 2 . 7 1 c m) の末端部分外径を有しており、前記中間部分は、2 1 . 3 i n c h (5 4 . 1 0 c m) に中間部分長さ及び 8 . 7 i n c h (2 2 . 1 0 c m) の中間部分外径を有している、

20

前記共振器管と、

第 1 の同軸の管状スリーブおよび第 2 の同軸の管状スリーブであって、

前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブのそれぞれは、9 . 2 5 i n c h (2 3 . 5 c m) の全長、9 . 0 4 i n c h (2 2 . 9 6 c m) のスリーブ内径、及び、1 0 . 0 0 i n c h (2 5 . 4 0 c m) のスリーブ外径を有しており、

前記共振器管は、前記第 1 の同軸の管状スリーブ内に配置され、それにより、前記共振器管の外側表面の第 1 の部分と、前記第 1 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 1 の間隙を形成し、

30

前記共振器管は、前記第 2 の同軸の管状スリーブ内に配置され、それにより、前記共振器管の前記外側表面の第 2 の部分と、前記第 2 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 2 の間隙を形成し、

前記中間部分における前記共振器管の前記外側表面において前記第 1 の間隙及び前記第 2 の間隙が測定される場合に、前記第 1 の間隙は、0 . 1 2 i n c h (0 . 3 0 c m) であり、前記第 2 の間隙は、0 . 1 2 i n c h (0 . 3 0 c m) であり、

前記第 1 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の第 1 の部分の上を摺動するように構成され、前記第 2 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の前記第 2 の部分の上を摺動するように構成される、前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブと、を備え、

40

前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより露出され、かつ、前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより露出されているときに、第 1 の音響モードで動作するように構成され、

前記第 1 の音響モードにおいて、前記共振器管は、第 1 の共振周波数および第 2 の共振周波数によって規定される広帯域の周波数応答を有しており、前記第 1 の共振周波数および前記第 2 の共振周波数の平均として規定される中間周波数の 1 0 % から 1 5 % の間の周波数を有する広帯域の周波数の帯域幅は、前記第 1 の共振周波数および前記第 2 の共振周波数を含み、

50

前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分の少なくとも一部が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより覆われ、かつ、前記第 2 のスロット付き部分の少なくとも一部が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより覆われているときに、第 2 の音響モードで動作するように構成されており、

前記第 2 の音響モードにおいて、前記共振器管は、前記第 1 の同軸の管状スリーブが前記第 1 のスロット付き部分を覆う量、および、前記第 2 の同軸の管状スリーブが前記第 2 のスロット付き部分を覆う量に応じて前記第 1 の共振周波数が変化する共振周波数応答を有する、水中音源。

【請求項 3】

前記音響ドライバの前記制御装置は、前記水中音源が前記第 1 の音響モードで動作するように構成されたとき、少なくとも部分的には前記第 1 の同軸の管状スリーブの位置および前記第 2 の同軸の管状スリーブの位置に基づいて決定される管の共振周波数になるように、前記音響ドライバの出力周波数を制御すべく構成される、請求項 2 に記載の水中音源。

10

【請求項 4】

前記音響ドライバの前記制御装置は、前記共振器管の周波数応答により規定される帯域幅内になるように、前記水中音源の出力信号を制御すべく構成される、請求項 2 又は 3 に記載の水中音源。

【請求項 5】

前記第 1 の共振周波数は、前記 3 つのラジアルに対称な第 1 のコラジアルな共振器スロットの幅の約半分が前記第 1 の同軸の管状スリーブによって覆われており、かつ、前記 3 つのラジアルに対称な第 2 のコラジアルな共振器スロットの幅の約半分が前記第 2 の同軸の管状スリーブによって覆われているときに、第 1 要素および第 2 要素を有する二重共振を備える、請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の水中音源。

20

【請求項 6】

前記二重共振の第 1 のピークは、前記共振器管の第 1 の高調波モードに対応し、
前記二重共振の第 2 のピークは、前記共振器管の第 2 の高調波モードに対応しない、請求項 5 に記載の水中音源。

【請求項 7】

前記二重共振の前記第 1 のピークの振幅、および、前記二重共振の前記第 2 のピークの振幅は、前記第 1 の同軸の管状スリーブが前記 3 つの第 1 のコラジアルな共振器スロットを覆っている量、および、前記第 2 の同軸の管状スリーブが前記 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットを覆っている量に依存する、請求項 6 に記載の水中音源。

30

【請求項 8】

水中で信号を送信する方法であって、
水中音源であって、
音響ドライバと、
前記音響ドライバの制御装置と、
前記音響ドライバに音響的に結合され、液体媒体に浸漬するように構成されている水中共振器管であって、

前記液体媒体の一部を受容するように構成されている内側部分と、
ラジアルに対称である 3 つの第 1 のコラジアルな共振器スロットを備える第 1 のスロット付き部分であって、前記 3 つの第 1 のコラジアルな共振器スロットのうちの隣接する一対の共振器スロットは、ラジアルに対称である 3 つの第 1 のブリッジのうちの 1 つの第 1 のブリッジによって分離されており、前記 3 つの第 1 のコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、 $2 \text{ inch} (5.08 \text{ cm})$ の幅を有しており、前記 3 つの第 1 のブリッジのそれぞれは、 $1.56 \text{ inch} (3.96 \text{ cm})$ の幅を有している、前記第 1 のスロット付き部分と、

40

ラジアルに対称である 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットを備える第 2 のスロット付き部分であって、前記 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットのうちの隣接する一対の共振器スロットは、ラジアルに対称である 3 つの第 2 のブリッジのうちの 1 つの第 2 の

50

ブリッジによって分離されており、前記 3 つの第 2 のコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、2 i n c h (5 . 0 8 c m) の幅を有しており、前記 3 つの第 2 のブリッジのそれぞれは、1 . 5 6 i n c h (3 . 9 6 c m) の幅を有している、前記第 2 のスロット付き部分と、をさらに備え、

前記共振器管の全長が 5 2 . 5 i n c h (1 3 3 . 4 c m) であり、前記共振器管の内径が 8 . 0 0 i n c h (2 0 . 3 2 c m) であり、前記共振器管の前記全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、

前記第 1 のスロット付き部分及び前記第 2 のスロット付き部分は、前記共振器管の 2 つの末端部分と、前記 2 つの末端部分の間に前記共振器管の中間部分と、を規定するように、前記共振器管の前記全長に沿って配置されており、前記 2 つの末端部分のそれぞれは、1 5 . 6 i n c h (3 9 . 6 2 c m) の末端部分長さ、及び、8 . 9 4 i n c h (2 2 . 7 1 c m) の末端部分外径を有しており、前記中間部分は、2 1 . 3 i n c h (5 4 . 1 0 c m) に中間部分長さ及び 8 . 7 i n c h (2 2 . 1 0 c m) の中間部分外径を有しており、

前記共振器管と、

第 1 の同軸の管状スリーブおよび第 2 の同軸の管状スリーブであって、

前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブのそれぞれは、9 . 2 5 i n c h (2 3 . 5 c m) の全長、9 . 0 4 i n c h (2 2 . 9 6 c m) のスリーブ内径、及び、1 0 . 0 0 i n c h (2 5 . 4 0 c m) のスリーブ外径を有しており、

前記共振器管の外側表面の第 1 の部分は、前記第 1 の同軸の管状スリーブ内に配置されており、

前記共振器管の内側表面の第 2 の部分は、前記第 2 の同軸の管状スリーブ内に配置されており、

前記中間部分における前記共振器管の前記外側表面で測定される前記共振器管の前記外側表面と前記第 1 の同軸の管状スリーブの内側表面との間の間隙は、0 . 1 2 i n c h (0 . 3 0 c m) であり、前記中間部分における前記共振器管の前記外側表面で測定される前記共振器管の前記外側表面と前記第 2 の同軸の管状スリーブの内側表面との間の間隙は、0 . 1 2 i n c h (0 . 3 0 c m) であり、

前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブは、それぞれ、前記第 1 のスロット付き部分および前記第 2 のスロット付き部分を露出させるように配置されている、

前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブと、を備え、

前記共振器管は、第 1 の共振周波数および第 2 の共振周波数によって規定される広帯域の周波数応答を有しており、

前記第 1 の共振周波数および前記第 2 の共振周波数の平均として規定される中間周波数の 1 0 % から 1 5 % の間の周波数を有する広帯域の周波数の帯域幅は、前記第 1 の共振周波数および前記第 2 の共振周波数を含み、

前記水中音源を提供するステップと、

前記音響ドライバにより、前記広帯域の周波数の帯域幅内の周波数を有する音響出力を生成するステップと、を含む、

方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

優先権

本出願は、2017年4月13日に出願された「LOW-FREQUENCY BROADBAND SOUND SOURCE FOR UNDERWATER NAVIGATION AND COMMUNICATION」と題する米国特許仮出願第62/485,177号の優先権の利益を主張するものであり、その開示を全体的に、かつすべての目的に対して参照により本明細書に組み込む。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

政府利益に関する陳述

本発明は、深海ナビゲーションに対する位置決めシステム (POSYDON: Positioning System for Deep Ocean Navigation)、正確な海洋問合せ、ナビゲーション、およびタイミング (POINT: Precision Ocean Interrogation, Navigation, and Timing) プロジェクトに関する、米国国防総省の国防高等研究計画局 (DARPA) により与えられた契約番号 N 6 6 0 0 1 - 1 6 - C - 4 0 0 3 に関連する下請け契約番号 1 4 6 0 3 の下で米国政府の支援を受けて行われたものである。米国政府は、本発明に一定の権利を有する。

10

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

本出願は、「BROADBAND SOUND SOURCE FOR LONG DISTANCE UNDERWATER SOUND PROPAGATION」と題する米国特許第 8, 6 7 0, 2 9 3 号、「VENTED-PIPE PROJECTOR」と題する米国特許第 4, 8 5 5, 9 6 4 号、および 2 0 1 6 年 9 月の OCEANS 2 0 1 6 MTS / IEEE Monterey における Andrey K. Morozov 他による「High-efficient tunable sound sources for ocean and bottom tomography、15 years of operating history」と題する非特許文献の開示に関連し、その開示を全体的に、かつすべての目的に対して参照により本明細書に組み込む。

20

【 0 0 0 4 】

調整可能な水中オルガン管音源の一態様の最初のテストが、2 0 0 1 年 1 1 月 9 日に成功裏に行われた。調整可能な音源は、任意の深さの水中で動作するその能力を含む多くの有用な特性を有していた。加えて、その出力は、基本的に、望ましくない高周波数の高調波を含まなかった。音源の音響ドライバは、基準の周波数変調信号の周波数および位相に一致するように調整された。やがて、この調整可能な水中オルガン管は、様々な関連するデバイスの基礎を形成した。いくつかの例では、関連するデバイスは、約 2 0 0 ~ 3 0 0 H z の帯域幅を有するように設計された。いくつかの他のデバイスは、その出力の周波数を線形に掃引するように設計された。いくつかの例では、掃引範囲は、約 1 4 0 H z から約 2 0 5 H z であった。いくつかの例では、掃引範囲は、約 5 0 0 H z から約 1 0 0 0 H z であった。いくつかの他の例では、掃引範囲は、約 8 0 0 H z から約 1 2 0 0 H z であった。いくつかの例では、音源は、約 1 秒間、周波数範囲を掃引することができた。一例では、音源は、数分間、出力周波数の範囲を掃引するように構成された。一例では、1 3 5 秒間にわたって線形にその出力範囲を掃引するように構成された調整可能な音源が、海洋音響トモグラフィ測定を行うために使用された。別の例では、調整可能な音源は、8 0 秒の狭帯域チャープを放出するように構成された。

30

【 0 0 0 5 】

別の例では、調整可能な水中音源が、掃引周波数アレイの底部に配置されて、深い水中の地質学的形態の高解像度地震イメージングを生成している。このようなイメージングは、

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

一つの態様では、水中音源は、音響ドライバと、前記音響ドライバの制御装置と、前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管と、を含んでもよい。前記共振器管は、第 1 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを含む第 1 のスロット付き部分、および、第 2 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを含む第 2 のスロット付き部分、をさらに含んでもよい。前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定しても

50

よい。前記第 1 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 1 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第 1 の位置に位置し、前記第 2 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 2 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第 2 の位置に位置してもよい。前記音響ドライバの前記制御装置は、前記水中音源の出力信号が、前記共振器管の周波数応答によって規定される帯域幅内になるように制御すべく構成されてもよい。

【 0 0 0 7 】

前記水中音源の一つの態様では、前記共振器管は、前記共振器管の前記全長の 1 0 分の 1 から、前記共振器管の前記全長の半分までの範囲内にある外径を有する。

【 0 0 0 8 】

前記水中音源の一つの態様では、前記第 1 のスロット付き部分の前記第 1 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、前記共振器管の半径の 1 0 分の 1 と前記共振器管の前記半径の半分の範囲に含まれる幅を有し、前記第 2 のスロット付き部分の前記第 2 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、前記共振器管の前記半径の 1 0 分の 1 と前記共振器管の前記半径の半分の範囲に含まれる幅を有する。

【 0 0 0 9 】

前記水中音源の一つの態様では、前記第 1 のスロット付き部分および前記第 2 のスロット付き部分は、それらの間に前記共振器管の中間セクションを規定し、前記共振器管の前記第 1 のスロット付き部分および第 1 の端部は、それらの間に前記共振器管の第 1 の端末セクションを規定し、また、前記共振器管の前記第 2 のスロット付き部分および第 2 の端部は、それらの間に前記共振器管の第 2 の端末セクションを規定する。

【 0 0 1 0 】

前記水中音源の一つの態様では、前記第 1 の端末セクションは第 1 のセクション長さを有し、前記第 2 の端末セクションは第 2 のセクション長さを有し、前記中間セクションは中間セクション長さを有している。前記中間セクション長さは、前記第 1 のセクション長さとは異なり、かつ前記中間セクション長さは、前記第 2 の長さとは異なってもよい。

【 0 0 1 1 】

前記水中音源の一つの態様では、前記第 1 のスロット付き部分の前記少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットのうち第 1 のものは、前記中間セクションの第 1 の端部と、前記第 1 の端末セクションの第 1 の端部とを接続する第 1 のブリッジによって分離され、前記第 2 のスロット付き部分の前記少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットのうち第 2 のものは、前記中間セクションの第 2 の端部と、前記第 2 の端末セクションの第 1 の端部とを接続する第 2 のブリッジによって分離される。

【 0 0 1 2 】

前記水中音源の一つの態様では、前記共振器管の周波数応答は、第 1 の共振周波数および第 2 の共振周波数により規定される二重共振伝達関数を含み、前記帯域幅は、中間周波数の 1 0 % ~ 1 5 % の間である。

