

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6832564号
(P6832564)

(45) 発行日 令和3年2月24日(2021.2.24)

(24) 登録日 令和3年2月4日(2021.2.4)

(51) Int. Cl.		F I			
B06B	1/02	(2006.01)	B06B	1/02	K
B06B	1/06	(2006.01)	B06B	1/06	Z
H04R	1/02	(2006.01)	H04R	1/02	330
B06B	1/08	(2006.01)	B06B	1/08	

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-207007 (P2016-207007)	(73) 特許権者	899000057
(22) 出願日	平成28年10月21日(2016.10.21)		学校法人日本大学
(65) 公開番号	特開2018-65116 (P2018-65116A)		東京都千代田区九段南四丁目8番24号
(43) 公開日	平成30年4月26日(2018.4.26)	(74) 代理人	100161207
審査請求日	令和1年6月18日(2019.6.18)		弁理士 西澤 和純
		(74) 代理人	100175824
			弁理士 小林 淳一
		(74) 代理人	100126882
			弁理士 五十嵐 光永
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(72) 発明者	三浦 光
			東京都千代田区九段南四丁目8番24号
			学校法人日本大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集束音場形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸芯方向の両端が開口端とされていることで気体が通過可能とされた筒形状の筒振動板と、

前記筒振動板の軸芯に沿った定在波が形成されるように前記筒振動板を共振させる振動子ユニットと、

前記筒振動板の前記振動の節であって前記筒振動板の前記軸芯に沿う方向の端部に設けられる剛壁と

を有することを特徴とする集束音場形成装置。

【請求項2】

前記剛壁は、前記筒振動板の前記軸芯に沿う方向の両端部に設けられていることを特徴とする請求項1記載の集束音場形成装置。

【請求項3】

前記剛壁は、前記筒振動板の軸芯を中心とする環状形状であって前記筒振動板から前記筒振動板の径方向に突出するフランジからなることを特徴とする請求項1または2記載の集束音場形成装置。

【請求項4】

前記筒振動板の軸芯に沿う方向の前記フランジの長さ寸法は、前記筒振動板の径方向の厚み寸法よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項3記載の集束音場形成装置

。

【請求項 5】

前記振動子ユニットと前記筒振動板との間に介挿されると共に前記筒振動板と同一材料からなるシムを備えることを特徴とする請求項 1 ~ 4 いずれか一項に記載の集束音場形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、集束音場形成装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、集束音場形成装置は、気体中の塵埃の捕集するための集塵装置として用いられている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2）。このような集束音場形成装置では、空間内に強力な空中超音波による集束音場を形成し、集束音場により浮遊微粒子を凝集させる。例えば、特許文献 1 では、振動子ユニットに円筒型の振動板（以下、円筒振動板と称する）を取り付け、振動子ユニットの振動により円筒振動板を共振させることにより集束音場を形成している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 06 - 47346 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献 1 に開示された集束音場形成装置をプラント等に設置する場合には、振動する円筒振動板をプラントの配管等に直接固定することができないため、配管の内部に円筒振動板を設置することになる。このように円筒振動板が配管の内部に設置されると、配管の圧力損失が高まる。このため、集束音場形成装置を設置することにより、気体の配管中の流れを阻害する可能性がある。

【0005】

さらに、特許文献 1 に開示された集束音場形成装置では、円筒振動板の径方向の中心部に音圧の弱い領域が形成される。この音圧の弱い領域は、円筒振動板が周方向に定在波が形成されるように振動し、軸芯を上記径方向において挟んで対向する箇所から放射される音波同士が打ち消し合うことによって形成されていると考えられる。このような音圧の弱い領域は円筒振動板の軸芯に沿う方向に連続するように形成されるため、円筒振動板の中心部では例えば浮遊微粒子が補足されることなく通過してしまう。

30

【0006】

なお、集束音場形成装置は、集塵装置に限られず、液体を集束音場により霧化させる霧化装置や消臭装置として用いられる場合もある。このような場合も同様の問題が生じる。

【0007】

本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、集束音場形成装置において、プラント等の配管中の気体の流れを阻害せず、かつ、筒状の振動板の中央部に強い音圧領域を形成可能とすることを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記課題を解決するための手段として、以下の構成を採用する。