【 0 0 1 3 】

一つの態様では、水中音源は、音響ドライバと、前記音響ドライバの制御装置と、前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管と、第 1 の同軸の管状スリーブと、第 2 の同軸の管状スリーブと、を含んでもよい。前記共振器管は、第 1 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 1 のスロット付き部分、および、第 2 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 2 のスロット付き部分、をさらに含んでもよい。前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定してもよい。前記第 1 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 1 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置してもよく、前記第 2 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 2 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置してもよい。前記共振器管は、前記第 1 の同軸の管状スリーブ内に配置されてもよく、それにより、前記共振器管の外側表面の第 1 の部分と、前記第 1 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 1 の間隙を形成し、前記共振器管は、前記第 2 の同軸の管状スリーブ内に配置され

10

20

30

40

50

てもよく、それにより、前記共振器管の前記外側表面の第 2 の部分と、前記第 2 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 2 の間隙を形成する。前記第 1 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の第 1 の部分の上を摺動するように構成されてもよく、前記第 2 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の前記第 2 の部分の上を摺動するように構成されてもよい。前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより覆われ、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより覆われたとき、第 1 の音響モードで動作するように構成されてもよく、前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより露出され、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより露出されたとき、第 2 の音響モードで動作するように構成されてもよい。

10

【 0 0 1 4 】

前記水中音源の一つの態様では、前記第 1 の間隙は、1 mm ~ 5 mm の間の範囲の幅を有し、前記第 2 の間隙は、1 mm ~ 5 mm の間の範囲の幅を有する。

【 0 0 1 5 】

前記水中音源の一つの態様では、前記音響ドライバの前記制御装置は、前記水中音源が前記第 1 の音響モードで動作するように構成されたとき、少なくとも部分的には前記第 1 の同軸の管状スリーブの位置および前記第 2 の同軸の管状スリーブの位置に基づいて決定される管の共振周波数になるように、前記音響ドライバの出力周波数を制御すべく構成される。

【 0 0 1 6 】

20

前記水中音源の一つの態様では、前記音響ドライバの前記制御装置は、前記共振器管の周波数応答により規定される帯域幅内になるように、前記水中音源の出力信号を制御すべく構成される。

【 0 0 1 7 】

一つの態様では、水中音システムは、水中音源と、リードねじを備える伝達機構と、前記伝達機構と機械的な伝達状態にあり、かつ前記リードねじに回転運動を与えるモータと、水圧ハウジングと、を含んでもよく、前記水圧ハウジングは、その外側表面が、前記伝達機構および前記モータと機械的な伝達状態にあり、かつその内側が、前記モータを制御し、かつ前記モータに電力を供給するように構成された 1 つまたは複数の電気的な構成要素を収納するように構成される。前記水中音源は、音響ドライバと、前記音響ドライバの制御装置と、前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管と、第 1 の同軸の管状スリーブと、第 2 の同軸の管状スリーブと、を含んでもよい。前記共振器管は、第 1 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 1 のスロット付き部分、および、第 2 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 2 のスロット付き部分をさらに含んでもよい。前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定してもよい。前記第 1 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 1 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置してもよく、前記第 2 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 2 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置してもよい。前記共振器管は、前記第 1 の同軸の管状スリーブ内に配置されてもよく、それにより、前記共振器管の外側表面の第 1 の部分と、前記第 1 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 1 の間隙を形成し、前記共振器管は、前記第 2 の同軸の管状スリーブ内に配置されてもよく、それにより、前記共振器管の前記外側表面の第 2 の部分と、前記第 2 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 2 の間隙を形成する。前記第 1 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の前記第 1 の部分の上を摺動するように構成され、かつ前記第 2 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の前記第 2 の部分の上を摺動するように構成されてもよい。前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより覆われ、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより覆われたとき、第 1 の音響モードで動作するように構成されてもよく、かつ、前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより露出され、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同

30

40

50

軸の管状スリーブにより露出されたとき、第2の音響モードで動作するように構成されてもよい。前記リードねじは前記第1の同軸の管状スリーブおよび前記第2の同軸の管状スリーブと機械的な伝達状態にあってもよい。前記リードねじに与えられた前記回転運動は、それにより、前記第1の同軸の管状スリーブおよび前記第2の同軸の管状スリーブを移動させてもよい。

【0018】

前記水中音システムの一つの態様では、前記リードねじは、前記リードねじが前記モータにより回転されたとき、前記第1の同軸の管状スリーブおよび前記第2の同軸の管状スリーブを反対方向に対称的に移動させるように構成される。

【0019】

前記水中音システムの一つの態様では、前記伝動機構は、水が前記伝動機構と接触するのを防止するように構成された、オイルで充填された1つまたは複数のペローズで覆われる。

【0020】

一つの態様水中で信号を送信する方法は、水中音源を提供するステップであって、前記水中音源が、音響ドライバと、前記音響ドライバの制御装置と、前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管と、を含む、前記ステップと、前記制御装置により、前記水中音源の出力信号を、前記共振器管の周波数応答により規定される帯域幅内になるように制御するステップと、を含んでもよい。前記共振器管は、第1の少なくとも2つのコラジアルな共振器スロットを備える第1のスロット付き部分、および、第2の少なくとも2つのコラジアルな共振器スロットを備える第2のスロット付き部分をさらに含んでもよい。前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定してもよい。前記第1のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち1つの第1の節に対応する前記共振器管の全長に沿った第1の位置に位置してもよく、前記第2のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち1つの第2の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第2の位置に位置してもよい。

【0021】

本明細書で述べられる諸態様の様々な特徴は、添付の特許請求の範囲において詳細に記載される。しかし、動作の編成と方法の両方に関する様々な態様は、その利点と共に、添付図面と併せて以下の説明により理解されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本開示の態様による3年間海底に配置された後に回収された水中で作動可能なオルガン管音源を示す図である。

【0023】

【図2】本開示の他の態様による調整可能な共振源の概略図である。

【0024】

【図3A】本開示の他の態様による二重共振音源の長手方向横断面図である。

【0025】

【図3B】図3Aで示された二重共振音源のA-Aにおける横断面図である。

【0026】

【図4A】本開示の他の態様による調整可能な共振源内の音波の第1の共振モードを示す図である。

【図4B】本開示の他の態様による調整可能な共振源内の音波の第2の共振モードを示す図である。

【0027】

【図5A】本開示の他の態様による調整可能な共振源の同軸の管状スリーブの半径方向横断面を示す図である。

【図5B】本開示の他の態様による調整可能な共振源の同軸の管状スリーブの長手方向横断面をそれぞれ示す図である。

【0028】

【図6】本開示の態様による図5A～図5Bに示された同軸の管状スリーブを含む、図2

10

20

30

40

50

で示す実現された調整可能な共振音源の図である。

【 0 0 2 9 】

【図 7】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブの位置を調整するためのリードねじおよび伝動機構を含む図 6 で示された調整可能な共振音源を含む調整可能な共振音システムの技術的な (e n g i n e e r i n g) 図である。

【 0 0 3 0 】

【図 8】本開示の態様による図 7 で示されたシステムの実現された調整可能な共振音システムの図である。

【 0 0 3 1 】

【図 9 A】本開示の態様による完全に閉じた構成における共振器スロットに対する調整可能な同軸の管状スリーブの配置を概略的に示す図である。

10

【 0 0 3 2 】

【図 9 B】本開示の態様による部分的に開いた構成における共振器スロットに対する調整可能な同軸の管状スリーブの配置を概略的に示す図である。

【 0 0 3 3 】

【図 1 0】本開示の態様による図 6 で示された調整可能な共振音源の有限要素解析に使用されるメッシュ構造を概略的に示す図である。

【 0 0 3 4 】

【図 1 1 A】本開示の態様による 5 0 0 H z で動作する図 6 で示された調整可能な共振音源の音圧レベルの軸対称近似における有限要素解析シミュレーションを図式的に示す図である。

20

【図 1 1 B】本開示の態様による 1 0 0 0 H z で動作する図 6 で示された調整可能な共振音源の音圧レベルの軸対称近似における有限要素解析シミュレーションを図式的に示す図である。

【 0 0 3 5 】

【図 1 2】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブにより、それぞれが完全に露出された共振器スロットを有する図 6 で示された調整可能な共振音源の音圧レベルの有限要素解析シミュレーションを図式的に示す図である。

【 0 0 3 6 】

【図 1 3】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示された音源の有限要素解析シミュレーションによる音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

30

【 0 0 3 7 】

【図 1 4 A】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 B】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 C】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

40

【図 1 4 D】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 E】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 F】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に

50

示す図である。

【図 1 4 G】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 H】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 I】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【図 1 4 J】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが共振器スロットに対して動いたときの、図 6 で示す音源から測定された音圧レベル対周波数のグラフを図式的に示す図である。

【 0 0 3 8 】

【図 1 5 A】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが移動して、共振器スロットを完全に開いたときの、図 6 で示された音源のアドミッタンス測定値の実数成分および虚数成分をそれぞれ図式的に示す図である。

【図 1 5 B】本開示の態様による調整可能な同軸の管状スリーブが移動して、共振器スロットを完全に露出させときの、図 6 で示された音源のアドミッタンス測定値の実数成分および虚数成分をそれぞれ図式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 9 】

調整可能な水中トランスデューサは、15 年にわたる動作の歴史において、特に優れた性能を示している。しかし、調整可能なトランスデューサを任意の波形に対して使用した場合には限界がある。それらは、周波数変調信号を送信できるに過ぎない。このような周波数変調信号の例は、チャープ信号および線形掃引信号を含んでもよい。二重共振オルガン管は、はるかに広い周波数帯域にわたって任意の波形の送信を行う。単一共振管と同様に、供給源はあらゆる深さで使用することができ、また複合材料から作られる場合、効率的であり、かつ非常に軽量である。二重共振オルガン管は、より大きな直径の管により囲まれた、一定周波数に調整された薄い壁を備える内側の共振器管を備える (Morozov 2014 年、米国特許第 8,670,293 号)。二重共振フリーフラッド管は、良好な性能を有し得るが、その帯域幅は、調整可能な周波数掃引プロジェクトによりカバーされる周波数範囲よりもはるかに小さい可能性がある。例えば、このようなトランスデューサの一態様は、500 Hz の中心周波数付近に約 34 Hz に過ぎない帯域幅を有している。このような狭帯域幅は、同じ直径を有し、かつ同じ球形音響ドライバを用いる管から作られる調整可能なオルガン管トランスデューサにより実際に達成された 500 Hz 帯域幅 (約 500 Hz ~ 約 1000 Hz の間) と比較することができる。

【 0 0 4 0 】

上記で開示されたように、このような調整可能な周波数音源は、約 140 Hz から約 205 Hz、約 20 Hz から約 300 Hz、約 500 Hz から約 1000 Hz、および約 800 Hz から約 1200 Hz の範囲にわたる音を放出するように構成し得る。したがって、調整可能な周波数音源は、約 140 Hz から約 1200 Hz の範囲に含まれる音を放出するように構成し得る。いくつかの非限定的な例では、調整可能な周波数音源は、約 140 Hz、約 160 Hz、約 180 Hz、約 200 Hz、約 205 Hz、約 220 Hz、約 240 Hz、約 260 Hz、約 280 Hz、約 300 Hz、約 400 Hz、約 500 Hz、約 600 Hz、約 800 Hz、約 900 Hz、約 1000 Hz、約 1100 Hz、約 1200 Hz、および端点を含む、それらの間の任意の値もしくは値の範囲の周波数で音を放出するように構成し得る。

【 0 0 4 1 】

広帯域の調整可能な共振器から構成されるシステムは、高精度の海洋学的トモグラフィ測

10

20

30

40

50

定およびナビゲーションを提供するのに有用であり得ることが理解されよう。上記で開示されたように、ローカルな二重共振システムを使用して、任意の信号送信を生成することができる。したがって、このような任意の音響信号を水中デジタル通信に対するベースとして使用し得ることが理解される。水中ナビゲーションに関して、ローカルな位置決めを決定するための調整可能な共振システム、および位置推定の精度を向上させるのに必要なパラメータを送信するための広帯域二重共振システムを有することが必要になり得ることが理解されよう。

【 0 0 4 2 】

したがって、(1) 正確な音響海洋トモグラフィを求めるための大きな周波数帯域をカバーでき、かつ、(2) 通信のために任意の信号を生成する能力を有する、ハイブリッドの水中音源は、望ましい多目的デバイスになることが理解できる。ハイブリッド・システムの合計される効果は、高精度のナビゲーション、海洋トモグラフィ機能、およびデジタル通信のサポートの組合せを含み得る。2つの機能を組み合わせることにより、単一のデバイスが、ナビゲーション情報およびトモグラフィ情報を求めることを可能にし、かつナビゲーション・ビーコン位置および識別、ならびに海洋特性の変動に関連する予測、に関するさらなるデータを送信できるようにする。このようなシステムは、時間遅延計算による位置と、放送衛星に関するさらなる情報とを共に提供する衛星GPSシステムと類似の機能を有し得る。組み合わせられた機能は、水中ナビゲーションの精度を劇的に高め得る。

【 0 0 4 3 】

いくつかの態様では、従来の調整可能なオルガン管音源(図1を参照のこと)は、基準信号の周波数および位相に一致させるために、共振器管(またはオルガン管)を機械的に調整することにより、周波数掃引信号を送信する。図2は、調整可能なオルガン管音源200の態様を概略的に示している。オルガン管音源200は、任意の海洋深さで動作する、簡単であり、効率的な狭帯域の中出力プロジェクタとして動作する共振器管210を備える。共振器管210は、同軸の管状スリーブ220を対称的に摺動させることにより、順次覆われる、または露出される共振器スロット215(または通気口)を有する。共振器管210は、同軸の管状スリーブ220のそれぞれの内部に配置される。調整可能なオルガン管音源200の出力周波数は、スリーブ位置と共に変化する。コンピュータ制御の電気機械式作動器が、円筒形のスリーブ220を共振器管210に沿って移動させる。さらに、音響ドライバ225を駆動する電圧および/または電流は、音響ドライバ225が、円筒形スリーブ220の位置により決定される共振周波数で音を出ることができるように、制御デバイス(例えば、位相ロックループ)により調整してもよい。このように、オルガン管音源200は、出力の共振を維持するために、音響ドライバ225の入力電圧を調整することにより、掃引周波数信号の範囲にわたり、瞬時周波数において共振状態に維持し得る。

【 0 0 4 4 】

オルガン管音源200の音は、体積速度音響ドライバ225により駆動し得る。いくつかの例では、音響ドライバ225は、圧電セラミック球2であってもよい。他の例では、音響ドライバ225は、トンビルツ(tonpilz)型圧電ドライバであってもよい。コンピュータは、駆動制御装置の1つまたは複数の構成要素により、音響ドライバ225を駆動するために、周波数変調信号を合成してもよい。いくつかの例では、駆動制御装置は、共振管における水中聴音機からの出力信号と、音響ドライバ225の入力信号との間の位相を比較してもよい。いくつかの例では、駆動制御装置は、位相ロックループ(PLL)システムを使用して、共振器管210の周波数を駆動信号の周波数と同じに維持してもよい。いくつかの例では、推定されるPLL精度は、3度の位相誤差よりも良好である。PLLシステムを使用することは、動作周波数帯域にわたり、一定のQファクタを有するオルガン管音源200の出力の高レートの周波数変化中に、わずかな誤差量を維持し得る。

【 0 0 4 5 】

図3A、図3Bは、デュアル周波数音システムで使用され得る共振器管210の技術的な図面を示す。いくつかの態様において、共振器管210は、例えば、アルミニウムなどの

10

20

30

40

50

金属から作られていてもよい。共振器管 210 は、第 1 の端部から第 2 の端部までの全長 305 によって規定され得る。共振器管 210 はまた、外径 310 および内径 315 により規定され得る。共振器管 210 はまた、共振器管 210 の全長 305 に沿って配置された 1 つまたは複数のスロット付き部分 320 a、b を含んでもよく、各スロット付き部分 320 a、b は、1 つまたは複数の共振器スロットを備える。いくつかの態様では、スロット付き部分の共振器スロットは、すべてコラジアル (co-radial) であってもよい。共振器スロットは、幅 322 a、b により規定され得る。スロット付き部分 320 a、b は、共振器管 210 を複数のセクションに分割してもよい。図 3 A は、2 つのスロット付き部分 320 a、b が示されている例を図示している。スロット付き部分は、共振器管 210 を、中間部分 340 と、2 つの末端部分 335 a、b へと分割し得る。中間部分 340 は、スロット付き部分 320 a、b の一方によりいずれかの側に規定され得る。第 1 の末端部分 335 a は、第 1 のスロット付き部分 320 a により、共振器管 210 の一方の側で第 1 の端部に規定され得る。第 2 の末端部分 335 b は、第 2 のスロット付き部分 320 a により、共振器管 210 の一方の側で第 2 の端部に規定され得る。中間部分 340 は、中間部分長さ 342 により規定することができ、また 2 つの末端部分 335、b の各々は、末端部分長さ 337 a、b によりそれぞれ規定され得る。

【0046】

図 3 B は、線 A - A で第 2 のスロット付き部分 320 b を通る図 3 A の共振器管 210 の横断面図を示している。図 3 B は、スロット付き部分 320 b を構成する 3 つのスロット 321 a ~ 321 c を示す。共振器スロット 321 a ~ 321 c のそれぞれは、スロット幅 322 b を有する。いくつかの例では、共振器スロット 321 a ~ 321 c は、コラジアルであってもよく、またスロット付き部分 320 b において共振器管 210 の回りに等しく配置されていてもよい。共振器スロット間には、ブリッジ 352 a ~ 352 c が存在していてもよい。図 3 A を参照すると、ブリッジ 352 a ~ 352 c は、第 2 の末端部分 335 b を共振器管 210 の中間部分 340 に接続し得る。スロット付き部分 320 a を通る同様の横断面が、図 3 B で示された複数のブリッジにより分離された複数の共振器スロットを示し得ることが理解されよう。さらにスロット付き部分 320 a を通る同様の横断面は、第 1 の末端部分 335 a を中間部分 340 に接続するように構成された複数のブリッジを示し得る。

【0047】

いくつかの例では、共振器管 210 は、約 52.5 インチの全長 305、約 8.94 インチの外径 310、および約 8.00 インチの内径 315 を有していてもよい。このような例では、共振器管 210 は、約 0.47 インチの厚さを有していてもよい。さらに、いくつかの例では、スロット付きセクション 320 a、b の各共振器スロット (例えば、第 2 のスロット付きセクション 320 b の共振器スロット 321 a ~ 321 c) は、約 2.0 インチの幅 322 a、b を有していてもよい。共振器管 210 の第 1 の末端部分 335 a は、第 1 のスロット付き部分 320 a の外側縁部により規定されてもよく、また第 1 の末端部分長さ 337 a を有していてもよい。同様に、共振器管 210 の第 2 の末端部分 335 b は、第 2 のスロット付き部分 320 b の外側縁部により規定されてもよく、また第 2 の末端部分長さ 337 b を有していてもよい。中間部分 340 は、第 1 の末端部分 335 a と第 2 の末端部分 335 b の間に配置された共振器管 210 の一部として規定されてもよい。いくつかの例では、第 1 の末端部分 335 a の長さ 337 a は、第 2 の末端部分 335 b の長さ 337 b と同じ長さであってもよい。いくつかの代替例では、第 1 の末端部分 335 a の長さ 337 a は、第 2 の末端部分 335 b の長さ 337 b とは異なってもよい。

【0048】

一例では、2 つの末端部分 335 a および 335 b のそれぞれの長さ 337 a および 337 b は、約 15.60 インチであってもよい。一例では、中間部分 340 の長さ 342 は、約 21.3 インチであってもよい。いくつかの例では、スロット付き部分の共振器スロットの幅 322 a、b は、約 2.0 インチであってもよい。各スロット付き部分における

10

20

30

40

50

共振器スロットの数は、図 3 B で示された 3 2 1 a ~ 3 2 1 c など、3 つの共振器スロットに限定されないことも理解されよう。例えば、スロット付き部分は、1 つの共振器スロット、2 つの共振器スロット、3 つの共振器スロット、4 つの共振器スロット、または本明細書で開示される機能を得ることのできる任意の数の共振器スロットを有していてもよい。複数の共振器スロットは、コラジアルであり、かつ共振器管 2 1 0 の長手方向軸回りに対称的に配置されていてもよく、もしくは、共振器管 2 1 0 の長手方向軸回りに非対称的に配置されていてもよい。ブリッジ 3 5 2 a ~ 3 5 2 c などの各ブリッジの長さは、共振器スロット（例えば、共振器スロット 3 2 1 a ~ 3 2 1 c）の数、配置、および長さにより決定され得る。例えば、各ブリッジ 3 5 2 a ~ 3 5 2 c は、約 1.5 インチの同じ幅を有していてもよい。1 つのスロット付き部分内の複数のブリッジは、すべて同じ幅を有していても、または異なる幅を有していてもよいことが理解されよう。さらに第 1 のスロット付き部分内の複数のブリッジは、第 2 のスロット付き部分内の複数のブリッジの厚さと同じ厚さ、または異なる厚さを有していてもよい。

10

【0049】

上記で開示された寸法に対する値は単なる例に過ぎず、したがって、共振器管 2 1 0 の代替の態様の寸法を限定することを意図するものではないことを理解されたい。例えば、共振器管 2 1 0 の外径 3 1 0 は、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 により決定されてもよい。例えば、外径 3 1 0 は、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の 0.20 倍の値と、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.50 倍の値の間の範囲であってもよい。共振器管の外径 3 1 0 の非限定的な例は、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.20 倍、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.25 倍、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.30 倍、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.35 倍、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.40 倍、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.45 倍、共振器管 2 1 0 の全長 3 0 5 の約 0.50 倍、または端点を含む、それらの間の任意の値もしくは値の範囲を含んでもよい。

20

【0050】

別の例では、共振器スロットの幅 3 2 2 a、b は、共振器管 2 1 0 の半径により決定されてもよい。例えば、共振器スロットの幅 3 2 2 a、b は、共振器管 2 1 0 の半径の 0.10 倍と共振器管 2 1 0 の半径の約 0.50 倍の値の間の範囲であってもよい。共振器スロットの幅 3 2 2 a、b の非限定的な例は、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.10 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.15 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.20 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.25 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.30 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.35 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.40 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.45 倍、共振器管 2 1 0 の半径の約 0.50 倍、または端点を含む、それらの間の任意の値もしくは値の範囲を含んでもよい。

30

【0051】

例えば、上記のように、端末部分 3 3 5 a、b の長さ 3 3 7 a、b は、同じであっても、異なってもよい。いくつかの代替例では、中間部分 3 4 0 の厚さは、端末部分 3 3 5 a、b の両方の厚さと同じであってもよい。いくつかの態様では、端末部分 3 3 5 a、b は、同じ厚さを有していてもよいが、中間部分 3 4 0 の厚さと異なってもよい。さらにいくつかの他の態様では、第 1 の端末部分 3 3 5 a は、第 2 の端末部分 3 3 5 b の厚さとは異なる厚さを有していてもよい。さらにいくつかのさらなる態様では、第 1 の端末部分 3 3 5 a、中間部分 3 4 0、および第 2 の端末部分 3 3 5 b のそれぞれは、他の部分の厚さと異なる厚さを有することができる。

40

【0052】

スロット付き部分 3 2 0 a、b の位置を考慮する上で、両端を開放させた管状のオルガン管の自然な高調波を考え得る。図 4 A および図 4 B は、それぞれ、オルガン管共振器 4 0 0 の第 1 の音響モードと第 2 の音響モードとを示している。オルガン管共振器 4 0 0 は、長さ 4 0 5 (1 で示される)、および直径 4 1 0 (d で示される) を有し得る。長さ 52.5 インチ、および直径 8 インチの寸法を有する共振器管 5 0 0 の場合、第 1 の高調波 f_1 は、海水中で約 500 Hz であり得る。同様に、第 2 の高調波 f_2 は、 f_1 の 3 倍、す

50

なわち、約 1 5 0 0 H z であり得る。

【 0 0 5 3 】

図 4 A は、第 1 の音響的高調波に対応する第 1 の共振波形 4 1 5 を示している。第 1 の共振波形 4 1 5 は、2 つの安定な節 4 1 7 a、b を有し、安定な節 4 1 7 a、b のそれぞれは、オルガン管共振器 4 0 0 の端部に位置することが観察できる。図 4 B は、第 2 の音響的高調波に対応する第 2 の共振波形 4 2 5 を示している。第 2 の共振波形 4 2 5 も 2 つの安定な節 4 2 7 a、b を有し、安定な節 4 2 7 a、b のそれぞれは、オルガン管共振器 4 0 0 の端部に位置することが観察できる。さらに第 2 の共振波形 4 2 5 は、内部節と表現することのできる第 2 の対の安定な節 4 3 7 a、b を有する。第 2 の対の安定な節のうち第 1 のもの 4 3 7 a は、共振器の第 1 の端部から共振器 4 0 0 の長さ 4 0 5 の約 1 / 3 の距離に位置し得る。第 2 の対の安定な節のうち第 2 のもの 4 3 7 b は、共振器の第 2 の端部から共振器管 4 0 0 の長さ 4 0 5 の約 1 / 3 の距離に位置し得る。

10

【 0 0 5 4 】

点線 4 2 0 a は、図 3 A における 3 2 0 a と等価な第 1 のスロット付き部分の位置を示し、また点線 4 2 0 b は、図 3 A における 3 2 0 b と等価な第 2 のスロット付き部分の位置を示している。したがって、スロット付き部分 3 2 0 a、b は、オルガン管共振器 4 0 0 の第 2 の高調波 f_2 の内部節 4 3 7 a、b に対応するように位置し得ることが理解されよう。一例では、第 1 のスロット付き部分 3 2 0 a の内側縁部は、第 1 の内部の安定な節 4 3 7 a の位置に対応してもよい。別の例では、第 2 のスロット付き部分 3 2 0 b の内側縁部は、第 2 の内部の安定な節 4 3 7 b の位置に対応してもよい。代替的に、第 1 のスロット付き部分 3 2 0 a の外側縁部が、第 1 の内部の安定な節 4 3 7 a の位置に対応し、また第 2 のスロット付き部分 3 2 0 b の外側縁部が、第 2 の内部の安定な節 4 3 7 b の位置に対応してもよい。

20

【 0 0 5 5 】

図 2 に関して上記で開示されたように、調整可能なオルガン管音源 2 0 0 は、共振器管 2 1 0 および複数の同軸の管状スリーブ 2 2 0 を含んでもよい。図 3 A、図 3 B は、共振器管 2 1 0 の態様を示している。図 5 A、図 5 B は、同軸の管状スリーブ 5 2 0 の態様を示している。図 5 A は、1 対の同軸の管状スリーブ 5 2 0 の一方の半径方向横断面図を示す。各同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、外径 5 1 0、内径 5 1 5、および長さ 5 0 5 を有していてもよい。同軸の管状スリーブ 5 2 0 はまた、1 つまたは複数のボルト孔 5 5 0 a ~ 5 5 0 d を含んでもよい。ボルト孔 5 5 0 a ~ 5 5 0 d は、1 つまたは複数の直線作動器を同軸の管状スリーブ 5 2 0 に固定するためのボルトを受け入れるように構成され得る。このような直線作動器は、1 つまたは複数の伝動機構に関連付けることができ、各伝動機構は、リードねじおよびモータを備える。いくつかの態様では、直線作動器は、その端部にホイールを有する金属棒を含んでもよい。各金属棒のホイールは、共振器管 2 1 0 の外側表面上で回転するように構成されてもよく、一方、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、共振器管 2 1 0 の長手方向軸に沿って変位される。限定することなく、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、共振器管 2 1 0 が、管状スリーブ 5 2 0 の内側に位置し得るような寸法であってもよい。

30

【 0 0 5 6 】

動作においては、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、1 つまたは複数の直線作動器により、共振器管 2 1 0 の外側表面上を摺動するように構成される。いくつかの例では、1 つまたは複数の直線作動器は、リードねじを備える伝動機構により動かされてもよい。いくつかの例では、リードねじは、電気的な動力源により電力が供給されたモータによって作動せられてもよい。さらにモータは、1 つまたは複数の電子的な制御装置により制御されてもよい。各同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、スロット付き部分 3 2 0 a、b の一方を覆う、または露出させるように設計される。調整可能なオルガン管音源 2 0 0 にあるスロット付き部分 3 2 0 a、b と同数の同軸の管状スリーブ 5 2 0 が存在することが理解されよう。いくつかの例では、2 つのスロット付き部分 3 2 0 a、b、および同軸の管状スリーブ 5 2 0 が存在してもよい。いくつかの他の例では、3 つのスロット付き部分 3 2 0 a、b、お

40

50

よび同軸の管状スリーブ 5 2 0 が存在してもよい。いくつかの他の例では、4つのスロット付き部分 3 2 0 a、b、および同軸の管状スリーブ 5 2 0 が存在してもよい。いくつかの態様では、偶数のスロット付き部分 3 2 0 a、b、および同軸の管状スリーブ 5 2 0 が存在してもよい。いくつかの例では、共振管 2 1 0 の中心に関して対称的に配置された偶数のスロット付き部分 3 2 0 a、b、および同軸の管状スリーブ 5 2 0 が存在してもよい。