【0009】

第 1 の発明は、気体が通過可能とされた筒形状の筒振動板と、上記筒振動板の軸芯に沿った定在波が形成されるように上記筒振動板を共振させる振動子ユニットと、上記筒振動板の上記振動の節であって上記筒振動板の上記軸芯に沿う方向の端部に設けられる剛壁とを有するという構成を採用する。

50

【 0 0 1 0 】

第2の発明は、上記第1の発明において、上記剛壁が、上記筒振動板の上記軸芯に沿う方向の両端部に設けられているという構成を採用する。

【 0 0 1 1 】

第3の発明は、上記第1または第2の発明において、上記剛壁が、上記筒振動板の軸芯を中心とする環状形状であって上記筒振動板から上記筒振動板の径方向に突出するフランジからなるという構成を採用する。

【 0 0 1 2 】

第4の発明は、上記第3の発明において、上記筒振動板の軸芯に沿う方向の上記フランジの長さ寸法が、上記筒振動板の径方向の厚み寸法よりも大きく設定されているという構成を採用する。

10

【 0 0 1 3 】

第5の発明は、上記第1～第4いずれかの発明において、上記振動子ユニットと上記筒振動板との間に介挿されると共に上記筒振動板と同一材料からなるシムを備えるという構成を採用する。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、筒形状の筒振動板の振動の節の位置となる端部に剛壁が設けられている。このため、剛壁は、筒振動板が振動しても変位せず、外部の部材に対して固定させることができる。したがって、例えば剛壁をプラントの配管の一部に接続し、筒振動板を配管の一部とすることにより、プラント等の配管中の気体の流れを阻害せずに配管に取り付けることができる。さらに、本発明によれば、振動子ユニットによって、筒振動板の軸芯に沿った定在波が形成されるように筒振動板が共振される。このように振動する筒振動板では、径方向における中心部に音圧が強い領域が形成される。よって、本発明によれば、集束音場形成装置において、プラント等の配管中の気体の流れを阻害せず、かつ、筒状の振動板の中央部に強い音圧領域を形成することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図1】本発明の一実施形態における集束音場形成装置の斜視図である。

【図2】本発明の一実施形態における集束音場形成装置の正面図である。

30

【図3】図2の領域の拡大模式図である。

【図4】本発明の一実施形態における集束音場形成装置が備える配管部の縦断面図である。

【図5】本発明の集束音場形成装置の実施例に用いた配管部の寸法を説明するための説明図である。

【図6】本発明の集束音場形成装置の実施例で得られたたわみ振動変位の片振幅を示すグラフである。

【図7】本発明の集束音場形成装置の実施例で得られた音圧分布を示す白黒マップである。

【図8】本発明の集束音場形成装置の実施例で得られた音圧分布を示すグラフである。

40

【図9】本発明の集束音場形成装置の実施例における入力電力と音圧との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下、図面を参照して、本発明に係る集束音場形成装置の一実施形態について説明する。なお、以下の図面において、各部材を認識可能な大きさとするために、各部材の縮尺を適宜変更している。

【 0 0 1 7 】

図1は、本実施形態の集束音場形成装置1の斜視図である。また、図2は、本実施形態の集束音場形成装置1の正面図である。また、図3は、図2の領域の拡大模式図である

50

。本実施形態の集束音場形成装置 1 は、例えば、微粒子（煙霧質）を含む気体を処理して微粒子を凝集させる集塵装置に適用されるものであり、超音波による集束音場を形成する。なお、本実施形態の集束音場形成装置 1 において扱う超音波とは、人間には聞こえない高い周波数の音のみならず、人の可聴域（20 Hz ~ 20 kHz 程度）であっても聞くことを目的としない音波を含むものとする。

【0018】

本実施形態の集束音場形成装置 1 は、図 1 及び図 2 に示すように、集束音場形成装置 1 は、振動子ユニット 2 と、配管部 3 と、ネジ 4 と、外側シム 5（シム）と、内側シム 6 とを備えている。振動子ユニット 2 は、振動子 2 a と、エキスポネンシャルホーン 2 b と、共振棒 2 c とを備えている。