【0057】

いくつかの態様では、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、1つまたは複数の直線作動器により、独立して作動させてもよい。いくつかの態様では、同軸の管状スリーブは、リードねじ伝動機構を介して1つの直線作動器により作動され、共振管の中心から対称的に反対方向に移動することができる。いくつかの態様では、第1の同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、第2の同軸の管状スリーブ 5 2 0 の方向とは反対の方向に摺動するように作動され得る。いくつかの態様では、第1の同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、第2の同軸の管状スリーブ 5 2 0 と同じ方向に摺動するように作動され得る。いくつかの態様では、複数の同軸の管状スリーブ 5 2 0 を、協動する直線作動器によって共に作動させ得る。いくつかの態様では、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、すべてが同じ距離だけ移動するように、すべてを協調させて移動させ得る。

【0058】

いくつかの例では、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、約 9 . 2 5 インチの長さ 5 0 5 を有していてもよい。いくつかの例では、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、約 1 0 . 0 インチの外径 5 1 0 を有していてもよい。いくつかの例では、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、約 8 . 9 7 6 インチの内径 5 1 5 を有していてもよい。いくつかの例では、内径 5 1 5 は、約 9 インチとであってもよい。このような例では、同軸の管状スリーブ 5 2 0 は、約 0 . 5 インチの厚さを有していてもよい。上記で開示されるように、調整可能なオルガン管音源 2 0 0 のいくつかの例では、共振器管 2 1 0 の外径は、約 8 . 9 4 インチであってもよい。同軸の管状スリーブ 5 2 0 の内径 5 1 5 が約 8 . 9 7 6 インチである場合、共振器管 2 1 0 の外側表面と、同軸の管状スリーブ 5 2 0 の内側表面との間に、約 0 . 0 1 8 インチ (約 0 . 4 5 mm) の間隙があってもよい。いくつかの他の例では、間隙は約 1 mm であってもよい。さらに他の例では、間隙は約 1 . 5 mm であってもよい。共振器管 2 1 0 の外側表面と、同軸の管状スリーブ 5 2 0 の内側表面との間の間隙は、調整可能なオルガン管音源 2 0 0 の機能に一致する任意の値を有することが理解されよう。いくつかの例では、間隙の値は、限定することなく、約 0 . 4 mm、約 0 . 4 5 mm、約 0 . 5 mm、約 0 . 6 mm、約 0 . 7 mm、約 0 . 8 mm、約 0 . 9 mm、約 1 . 0 mm、約 1 . 1 mm、約 1 . 2 mm、約 1 . 5 mm、約 1 . 7 5 mm、約 2 . 0 mm、約 2 . 5 mm、約 3 . 0 mm の値を含む約 0 . 4 mm と約 3 . 0 mm の間、または端点を含む、それらの間の任意の値もしくは値の範囲であってもよい。いくつかの例では、間隙は、限定することなく、約 1 . 0 mm、約 1 . 5 mm、約 2 . 0 mm、約 2 . 5 mm、約 3 . 0 mm、約 3 . 5 mm、約 4 . 0 mm、約 4 . 5 mm、約 5 . 0 mm を含む約 1 . 0 mm と約 5 . 0 mm の間、または端点を含む、それらの間の任意の値もしくは値の範囲の寸法を有していてもよい。

【0059】

調整可能なオルガン管音源 2 0 0 を水中に入れたとき、水が、共振器管 2 1 0 の内側の少なくとも一部を満たし得ることが理解されよう。共振器管 2 1 0 の内側の少なくとも一部内に入った水は、スロット付きセクション 3 2 0 a、b における水、および共振器管 2 1 0 の外側表面と、同軸の管状スリーブ 5 2 0 の内側表面との間の間隙を満たしている水を介して、オルガン管音源 2 0 0 の外側にある自由な水と流体連通状態にあり得る。

【0060】

図 6 は、転がるジャッキ・スタンド上に置かれた共振器管および2つの同軸の管状スリーブを含む調整可能なオルガン管音源を実現したものを示す。

【0061】

図 7 は、水中音システム 7 0 0 の一態様の概念図である。音システムは、オルガン管音源 7 0 5、伝動機構組立体 7 5 0、および深い水中用圧力ハウジング 7 6 0 によって構成さ

10

20

30

40

50

れ得る。オルガン管音源 705 は、1 対の同軸の管状スリーブ 730 a、b 内に配置された共振器管 710 を含み得る。共振器管 710 は、2 つのスロット付き部分 720 a、b により、第 1 の末端部分 712 a（共振器管 710 の第 1 の端部と、第 1 のスロット付き部分 720 a の第 1 の縁部とにより境界が示される）と、第 2 の末端部分 712 b（共振器管 710 の第 2 の端部と、第 2 のスロット付き部分 720 a の第 1 の縁部とにより境界が示される）と、中間部分 714（第 1 のスロット付き部分 720 a の第 2 の縁部と、第 2 のスロット付き部分 720 b の第 2 の縁部とにより境界が示される）と、に分割され得る。例として、第 1 のスロット付き部分 720 a は、1 つまたは複数のスロット 722 a および 1 つまたは複数のブリッジ 724 a から構成される。1 つまたは複数のブリッジ 724 a は、1 つまたは複数の共振器スロット 722 a の端部境界を形成し、かつ第 1 の末端部分 712 a を、中間部分 714 と機械的に連結するように構成される。第 1 のスロット付き部分 720 a が、複数のスロット 722 a から構成される場合、複数のスロット 722 a は、コラジアルであり得る。第 2 のスロット付き部分 720 b は、1 つまたは複数の共振器スロット 722 b、および 1 つまたは複数のブリッジ 724 b から構成されることが理解されよう。1 つまたは複数のブリッジ 724 b は、1 つまたは複数の共振器スロット 722 b の端部境界を形成し、かつ第 2 の末端部分 712 b を中間部分 714 と機械的に連結するように構成される。第 2 のスロット付き部分 720 b が、複数のスロット 722 b から構成される場合、複数のスロット 722 b は、コラジアルであり得る。同軸の管状スリーブ 730 a、b のそれぞれは、共振器管 710 の外側表面上を摺動し、かつスロット付き部分 720 a、b のそれぞれの一方を摺動可能に塞ぐように構成される。

10

20

【0062】

伝動機構組立体 750 は、リードねじ 754 を回転させるように構成されたモータ 752 を含み得る。リードねじ 754 の回転は、スリーブ・ブラケット 756 a、b を直線運動させ得る。スリーブ・ブラケット 756 a の直線運動は、同軸の管状スリーブ 730 a を共振器管 710 の外側表面に沿って摺動させ、かつスロット付き部分 720 a を覆う、または露出させ得る。スリーブ・ブラケット 756 b の直線運動は、同軸の管状スリーブ 730 b を共振器管 710 の外側表面に沿って摺動させ、かつスロット付き部分 720 b を覆う、または露出させ得る。いくつかの態様では、スリーブ・ブラケット 756 a、b の運動を協調させて、反対方向に対称的に動かしてもよい。図 7 では示されていないが、リードねじ 754 または伝動機構は、水中に沈められとき、リードねじ 754 を腐食から保護するためにオイルで満たされた 1 つまたは複数のゴムのベローズで覆ってもよい。

30

【0063】

深い水中用圧力ハウジング 760 は、伝動機構組立体 750 および / またはオルガン管音源 705 に対する機械的な取付け構造として働き得る。深い水中用圧力ハウジング 760 はまた、モータ 752 用の電源、電子制御組立体、汎用コンピュータ・システム、および通信システムを含む様々な構成要素を収容し得る。電子制御組立体は、モータ回転の方向、ならびにモータ回転の速度および加速度を含む、モータ 752 の運動を制御するように構成された電子構成要素を含み得る。汎用コンピュータ・システムは、限定することなく、1 つまたは複数のプロセッサもしくはマイクロプロセッサ、1 つまたは複数のメモリ構成要素（限定することなく、1 つまたは複数のスタティックもしくはダイナミックメモリ構成要素を含む）、および 1 つまたは複数のインターフェース構成要素を含むことのできる任意の 1 つまたは複数の構成要素を含み得る。メモリ構成要素は、プロセッサもしくはマイクロプロセッサにより実行されたとき、プロセッサもしくはマイクロプロセッサに、水中音システム 700 の動作に関するパラメータを計算させる命令を含み得る。命令はまた、プロセッサもしくはマイクロプロセッサが、限定することなく、制御システムを介して同軸の管状スリーブ 730 a、b の位置を調整し、かつ制御可能な音響ドライバの出力周波数を調整するようにモータに指示することを含む、水中音システム 700 の構成要素の動作を指示できるようにしてもよい。インターフェース構成要素はまた、1 つまたは複数のプロセッサもしくはマイクロプロセッサが、通信システムを介してデータを送信し、かつ / または受信できるようにしてもよい。

40

50

【 0 0 6 4 】

図 8 は、図 7 で示された水中音システム 8 0 0 を実現したものを示している。図 8 で示された構成要素は、深い水中用圧力ハウジング 8 6 0、作動器モータ 8 5 2、共振器管の中間部分 8 1 4 および 2 つの末端部分 8 1 2 a、b、ならびに同軸の管状スリーブ 8 3 0 a、b である。図 8 はまた、同軸の管状スリーブ 8 3 0 a、b と機械的に関連付けられたホイールの付いたスタビライザ・バー 8 7 0 を示している。スタビライザ・バー 8 7 0 は、共振器管の外側表面上のスライドとして、同軸の管状スリーブ 8 3 0 a、b の運動を安定化させるのに役立ち得る。特にそれは、同軸の管状スリーブ 8 3 0 a、b の一方の縁部が、スロット付き部分における共振器スロットの縁部にひっかかるのを阻止し得る。

【 0 0 6 5 】

図 9 A は、同軸の管状スリーブ 9 2 0 a がスロット付き部分 9 2 1 を完全に覆った第 1 の構成 9 0 5 a におけるオルガン管音源を示している。図 9 B は、同軸の管状スリーブ 9 2 0 b がスロット付き部分 9 2 1 を完全に露出させた第 2 の構成 9 0 5 b におけるオルガン管音源を示している。第 1 の構成 9 0 5 a では、同軸の管状スリーブ 9 2 0 a は、スロット付き部分 9 2 1 を完全に覆っている。活動化すると、駆動発振器 9 2 5 は、振動する圧力による力を共振器管の内側 9 3 2 にある水に加える。圧力による力は、主として、管の端部で共振器管の外側に伝達される。しかし、圧力による力の何らかの量は、共振器スロット 9 2 2 を介して、かつ同軸の管状スリーブ 9 2 0 a の内側表面と、共振器管 9 1 0 の外側表面との間の間隙 9 3 4 を通って、共振器管の外側に伝達される。間隙 9 3 4 は、共振器スロット 9 2 2 の中心から同軸スリーブ 9 2 0 a、b のより近い端部まで測定された長さ 9 3 6 を有し得る。2 つの面に対する水の表面張力に起因して、間隙 9 3 4 における水は、共振器管 9 1 0 の外側への高インピーダンスの音響経路を示すことが理解されよう。共振器管 9 1 0 の内側 9 3 2 における水の圧力による力に対する主な経路は、低い音響インピーダンスの共振器管 9 1 0 端部を通るものであるため、水の振動は、主として、共振器管 9 1 0 の第 1 の共振周波数におけるものである。

【 0 0 6 6 】

図 9 B で示すように、同軸の管状スリーブ 9 2 0 b は、共振器スロット 9 2 2 を完全に露出させるように構成される。その結果、共振器スロット 9 2 2 は、共振器管の外側の水に対する直接かつ低インピーダンスの経路を提示する。共振器スロット 9 2 2 は、共振器管のほぼ第 2 の共振周波数の内部節に位置するので、共振器管は第 2 の共振周波数における音波を放出する。共振器スロット 9 2 2 に対する同軸の管状スリーブ 9 2 0 a、b の動きにより、間隙 9 3 4 の長さ 9 3 6 に変化が生ずることが理解されよう。理論に拘束されることなく、同軸の管状スリーブ 9 2 0 a、b の動きは、したがって、間隙 9 3 4 の長さ 9 3 6 を変化させるため、間隙 9 3 4 を介する音響インピーダンス結合を変化させることが理解されよう。このインピーダンス結合は、共振器スロット 9 2 2 およびスロット付き部分 9 2 1 が完全に覆われた構成 9 0 5 a において最大になる。このインピーダンス結合は、共振器スロット 9 2 2 およびスロット付き部分 9 2 1 を完全に露出させた状態の構成 9 0 5 b において最小になる。

【 0 0 6 7 】

概ね図 2、図 3 A、図 3 B、図 5 A、および図 5 B において上記で開示されたようなオルガン管音源の出力を求めるために、有限要素解析シミュレーションが計算されている。このシミュレーションの目的で、表 1 は、計算に使用されたオルガン管構成を表示している。

10

20

30

40

【表 1】

オルガン管構成要素	尺度	値
共振器管:	全長	52.5"
	中間部分長さ	21.3"
	端末部分長さ (共に同一)	15.6"
	内径 (すべての部分)	8.00"
	外径 (端末部分)	8.94"
	外径 (中間部分)	8.7"
	スロット数 (半径方向に対称)	3
	共振器スロット幅	2.00"
	ブリッジ数 (半径方向に対称)	3
同軸スリーブ	ブリッジ幅	1.56"
	全長	9.25"
	内径	9.04'
	外径	10.00'
管/スリーブ	管/スリーブ間隙 (中間部分で)	0.12"

シミュレーションの具体的な結果は、計算で使用された寸法（表 1 を参照のこと）を反映することができるが、シミュレーションの結果の解析は、上記で開示されたものに対する任意の 1 つまたは複数の代替寸法を有するオルガン管音源へと一般化され得ることを理解されたい。

【 0 0 6 8 】

図 1 0 は、上記の表 1 で開示された寸法を有するオルガン管音源の音圧出力を計算するために使用される有限要素解析（F E A）メッシュを示す。オルガン管音源は軸方向に対称であるので、2 次元の軸対称シミュレーションが行われた。図 1 0 で示されるように、オルガン管音源の中心（x / y 座標で 0 / 0 に相当する）は、共振器管の 2 つの端部のそれぞれから等しくオフセットされており、共振器管の中心の長手方向軸に沿って位置する。X 軸および Y 軸は、音源の中心からメートル単位でラベル付けされる。シミュレーションは、同軸スリーブが、共振器スロットを完全に覆う位置から、共振器スロットを完全に露出させる位置まで、摺動可能に移動されたときの同軸スリーブの位置に対応するステップで実施された。最初は、各同軸スリーブは、同軸スリーブの長手方向中心が、スロット付き部分の各中心の上に直接位置決めされるように配置された。各スリーブは、次いで、2 c m の増分で、共振器管の各端末の端部へと摺動可能に移動された。スリーブは、シミュレーション中、対称的に移動された。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 A および図 1 1 B は、同軸スリーブにより完全に覆われた共振器スロットを有するオルガン管音源に対する F E A シミュレーション結果（図 1 1 A）と、同軸スリーブによ

り完全に露出された共振器スロットを有するオルガン管音源に対する F E A シミュレーション結果 (図 1 1 B) とを示す。図 1 1 A では、共振器スロットが完全に閉じたときの約 5 0 0 H z の初期周波数における音圧レベル (S P L) が d B で示されており、図 1 1 B では、共振器スロットが完全に開いたときの最終周波数における音圧レベル (S P L) が d B で示されている。最初に、共振器スロットが同軸スリーブによって覆われたとき、管は、約 5 0 0 H z で半波長共振器として動作し、開放された端末の端部を介して音を放出した。共振器スロットが露出されたとき、音源は、4 素子アレイと同様に動作し、端末の端部から、ならびに開放された共振器スロットを介して音を放出する。完全に覆われた状態から、完全に露出された状態への移行は、周波数応答における急激な変化を生ずることなく、滑らかに行われる。指向性パターンはまた、すべての周波数範囲において、水平方向にほぼ 9 0 度のままである。図 1 2 は、完全に露出された共振器スロットを有する共振器管に対して F E A シミュレーションにより生成された絶対圧力 (P a) 等高線の別のグラフを示す (約 1 0 6 3 H z の周波数) 。

【 0 0 7 0 】

共振器スロットは、共振器管縁部から約 1 / 3 の距離に対称的に位置しており、そこで、共振器管の第 2 の高調波は内部の節を有する。シミュレーションによれば、共振器スロットに対する同軸スリーブの動きは、第 2 の高調波周波数に対してわずかな影響を有するはずである。さらに、第 1 の高調波の共振周波数は、第 2 の高調波の共振周波数に向けて移動され得る。同軸スリーブのシフトに対する音システムの周波数応答の組である挙動が、図 1 3 で示されている。これらのシミュレーションにおいて、スリーブ長さは 9 . 5 インチ (2 4 c m) であり、第 1 の構成 (図 9 A で示すように、スロット付き部分が完全に覆われた状態) から第 2 の構成 (図 9 B で示すように、スロット付き部分が完全に露出された状態) へとシフトされた。周波数応答は、2 つの同軸の管に関して 1 c m の対称的なシフトについて計算された。第 1 の共振 (第 1 の高調波) は、約 5 0 0 H z から約 1 0 5 0 H z へと変化するが、第 2 の共振 (第 2 の高調波) は、約 1 2 5 0 H z から約 1 4 0 0 H z へと変換し、それは、共振ピーク間における約 1 2 % の変化に対応するに過ぎず、圧力レベルの振幅は 1 0 倍を超えて低下する (- 2 0 d B) ことが観察され得る。理論に拘束されることなく、第 1 の高調波の共振周波数における変化は、管の内側における水と、間隙中の水を介する外側との間の音響的結合の変化に起因する可能性がある。図 9 A、図 9 B を参照して上記で開示されたように、間隙の長さが減少するにつれて、それらを介する音響インピーダンス結合は減少する。

【 0 0 7 1 】

したがって、シミュレーションによれば、調整可能なオルガン管音システムは、第 1 の高調波と第 2 の高調波に対応する 2 つの共振間に広帯域の周波数領域を生成できる可能性のあることが示される。この手法は、B . L . F a n n i n g および G . W . M c M a h o n に付与された、「V e n t e d - P i p e P r o j e c t o r」と題する特許、米国特許第 4 , 8 5 5 , 9 6 4 号で述べられている。

【 0 0 7 2 】

オルガン管音源の周波数帯域を、その範囲の高周波数端において拡大するために、実験的な作業が開始された。表 1 において、上記で開示されたものと実質的に同じ寸法を有する試験機器の音響出力に関して測定が行われた。図 1 4 A ~ 図 1 4 J は、共振器スロットが完全に覆われている初期構成 (同軸スリーブの中心が最初は共振器スロットの中心上に位置する) から、同軸スリーブを、同調させて、2 c m の増分で対称的に移動させたときの試験デバイスの音響出力の振幅に対する周波数の測定である。

【 0 0 7 3 】

第 1 の高調波の共振周波数は、図 1 3 (シミュレーション値) で示されたものと同様に、同軸スリーブが移動すると増加することが観察され得る。しかし、第 1 の高調波の共振周波数が、約 8 7 4 . 3 7 1 8 9 H z (図 1 4 G) の値に達したとき、第 2 の共振が出現し始める。図 1 4 G で示される二重共振は、同軸スリーブの各々が、1 2 c m 変位した後に生ずる。同軸スリーブ (全長 9 . 2 5 インチ、すなわち、約 2 3 . 5 c m) の中心が、最

10

20

30

40

50

初に共振器スロット（幅が約2インチ、すなわち、約5 cm）の中心に位置する場合、第2の共振のピークは、同軸スリーブの縁部が共振器スロットの約2.75 cmを露出させたときに観察される。この結果は、二重共振の第1の高調波ピークが観察されない図13で示されたシミュレーションを考慮すると驚くべきことであり、予想外のことである。図14 G ~ 図14 Jを参照すると、二重共振特性の第2のピークは、B. L. Fanning および G. W. McMahon において開示された第2の高調波モードに関連する周波数に対応していないことが観察される。図14 G ~ 図14 Jで示された二重共振の音響放出は、共振器スロットの幅と、同軸スリーブにより露出された共振器スロットの量に関連するように見える。例えば、共振器スロット幅が、管の軸に沿った幅よりもはるかに大きく、共振器スロットが広く開いている（例えば、2インチを超える）場合、複数の共振が出現する。例えば、一態様では、共振器スロットの幅を、共振器管の内径の半径の約1/2となるように形成することができる。

【0074】

図14 A ~ 図14 Jにおける実験的結果と、図13におけるシミュレーション結果との間のさらなる差は、より高い値への第2の高調波共振のシフトの明確な表示である。システムの初期構成では（図14 A）、第2の高調波のピークが、グラフの右側で明確に見ることができる。しかし、同軸スリーブが共振器スロットに対して移動するにつれて（図14 A ~ 図14 Fに進行すると）、第2の高調波のピークは、ピークのすそ部のわずかな部分だけが図14 Fで観察されるまで、高い周波数へと移動する。この挙動は、図13で示されたシミュレーションでは予測されていないため、驚くべきことである。同様に、この挙動は、第1の高調波の周波数のピークを、第2の高調波の周波数ピークの任意の近くに存在するように調整され得ることを示唆したB. L. Fanning および G. W. McMahonにより予想されていない。

【0075】

理論により拘束されることなく、第1の高調波に関連する複数の共振ピークに対する説明は、以下のように考えることができる。同軸スリーブが、広い（すなわち、約2インチもしくはそれよりも広い）幅を有する共振器スロットの少なくとも主要部分を覆うように配置されたとき、共振器管は共振器管の2つの末端部分と中間部分とが、強力に音響的に結合された単一の共振器として動作する。しかし、同軸スリーブが、共振器スロットの半分以上を露出させるように配置された後、3つの管部分（2つの末端部分および中間部分）の間の結合はかなり弱くなり、その部分が独立した共振器として動作し始める。本シミュレーションは、共振器管の内側および間隙にある水を含む、水を介した音響結合を考慮するだけであり、金属ブリッジを介する管部分の間の音響結合を含まないため、本シミュレーションは、この効果を予測していないことが示唆され得る。

【0076】

再度、理論により拘束されることなく、図14 G ~ 図14 Jで示された2つの第1の高調波の共振ピークは、中間部分および2つの末端部分の独立した共振に起因するものと考えられる。2つの末端部分が、等しい管長さを有し、かつ中間部分の長さは2つの末端部分の長さとは異なる例では、第1の高調波の共振は、2つの共振ピークへと分割され得る。周波数の差は、管部分の長さの相対的な差に関連する可能性がある。管部分が、すなわち、第1の末端部分、中間部分、および第2の末端部分が、共通の管長さを有しない場合、3つの第1の高調波の共振ピークが、オルガン管音源により生成される可能性のあることが示唆され得る。

【0077】

加えて、第1の高調波における周波数はまた、部分を構成する管の相対的な厚さに依存する可能性がある。例えば、共振器管の部分の任意の1つまたは複数のものは、共振器管の内径の半径の約1/8の壁厚を有することができる。異なる管の厚さで共振器管部分を製作することによって、第1の高調波における複数の周波数に対してさらなる調整を得ることもできる。複数の第1の高調波の周波数を、動作周波数帯域にわたって非常にわずかな振幅変動で互いに近接して調整できることが理解されよう。

【 0 0 7 8 】

図 1 4 A ~ 図 1 4 J に関して上記で示した結果は、その範囲の高周波数端部における共振器管の周波数応答により規定され得る広帯域出力を備えた調整可能な音源を製作するための簡単な方法を提案している。上記で開示されたオルガン管音源は、第 1 の高調波の二重共振を生成できるが、同じ手法を使用して、三重もしくはそれを超える広帯域の共振音源を製作することができる。

【 0 0 7 9 】

図 1 5 A および図 1 5 B は、スロット付き部分の共振器スロットが、同軸スリーブにより完全に露出された、上記で開示された調整可能なオルガン管音源のアドミッタンスの実数成分および虚数成分をそれぞれ示している。この構成における調整可能なオルガン管音源は、したがって、共振器管の周波数応答により規定される出力を有する広帯域音源として動作し得る。図 1 5 A で示されるように、共振器管の周波数応答は、第 1 の共振周波数および第 2 の共振周波数により規定された二重の共振伝達関数から構成され得る。この構成における音源の出力は、共にほぼ同じ振幅を有する二重共振周波数 (1 5 0 5 および 1 5 1 0) を有することが観察され得る。図 1 5 A で示される例では、より高い周波数共振ピーク 1 5 0 5 は、約 9 4 0 H z の周波数を有し、またより低い周波数共振ピーク 1 5 1 0 は、約 8 9 0 H z の周波数を有する。2 つの共振は、共振管の (約 5 0 0 H z における) 第 1 の高調波と、 (約 1 5 0 0 H z における) 第 2 の高調波の間に配置され得る。第 1 の共振ピーク 1 5 0 5 および第 2 の共振ピーク 1 5 1 0 は、1 つまたは複数の情報を含む信号を水中で送信するための通信帯域幅 1 5 3 0 を規定し得る。非限定的な例として、通信帯域幅 1 5 3 0 は、約 1 0 0 H z であってもよく、また約 8 4 5 H z の下限 1 5 2 5 と約 9 5 5 H z の上限 1 5 2 0 の間にありかつ約 9 1 5 H z の中間周波数 1 5 1 5 に中心がある周波数を含んでもよい。いくつかの態様では、中間周波数 1 5 1 5 は、第 1 の共振ピーク 1 5 0 5 の周波数と、第 2 の共振ピーク 1 5 1 0 の周波数との平均であってもよい。概して、通信帯域幅 1 5 3 0 は、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 0 % から約 1 5 % の周波数を有するように選択されてもよい。いくつかの非限定的な例では、通信帯域幅は、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 0 % 、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 1 % 、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 2 % 、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 3 % 、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 4 % 、中間周波数 1 5 1 5 の約 1 5 % の周波数、または端点を含む、それらの間の任意のこのようなパーセンテージもしくはパーセンテージの範囲の周波数を有してもよい。この帯域幅は、正確な水中位置決めサポートを行うための長距離水中通信システムに対して十分なものであり得る。

【 0 0 8 0 】

図 1 5 B は、スロット付き部分の共振器スロットが、同軸スリーブにより完全に露出されている、上記で開示された調整可能なオルガン管音源の虚数成分または位相に関連する成分を示す。測定された周波数範囲にわたり、広帯域モードで動作しているオルガン管の特徴的な共振周波数に対応する 2 つの共振ピーク (1 5 0 5 および 1 5 1 0) に相当する周波数において、位相変動がほとんど観察されないことに留意されたい。

【 0 0 8 1 】

広帯域のオルガン管音源は、上記で開示されたように、単に、共振管、音響ドライバ、および音響ドライバ制御装置から構成され得ることが理解されよう。このようなデバイスは、帯域幅の広い範囲内で任意の音響信号を供給する単一の信号送信モードで動作することができる。

【 0 0 8 2 】

第 2 の、調整可能なオルガン管音源は、同軸の管状スリーブ内に配置された広帯域のオルガン管音源から構成され得る。このようなデバイスは、2 つの信号送信モードで動作し得る。第 1 のモードで動作するとき、スロット付き部分は、共振出力周波数を選択するために、共振管の外側表面に沿って摺動できる同軸の管状スリーブで覆われてもよい。音響ドライバの制御装置は、同軸の管状スリーブの位置によって決まる共振出力周波数に一致するように、音響ドライバの周波数出力を制御してもよい。この第 1 のモードでは、調整可能なオルガン管音源は、単一の周波数パルス、風波数変調パルス、チャープ、または線形

10

20

30

40

50

掃引周波数信号を送信するようにプログラムされ得る。このような信号は、水中のトモグラフィ測定に有用であり得る。第2の信号送信モードで動作するとき、同軸の管状スリーブは、共振管のスロット付き部分のスロットを開く位置で固定され得る。この構成では、調整可能なオルガン管音源は、上記で開示された広帯域のオルガン管音源と同様に機能し得る。

【0083】

本明細書の全体を通して「様々な実施形態」、「いくつかの実施形態」、「一実施形態」、「実施形態」、「一態様」、「態様」、または同様のものに対する参照は、その実施形態に関して述べられた特定の機能、構造、または特性が、少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書を通していくつかの場所で、「様々な実施形態で」、「いくつかの実施形態で」、「一実施形態で」、もしくは「実施形態で」、または同様の句の出現は、必ずしもすべて同じ実施形態を参照するものではない。さらに、特定の機能、構造、または特徴は、1つまたは複数の態様において、任意の適切な方法で組み合わられてもよい。さらに、特定の機能、構造、または特徴は、1つまたは複数の実施形態において、任意の適切な方法で組み合わせられてもよい。したがって、1つの実施形態に関して示された、または述べられた特定の機能、構造、または特徴は、限定することなく、1つまたは複数の他の実施形態の機能、構造、または特徴と、全体的もしくは部分的に、組み合わせられてもよい。このような修正形態および変形形態を本発明の範囲に含めるように意図されている。