10

【0019】

振動子 2 a は、例えば圧電素子や磁歪素子、電歪素子などの電気機械変換素子から構成されている。その中でも、強力な超音波を発生させる振動子 2 a として、ボルト締めランジュバン型振動子（BLT: Bolt-clamped Langevin type Transducer）が好適に用いられる。なお、振動子 2 a は、不図示の電源装置から駆動電力が供給されることによって駆動される。

【0020】

エキスポネンシャルホーン 2 b は、振動子 2 a に取り付けられて、振動子 2 a による振動を増幅させる（振幅を拡大させる）ものである。共振棒 2 c は、エキスポネンシャルホーン 2 b と配管部 3 が備える後述の円筒振動板 3 a との間を連結し、円筒振動板 3 a の共振周波数を調整すると共にエキスポネンシャルホーン 2 b により増幅された振動を円筒振動板 3 a へ伝達する直線状の棒部材である。

20

【0021】

配管部 3 は、円筒振動板 3 a（筒振動板）と、第 1 フランジ 3 b と、第 2 フランジ 3 c とを備えている。本実施形態においては、円筒振動板 3 a と第 1 フランジ 3 b と第 2 フランジ 3 c とは、同一材料（例えばジュラルミン）によって一体的に形成されている。このような配管部 3 は、例えば、単一のブロックから削り出しによって形成される。

【0022】

円筒振動板 3 a は、円筒形状とされた振動板であり、振動子 2 a の振動が伝達されることにより共振する部位である。図 4 は、円筒振動板 3 a の縦断面図である。この図に示すように、円筒振動板 3 a は、軸芯 L に沿った方向の中央部に円筒振動板 3 a の径方向に貫通する貫通孔 3 a 1 を有している。この貫通孔 3 a 1 は、円筒振動板 3 a の下部に形成されており、ネジ 4 が挿通される。また、円筒振動板 3 a は、ネジ 4 により振動子ユニット 2 の共振棒 2 c に固定されており、軸芯 L が共振棒 2 c の軸芯に対して直交するように振動子ユニット 2 に対して姿勢設定されている。このような円筒振動板 3 a は、振動子ユニット 2 から付与される振動に共振することによって、音波を発生する。

30

【0023】

本実施形態の集束音場形成装置 1 においては、円筒振動板 3 a は、軸芯 L に沿った定在波状に振動するように振動子ユニット 2 から付与される振動に共振する。つまり、円筒振動板 3 a は、軸芯 L に沿った定在波が形成されるように振動子 2 a によって共振させられる。このように共振する円筒振動板 3 a が、軸芯 L に沿った定在波状に振動するモードを、以下、節円筒モードと称する。なお、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿った方向の長さ寸法（以下、長さ寸法 d 1 と称する）は、節円筒モードで共振するように、振動子 2 a から付与される振動の半波長の奇数倍となるように設定されている。また、円筒振動板 3 a の内径寸法（以下、内径寸法 d 2 と称する）は、節円筒モードで共振するように、振動子 2 a から付与される振動の波長の整数倍となるように設定されている。さらに、円筒振動板 3 a の径方向の厚さ寸法（以下、厚さ寸法 d 3 と称する）は、振動子 2 a から付与される振動によって円筒振動板 3 a の全体が振動しやすいよう、薄く設定されている。

40

【0024】

節円筒モードで振動する円筒振動板 3 a では、軸芯 L に沿った方向に等間隔で定常的に

50

変位しない部位（振動の節）が形成される。なお、本実施形態においては、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿う方向の一方の端部に剛壁として第 1 フランジ 3 b が接続され、軸芯 L に沿う方向の他方の端部に剛壁として第 2 フランジ 3 c とが接続されており、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿う方向の両端位置が、節円筒モードで共振する場合における振動の節となる。

【 0 0 2 5 】

第 1 フランジ 3 b（剛壁）は、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿った方向の一方の端部に一体的に取り付けられた円環状の部位である。第 1 フランジ 3 b は、内径寸法が円筒振動板 3 a と同一に設定され、円筒振動板 3 a と同軸上に配置されている。この第 1 フランジ 3 b の軸芯 L に沿った方向の長さ寸法（以下、長さ寸法 d a と称する）は、円筒振動板 3 a の厚さ寸法 d 3 に対して十分に大きく設定されている。さらに、第 1 フランジ 3 b の径方向の厚さ寸法（以下、厚さ寸法 d b と称する）は、円筒振動板 3 a の長さ寸法 d 1 よりも短く、第 1 フランジ 3 b の長さ寸法 d a よりも長く設定されている。