【0084】

前の記述で、様々な細部が述べられてきたが、本開示の様々な態様は、これらの特有の細部なしに実施できることが理解されよう。例えば、簡潔および明確にするために、選択された態様は、詳細にはなく、ブロック図形式で示されている。本明細書で提供される詳細な説明のいくつかの部分は、コンピュータ・メモリに記憶されているデータに対して動作する命令により提示され得る。このような説明および表現は、当業者により、その作業の内容を他の当業者に説明し、かつ伝えるために使用される。

【0085】

前述の論議から明らかなように、別段の指定のない限り、前の記述を通して、「処理する」、「計算する (computing)」、「計算する (calculating)」、「決定する」、「表示する」、または同様のものなどの用語を用いる論議は、コンピュータ・システムのレジスタおよびメモリ内の物理的 (電子的) な量として表されるデータを、コンピュータ・システムのメモリもしくはレジスタ、または他のこのような情報記憶、送信、もしくは表示デバイス内の物理量として同様に表される他のデータへと操作し、かつ変換するコンピュータ・システム、または同様の電子的なコンピューティング・デバイスの動作およびプロセスを指すものと理解される。

【0086】

様々な実施形態が本明細書で述べられてきたが、これらの実施形態に対する多くの修正、変形、置換え、変更、および均等化を実施してもよく、かつ当業者により想到されよう。さらに、いくつかの構成要素に対して材料が開示される場合、他の材料が使用されてもよい。したがって、前の説明および添付の特許請求の範囲は、このような修正および変形のすべてを、開示される実施形態の範囲に含むものとして包含するように意図されていることを理解されたい。添付の特許請求の範囲は、このような修正および変形のすべてを含むように意図されている。

【0087】

本明細書で述べられた実施形態のうちのいくつか、またはすべては、概して、様々な態様に対する技術を含む、あるいは本明細書で述べられた技術によってもよい。一般的な意味において、当業者であれば、広範囲なハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組合せにより、個々に、かつ/または集合的に実施され得る本明細書で述べられた様々な態様は、様々なタイプの「電気回路」から構成されるものと見ることができると理解されよう。したがって、本明細書で使用される場合、「電気回路」は

10

20

30

40

50

、これだけに限らないが、少なくとも1つの個別の電気回路を有する電気回路、少なくとも1つの集積回路を有する電気回路、少なくとも1つの特定用途向け集積回路を有する電気回路、コンピュータ・プログラムにより構成された汎用コンピューティング・デバイス（例えば、本明細書で述べられたプロセスおよび/またはデバイスを少なくとも部分的に実行するコンピュータ・プログラムにより構成される汎用コンピュータ、または本明細書で述べられたプロセスおよび/またはデバイスを少なくとも部分的に実行するコンピュータ・プログラムにより構成されたマイクロプロセッサなど）を形成する電気回路、メモリデバイス（例えば、ランダムアクセス・メモリの形態など）を形成する電気回路、および/または通信デバイス（例えば、モデム、通信スイッチ、または光電機器など）を形成する電気回路を含む。当業者であれば、本明細書で述べられる主題は、アナログもしくはデジタル的に、またはその何らかの組合せで実施できることが理解されよう。

10

【0088】

前の詳細な記述は、ブロック図、フローチャート、および/または例を使用することによって、デバイスおよび/またはプロセスの様々な実施形態を記載している。このようなブロック図、フローチャート、および/または例が、1つまたは複数の機能および/または動作を含む限りにおいて、このようなブロック図、フローチャート、または例に含まれる各機能および/または動作は、広範囲なハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、または実質的にそれらの任意の組合せにより、個々に、かつ/または集合的に実施され得ることが当業者には理解されよう。一実施形態では、本明細書で述べられる主題のいくつかの部分は、特定用途向け集積回路（ASIC）、書替え可能ゲートアレイ（FPGA）、デジタル信号プロセッサ（DSP）、または他の集積された形式により実施され得る。しかし、当業者であれば、本明細書で開示された実施形態のいくつかの態様は、全体的に、または部分的に、1つまたは複数のコンピュータで動作する1つまたは複数のコンピュータ・プログラムとして（例えば、1つまたは複数のコンピュータ・システムで動作する1つまたは複数のプログラムとして）、1つまたは複数のプロセッサで動作する1つまたは複数のプログラムとして（例えば、1つまたは複数のマイクロプロセッサで動作する1つまたは複数のプログラムとして）、ファームウェアとして、または実質的にそれらの任意の組合せとして、集積回路において等価的に実施できること、かつ回路を設計し、かつ/またはソフトウェアおよび/またはファームウェアに対するコードを記述することは、この開示を考慮すれば、当業者の技術に十分含まれるはずであることを理解されよう。さらに当業者であれば、本明細書で述べられる主題の機構は、様々な形態のプログラム製品として配布できること、および本明細書で述べられる主題の例示的な実施形態は、配布を実際に実行するために使用される特定タイプの信号担持媒体にかかわらず適用されることが理解されよう。信号担持媒体の例は、これだけに限らないが、以下のものを含む、すなわち、フロッピーディスク、ハードディスク・ドライブ、コンパクトディスク（CD）、デジタルビデオディスク（DVD）、デジタルテープ、コンピュータ・メモリなどの記録可能タイプの媒体、ならびにデジタルおよび/またはアナログ通信媒体（例えば、光ファイバ・ケーブル、導波管、有線通信リンク、無線通信リンク（例えば、送信機、受信機、送信論理、受信論理など）など）などの送信タイプの媒体を含む。

20

30

【0089】

本明細書で参照され、かつ/またはいずれかの出願データ・シートにリストされた、上記で述べられた米国特許、米国特許出願公開、米国特許出願、外国特許、外国特許出願、非特許刊行物のすべて、または任意の他の開示資料は、本明細書と矛盾しない範囲で、参照により本明細書に組み込まれる。したがって、必要に応じて、本明細書で明示的に記載された開示は、本明細書に参照により組み込まれたいずれかの競合資料に取って代わるものである。本明細書に参照により組み込まれると述べたが、既存の定義、記述、または本明細書に記載の他の開示資料と競合する任意の資料もしくはその部分は、組み込まれた資料と既存の開示資料の間に競合が生じない程度に組み込まれるに過ぎない。

40

【0090】

当業者であれば、本明細書で述べられる構成要素（例えば、動作など）、デバイス、目的

50

、およびそれらに伴う論議は、概念的な明確さのための例として使用されること、および様々な構成の修正が企図されることが理解されよう。したがって、本明細書で使用される場合、記載される特定の類例、および付随する論議は、それらのより一般的なクラスを表すように意図されている。概して、任意の特定の類例を使用することは、そのクラスを表すように意図されており、特定の構成要素（例えば、動作など）、デバイス、および目的を含めないことは、限定と解釈されるべきではない。

【0091】

本明細書において、実質的に任意の複数および/単数の用語を使用することに関して、当業者であれば、コンテキストおよび/または用途に合わせて適切に、複数から単数に、かつ/または単数から複数に変換することができる。様々な単数/複数の置換えは、分かりやすくするために、本明細書において明示的に記載されていない。

10

【0092】

本明細書で述べられる主題は、異なる他の構成要素に含まれる、またはそれに接続される異なる構成要素を示すことがある。このように示されたアーキテクチャは、例示的なものに過ぎないこと、および実際に、同じ機能を達成する他の多くのアーキテクチャを実施できることを理解されたい。概念的な意味において、同じ機能を達成するための構成要素の任意の構成は、実質的に、望ましい機能が達成されるように「関連付けられる」。したがって、特定の機能を達成するように組み合わせられた本明細書の任意の2つの構成要素は、アーキテクチャまたは中間の構成要素にかかわらず、望ましい機能が達成されるように互いに「関連付けられている」として見るることができる。同様に、そのように関連付けられた任意の2つの構成要素はまた、望ましい機能を達成するために互いに対して、「動作可能に接続される」、または「動作可能に結合される」ものと見ることができ、またそのように関連付けることのできる任意の2つの構成要素はまた、望ましい機能を達成するために互いに対して「動作可能に結合可能である」と見るることができる。動作可能に結合可能な具体的な例は、これだけに限らないが、物理的に係合可能かつ/または物理的に相互作用する構成要素、および/または無線で相互作用可能かつ/または無線で相互作用する構成要素、および/または論理的に相互作用するかつ/または論理的に相互作用可能な構成要素を含む。

20

【0093】

いくつかの態様は、「結合される」および「接続される」という表現を、それらの派生語と共に用いて述べることができる。これらの用語は、互いに対する同義語として意図されるものではないことを理解されたい。例えば、いくつかの態様は、2つ以上の要素が、互いに直接、物理的または電氣的に接触していることを示すために、「接続される」という用語を用いて記述することができる。別の例では、いくつかの態様は、2つ以上の要素が直接、物理的または電氣的に接触していることを示すことを指示するために「結合される」という用語を用いて記述することができる。しかし、「結合される」という用語はまた、2つ以上の要素が互いに直接接触していないが、なお互いに協働する、または相互作用することを意味することができる。

30

【0094】

いくつかの例では、1つまたは複数の構成要素は、本明細書で、「～のように構成される」、「～のように構成可能である」、「～のように動作可能である/動作する」、「適用される/適用可能である」、「～ようにできる」、「～のように準拠可能/準拠する」などと称することができる。当業者であれば、「～のように構成される」は、文脈が他の形を要求しない限り、一般に、アクティブ状態の構成要素、および/または非アクティブ状態の構成要素、および/またはスタンバイ状態の構成要素を包含できることが理解されよう。

40

【0095】

本明細書に記述された本主題の特定の態様が示され、かつ述べられてきたが、当業者には、本明細書の教示に基づき、本明細書に述べられた主題から逸脱することなく、変更および修正を行うことができること、またその広い態様、したがって添付の特許請求の範囲は、本明細書で述べられた主題の真の趣旨および範囲に含まれるものとして、すべてのこの

50

ような変更および修正をその範囲内に含めることは明らかであろう。当業者であれば、一般に、本明細書で、特に添付の特許請求の範囲で（例えば、添付の請求項の本文など）使用される用語は、概して「開放的な」用語として意図されている（例えば、「含んでいる（including）」という用語は、「含んでいるがこれだけに限らない」と解釈されるべきであり、「有する」という用語は、「少なくとも有する」と解釈されるべきであり、「含む（includes）」という用語は、「含むがこれだけに限らない」と解釈されるべきであるなど）ことが理解されよう。当業者であれば、導入される請求項の記載の特定の数が意図される場合、このような意図は、明示的に請求項に記載されるものであり、そのような記載がない場合、このような意図は存在しないことがさらに理解されよう。例えば、理解を助けるために、以下で添付された特許請求の範囲は、請求項の記載を導くために、導入句「少なくとも1つの」、および「1つまたは複数の」の使用を含むことができる。しかし、このような句を使用することは、不定冠詞「1つの（a）」または「1つの（an）」による請求項の記載の導入が、このように導入された請求項の記載を含む任意の特定の請求項を、同じ請求項が導入句「1つまたは複数の」、または「少なくとも1つの」を、かつ不定冠詞「1つの（a）」または「1つの（an）」などの含む場合であっても（例えば、「1つの（a）」および／または「1つの（an）」は、通常「少なくとも1つの」または「1つまたは複数の」を意味するものと解釈されるべきである）、1つだけのこのような記載を含む請求項に限定することを示唆するように解釈されるべきではなく、請求項の記載の導入するために使用される定冠詞の使用に対しても同じことがいえる。

10

20

【0096】

さらに、導入された請求項の記載の特定の数が明示的に記載されている場合であっても、当業者であれば、このような記載は、通常、少なくとも記載された数を意味する（例えば、他の修飾語のない単なる「2つの記載」は、通常、少なくとも2つの記載、または2つ以上の記載を意味する）ものと解釈すべきであることが理解されよう。さらに、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つなど」に類似した表記法が使用される例では、概して、このような構成は、当業者がその表記法を理解するはずの意味が意図されている（例えば、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つを有するシステム」は、これだけに限定されないが、Aだけ、Bだけ、Cだけ、AおよびBを共に、AおよびCを共に、BおよびCを共に、かつ／またはA、B、およびCを共になどを有するシステムを含むことになる）。「A、B、およびCのうちの少なくとも1つなど」に類似した表記法が使用される例では、概して、このような構成は、当業者がその表記法を理解するはずの意味が意図されている（例えば、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つを有するシステム」は、これだけに限定されないが、Aだけ、Bだけ、Cだけ、AおよびBを共に、AおよびCを共に、BおよびCを共に、かつ／またはA、B、およびCを共になどを有するシステムを含むことになる）。当業者であれば、通常、2つ以上の選択的用語を提示する選言用語および／または句は、説明、特許請求の範囲、または図面のいずれであろうと、文脈がその他の形で指定しない限り、用語のうちの1つ、用語のいずれか、または用語を共に含む可能性を企図するものと理解すべきであることをさらに理解されよう。例えば、句「AまたはB」は、通常、「A」、または「B」、または「AおよびB」の可能性を含むものと理解されよう。

30

40

【0097】

添付の特許請求の範囲に関して、当業者であれば、そこに含まれる記載された動作は、概して、任意の順序で実施できることが理解されよう。さらに様々な動作の流れは、シーケンスで示されるが、様々な動作は、示されたものとは異なる順序で実施できる、または同時に実施できることを理解されたい。このような代替の順序付けの例は、文脈がその他の形で指定しない限り、重複、交互配置、割り込み、再順序付け、増加させる、前に置く、補足する、同時に行う、逆にする、または他の異なる順序付けを含むことができる。さらに、文脈が他の形で指定しない限り、「～に応じて」、「～に関連して」、または他の過去時制の形容詞などの用語は、概して、このような異形のものを排除することを意図して

50

いない。

【 0 0 9 8 】

様々な実施形態が本明細書で述べられてきたが、これらの実施形態に対する多くの修正、変形、置換え、変更、および均等化を実施することができ、かつ当業者により想到される。さらに、いくつかの構成要素に対して材料が開示される場合、他の材料も使用することができる。したがって、前述の説明および添付の特許請求の範囲は、開示された実施形態の範囲に含まれるものとして、このような修正および変形のすべてを含むように意図されていることを理解されたい。添付の特許請求の範囲は、このような修正および変形のすべてを含むように意図されている。

【 0 0 9 9 】

要約すると、本明細書で述べられた概念を使用することにより得られる数多くの利点が述べられてきた。1つまたは複数の実施形態に関する前述の説明は、例示および説明目的で提示されている。それは、開示される正確な形態に対して網羅的であること、または限定するものであることを意図していない。上記の教示に照らせば、修正または変形が可能である。原理および実際の用途を例示して、それにより、企図される特定の用途に適した様々な修正を用いて、当業者が様々な実施形態を利用できるようにするために、1つまたは複数の実施形態が選択され、述べられている。本明細書と共に提示される特許請求の範囲が、全体の範囲を定義するように意図されている。

【 0 1 0 0 】

様々な実施形態が、以下の番号を付した例において述べられる。

【 0 1 0 1 】

[例 1]

水中音源であって、
音響ドライバと、
前記音響ドライバの制御装置と、
前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管と、を備え、前記共振器管が、
第1の少なくとも2つのコラジアルな共振器スロットを備える第1のスロット付き部分、
および、
第2の少なくとも2つのコラジアルな共振器スロットを備える第2のスロット付き部分、
をさらに備え、
前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、
前記第1のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち1つの第1の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第1の位置に位置し、
前記第2のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち1つの第2の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第2の位置に位置し、
前記水中音源の出力信号が、前記共振器管の周波数応答によって規定される帯域幅内になるように制御すべく構成される、水中音源。

【 0 1 0 2 】

[例 2]

前記共振器管は、前記共振器管の前記全長の10分の1から、前記共振器管の前記全長の半分までの範囲内にある外径を有する、例1に記載の水中音源。

【 0 1 0 3 】

[例 3]

前記第1のスロット付き部分の前記第1の少なくとも2つのコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、前記共振器管の半径の10分の1と前記共振器管の前記半径の半分の範囲に含まれる幅を有し、
前記第2のスロット付き部分の前記第2の少なくとも2つのコラジアルな共振器スロットのそれぞれは、前記共振器管の前記半径の10分の1と前記共振器管の前記半径の半分の範囲に含まれる幅を有する、例1又は例2に記載の水中音源。

【 0 1 0 4 】

〔例４〕

前記第１のスロット付き部分および前記第２のスロット付き部分は、それらの間に前記共振器管の中間セクションを規定し、

前記共振器管の前記第１のスロット付き部分および第１の端部は、それらの間に前記共振器管の第１の端末セクションを規定し、また、

前記共振器管の前記第２のスロット付き部分および第２の端部は、それらの間に前記共振器管の第２の端末セクションを規定する、例１から例３のいずれか一項に記載の水中音源。

【０１０５】

〔例５〕

前記第１の端末セクションは第１のセクション長さを有し、前記第２の端末セクションは第２のセクション長さを有し、前記中間セクションは中間セクション長さを有しており、前記中間セクション長さは、前記第１のセクション長さとは異なり、かつ前記中間セクション長さは、前記第２の長さとは異なる、例４に記載の水中音源。

【０１０６】

〔例６〕

前記第１のスロット付き部分の前記少なくとも２つのコラジアルな共振器スロットのうち第１のものは、前記中間セクションの第１の端部と、前記第１の端末セクションの第１の端部とを接続する第１のブリッジによって分離され、

前記第２のスロット付き部分の前記少なくとも２つのコラジアルな共振器スロットのうち第２のものは、前記中間セクションの第２の端部と、前記第２の端末セクションの第１の端部とを接続する第２のブリッジによって分離される、例４又は例５に記載の水中音源。

【０１０７】

〔例７〕

前記共振器管の周波数応答は、第１の共振周波数および第２の共振周波数により規定される二重共振伝達関数を含み、前記帯域幅は、前記第１の共振周波数と前記第２の共振周波数との平均として規定される中間周波数の１０％～１５％の間である、例１から例６のいずれか一項に記載の水中音源。

【０１０８】

〔例８〕

水中音源であって、

音響ドライバと、

前記音響ドライバの制御装置と、

前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管であって、

第１の少なくとも２つのコラジアルな共振器スロットを備える第１のスロット付き部分、および、

第２の少なくとも２つのコラジアルな共振器スロットを備える第２のスロット付き部分、をさらに備え、

前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、

前記第１のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち１つの第１の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置し、

前記第２のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち１つの第２の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置する、前記共振器管と、

第１の同軸の管状スリーブおよび第２の同軸の管状スリーブであって、

前記共振器管は、前記第１の同軸の管状スリーブ内に配置され、それにより、前記共振器管の外側表面の第１の部分と、前記第１の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第１の間隙を形成し、

前記共振器管は、前記第２の同軸の管状スリーブ内に配置され、それにより、前記共振器管の前記外側表面の第２の部分と、前記第２の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第２の間隙を形成し、

前記第１の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の第前記１の部分の上を

10

20

30

40

50

摺動するように構成され、前記第 2 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の前記第 2 の部分の上を摺動するように構成される、前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブと、を備え、

前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより覆われ、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより覆われたとき、第 1 の音響モードで動作するように構成され、

前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより露出され、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより露出されたとき、第 2 の音響モードで動作するように構成される、水中音源。

【 0 1 0 9 】

10

[例 9]

前記第 1 の間隙は、1 mm ~ 5 mm の間の範囲の幅を有し、前記第 2 の間隙は、1 mm ~ 5 mm の間の範囲の幅を有する、例 8 に記載の水中音源。

【 0 1 1 0 】

[例 1 0]

前記音響ドライバの前記制御装置は、前記水中音源が前記第 1 の音響モードで動作するように構成されたとき、少なくとも部分的には前記第 1 の同軸の管状スリーブの位置および前記第 2 の同軸の管状スリーブの位置に基づいて決定される管の共振周波数になるように、前記音響ドライバの出力周波数を制御すべく構成される、例 8 又は例 9 に記載の水中音源。

20

【 0 1 1 1 】

[例 1 1]

前記音響ドライバの前記制御装置は、前記共振器管の周波数応答により規定される帯域幅内になるように、前記水中音源の出力信号を制御すべく構成される、例 8 から例 1 0 のいずれか一項に記載の水中音源。

【 0 1 1 2 】

[例 1 2]

水中音システムであって、

水中音源であって、

音響ドライバと、

30

前記音響ドライバの制御装置と、

前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管であって、

第 1 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 1 のスロット付き部分、および、

第 2 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 2 のスロット付き部分をさらに備え、

前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、

前記第 1 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 1 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置し、

前記第 2 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 2 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った位置に位置する、前記共振器管と、

40

第 1 の同軸の管状スリーブおよび第 2 の同軸の管状スリーブであって、

前記共振器管は、前記第 1 の同軸の管状スリーブ内に配置され、それにより、前記共振器管の外側表面の第 1 の部分と、前記第 1 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 1 の間隙を形成し、

前記共振器管は、前記第 2 の同軸の管状スリーブ内に配置され、それにより、前記共振器管の前記外側表面の第 2 の部分と、前記第 2 の同軸の管状スリーブの内側表面との間に第 2 の間隙を形成し、

前記第 1 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外側表面の前記第 1 の部分の上を摺動するように構成され、かつ前記第 2 の同軸の管状スリーブは、前記共振器管の前記外

50

側表面の前記第 2 の部分の上を摺動するように構成される、前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブと、を備え、
前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより覆われ、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより覆われたとき、第 1 の音響モードで動作するように構成され、
前記水中音源は、前記第 1 のスロット付き部分が前記第 1 の同軸の管状スリーブにより露出され、かつ前記第 2 のスロット付き部分が前記第 2 の同軸の管状スリーブにより露出されたとき、第 2 の音響モードで動作するように構成される、前記水中音源と、
前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブと機械的な伝達状態にあるリードねじを備える伝動機構と、
前記伝動機構と機械的な伝達状態にあり、かつ前記リードねじに回転運動を与え、それにより前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブを移動させるように構成された、モータと、
水圧ハウジングであって、その外側表面が、前記伝動機構および前記モータと機械的な伝達状態にあり、かつその内側が、前記モータを制御し、かつ前記モータに電力を供給するように構成された 1 つまたは複数の電気的な構成要素を収納するように構成される、水圧ハウジングと、を備える、
水中音システム。

【 0 1 1 3 】

[例 1 3]

前記リードねじは、前記リードねじが前記モータにより回転されたとき、前記第 1 の同軸の管状スリーブおよび前記第 2 の同軸の管状スリーブを反対方向に対称的に移動させるように構成される、例 1 2 に記載の水中音システム。

【 0 1 1 4 】

[例 1 4]

前記伝動機構は、水が前記伝動機構と接触するのを防止するように構成された、オイルで充填された 1 つまたは複数のペローズで覆われる、例 1 2 又は例 1 3 に記載の水中音システム。

【 0 1 1 5 】

[例 1 5]

水中で信号を送信する方法であって、
水中音源を提供するステップであって、前記水中音源が、
音響ドライバと、
前記音響ドライバの制御装置と、
前記音響ドライバに音響的に結合された共振器管であって、
第 1 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 1 のスロット付き部分、および、
第 2 の少なくとも 2 つのコラジアルな共振器スロットを備える第 2 のスロット付き部分をさらに備え、
前記共振器管の全長が、前記共振器管の複数の高調波を規定し、
前記第 1 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 1 の節に対応する前記共振器管の全長に沿った第 1 の位置に位置し、
前記第 2 のスロット付き部分が、前記複数の高調波のうち 1 つの第 2 の節に対応する前記共振器管の前記全長に沿った第 2 の位置に位置する、前記共振器管と、を備える、前記ステップと、
前記制御装置により、前記水中音源の出力信号を、前記共振管の周波数応答により規定される帯域幅内になるように制御するステップと、を含む、
方法。

10

20

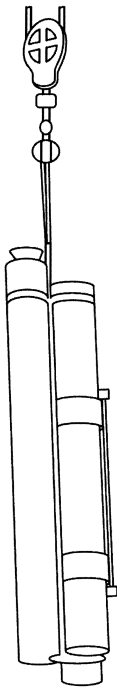
30

40

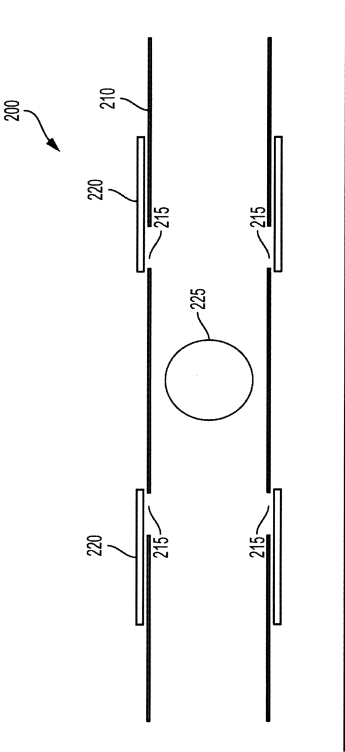
50

【図面】

【図 1】



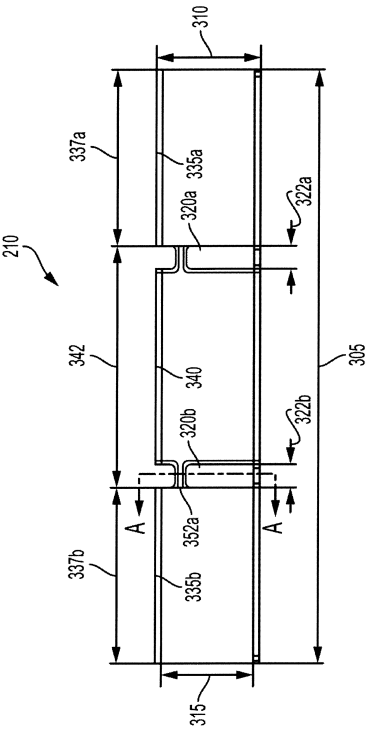
【図 2】



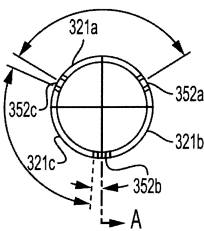
10

20

【図 3 A】



【図 3 B】

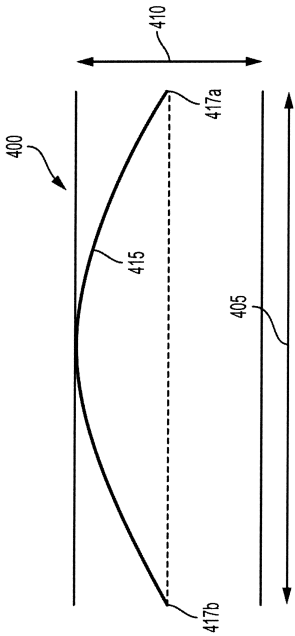


30

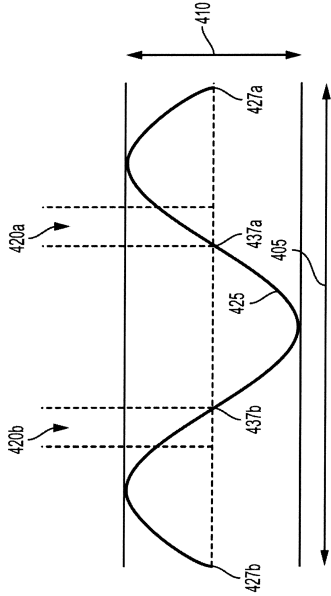
40

50

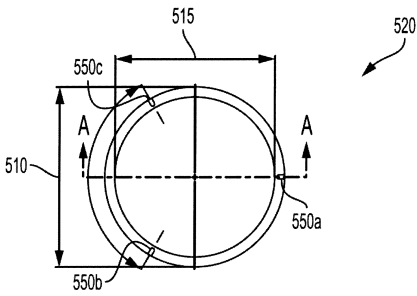
【 図 4 A 】



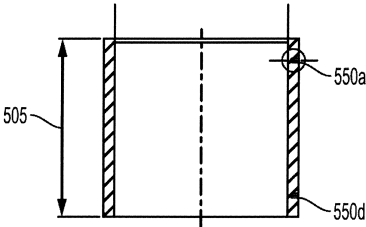
【 図 4 B 】



【 図 5 A 】



【 図 5 B 】



10

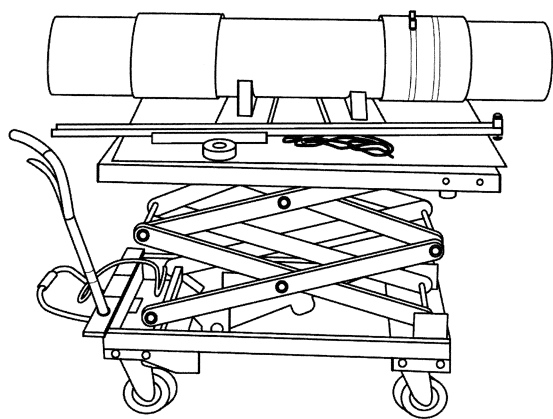
20

30

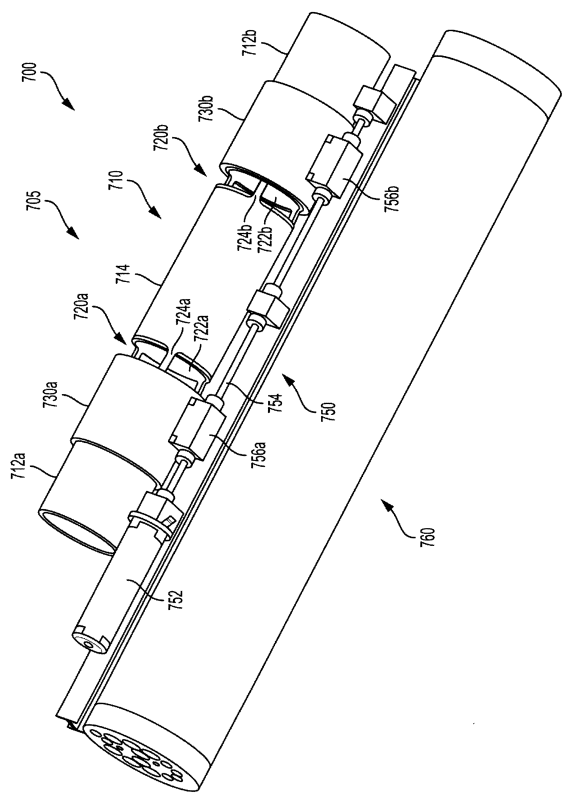
40

50

【図 6】



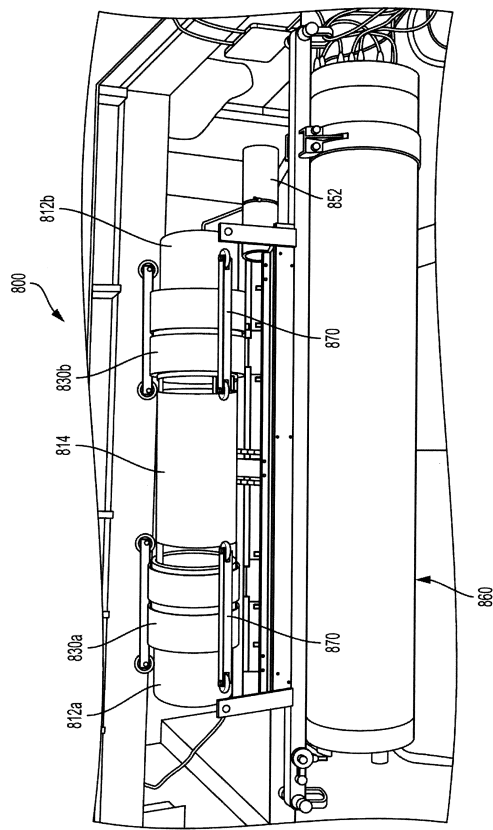
【図 7】



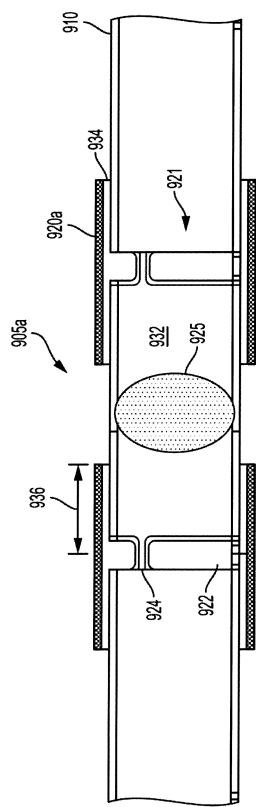
10

20

【図 8】



【図 9 A】

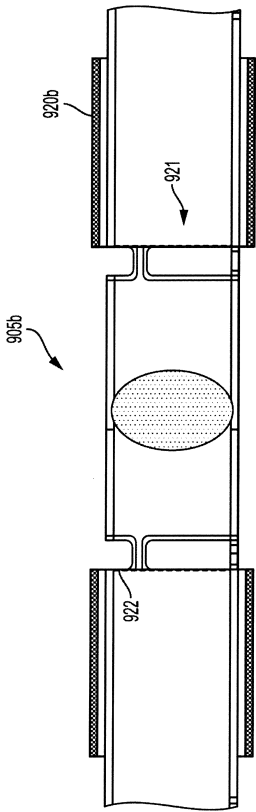


30

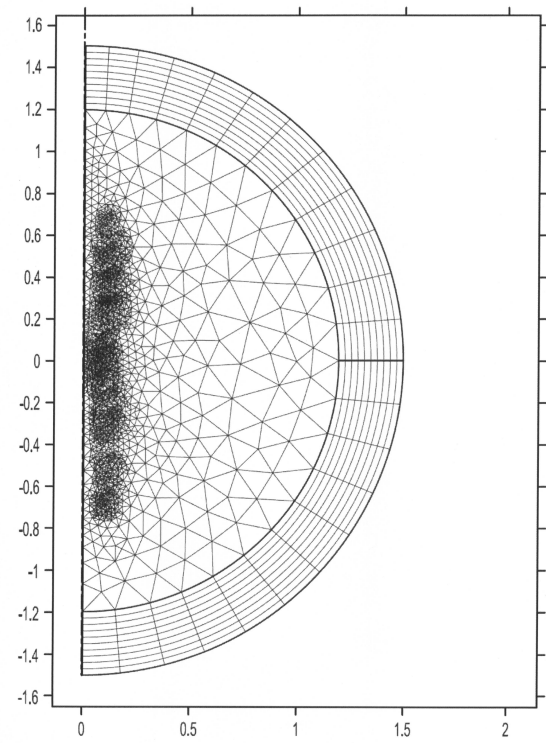
40

50

【図 9 B】



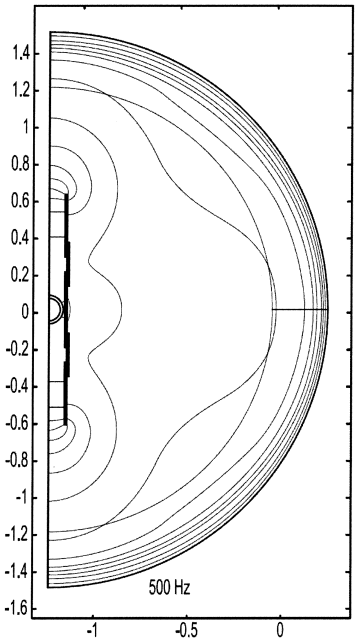
【図 10】



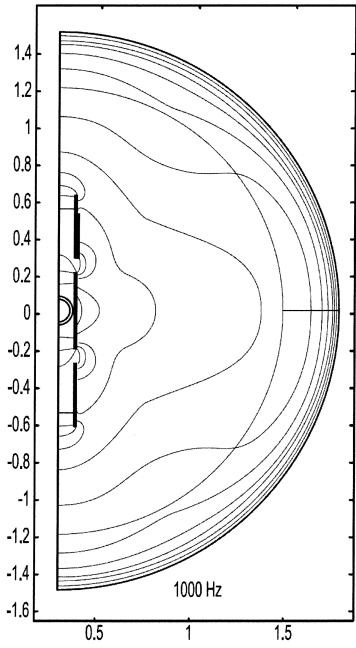
10

20

【図 11 A】



【図 11 B】

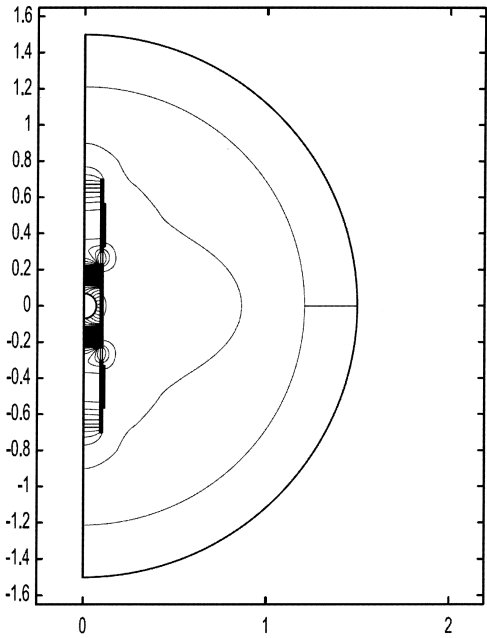


30

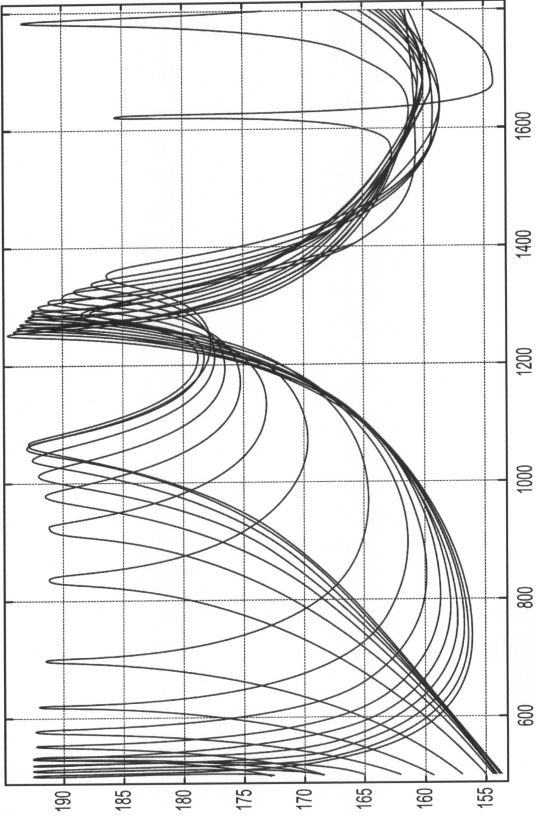
40

50

【図 1 2】



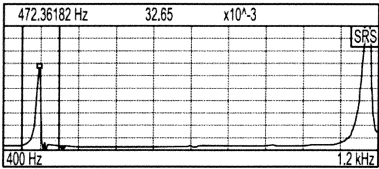
【図 1 3】



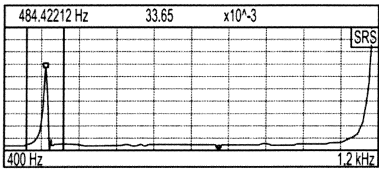
10

20

【図 1 4 A】



【図 1 4 B】

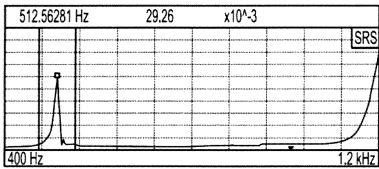


30

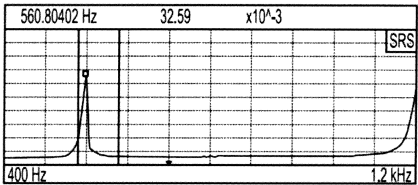
40

50

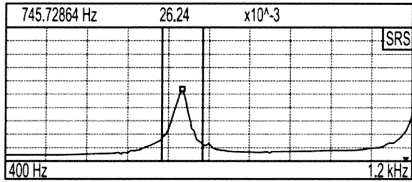
【図 1 4 C】



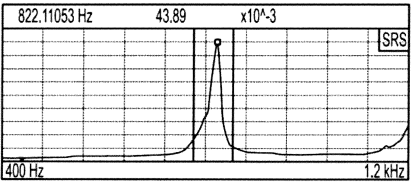
【図 1 4 D】



【図 1 4 E】

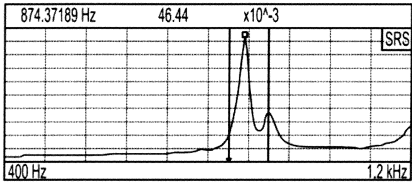


【図 1 4 F】

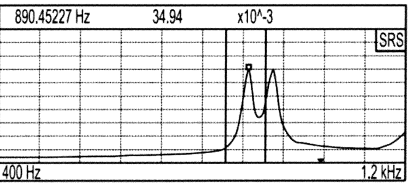


10

【図 1 4 G】

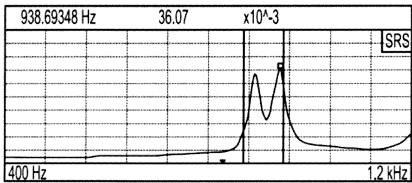


【図 1 4 H】

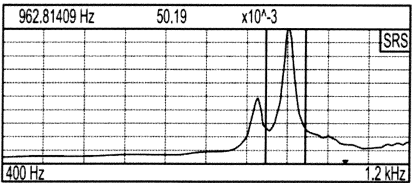


20

【図 1 4 I】



【図 1 4 J】

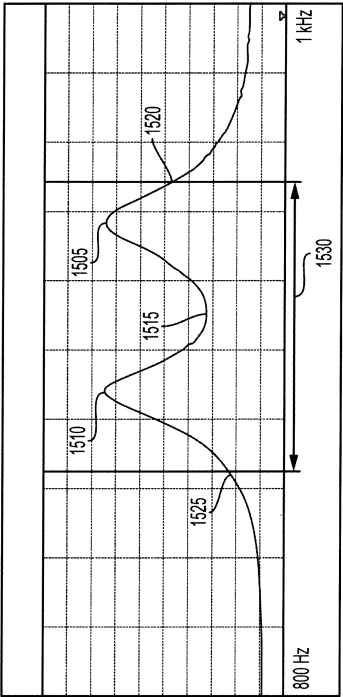


30

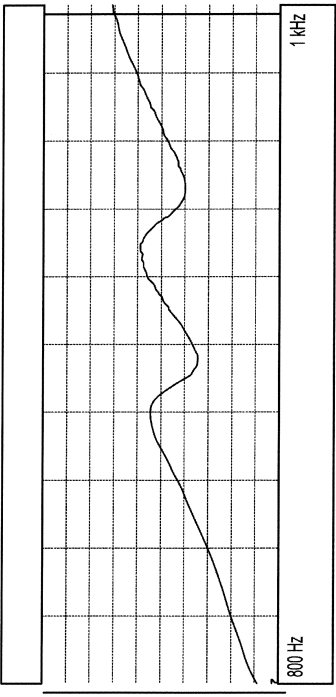
40

50

【 図 1 5 A 】



【 図 1 5 B 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

ユーセッツ州、 ノース ファルマス、 ペブル レーン 1 2 8

審査官 西村 純

(56)参考文献 米国特許第 0 8 6 7 0 2 9 3 (U S , B 2)

米国特許第 0 4 8 5 5 9 6 4 (U S , A)

Morozov et al. , High-efficient tunable sound sources for ocean and bottom tomography, 15 years of operating history , OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey , 2016年09月23日

Andrey K Morozov , Simulation and Test of Tunable Organ Pipe for Ocean Acoustic Tomography , Excerpt from the Proceedings of the 2016 COMSOL Conference in Boston

Morozov et al. , The new development of the autonomous sources for ocean acoustic navigation, tomography and communications , OCEANS 2017

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 R 1 / 0 0 - 3 1 / 0 0

B 6 3 B 4 9 / 0 0

B 6 3 G 8 / 3 9