10

【 0 0 2 6 】

第 2 フランジ 3 c（剛壁）は、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿った方向の他方の端部に一体的に取り付けられた円環状の部位である。第 2 フランジ 3 c は、内径寸法が円筒振動板 3 a と同一に設定され、円筒振動板 3 a と同軸上に配置されている。この第 2 フランジ 3 c は、第 1 フランジ 3 b と同一形状に設定されている。つまり、第 2 フランジ 3 c は、軸芯 L に沿った方向の長さ寸法が第 1 フランジ 3 b の長さ寸法 d a と同一とされ、径方向の厚さ寸法が第 1 フランジ 3 b の厚さ寸法 d b と同一に設定されている。

20

【 0 0 2 7 】

これらの第 1 フランジ 3 b と第 2 フランジ 3 c とは、円筒振動板 3 a と比較して剛性が高く、円筒振動板 3 a が振動子 2 a から付与される振動に共振する場合の振動の節の位置に配置されている。このため、円筒振動板 3 a が共振する場合であっても、第 1 フランジ 3 b と第 2 フランジ 3 c とは振動しない、若しくは、振動が極めて小さい。これらの第 1 フランジ 3 b と第 2 フランジ 3 c とは、本実施形態の集束音場形成装置 1 をプラント等の配管に取り付ける場合に、当該配管に対して直接的に固定される部位として用いられる。

【 0 0 2 8 】

このような配管部 3 は、本実施形態の集束音場形成装置 1 がプラント等の配管に取り付けられた場合に、円筒振動板 3 a に囲まれた領域と、第 1 フランジ 3 b に囲まれた領域と、第 2 フランジ 3 c に囲まれた領域とに、配管に流れる気体（水蒸気等の液体が混合された気体を含む）を通過可能としている。

30

【 0 0 2 9 】

ネジ 4 は、図 3 に示すように、円筒振動板 3 a の貫通孔 3 a 1 に円筒振動板 3 a の径方向内側から挿入され、先端部が振動子ユニット 2 の共振棒 2 c の先端部に螺合されており、円筒振動板 3 a を共振棒 2 c に対して固定している。外側シム 5 は、振動子ユニット 2 の共振棒 2 c の先端面と、円筒振動板 3 a の外周面との間に介挿されており、共振棒 2 c の先端面と円筒振動板 3 a の外周面との隙間を埋めている。この外側シム 5 は、上面が円筒振動板 3 a の外周面に沿って湾曲されており、下面が共振棒 2 c の先端面に沿った平面とされている。つまり、外側シム 5 は、共振棒 2 c の先端面と円筒振動板 3 a の外周面との両方に対して面接触されている。このような外側シム 5 は、共振棒 2 c から円筒振動板 3 a に伝わる振動の伝達面積を広げ、より確実かつ安定的に円筒振動板 3 a に振動を伝達可能とする。

40

【 0 0 3 0 】

なお、外側シム 5 は、円筒振動板 3 a と同一材料によって形成されていることが好ましい。つまり、本実施形態において外側シム 5 は、例えばジュラルミンによって形成されている。外側シム 5 を円筒振動板 3 a と同一材料で形成することで、外側シム 5 と円筒振動板 3 a との境界面における振動波の反射を防ぐことができ、より確実かつ安定的に円筒振動板 3 a に振動を伝達することができる。

【 0 0 3 1 】

50

内側シム 6 は、ネジ 4 の頭部と円筒振動板 3 a の内周面との間に介挿されており、ネジ 4 の頭部と円筒振動板 3 a の内周面との隙間を埋めている。この内側シム 6 は、上面がネジ 4 の頭部の表面に沿った平面とされており、下面が円筒振動板 3 a の内周面に沿って湾曲されている。つまり、内側シム 6 は、ネジ 4 の頭部と円筒振動板 3 a の内周面との両方に対して面接触されている。このような内側シム 6 も、外側シム 5 と同様に、円筒振動板 3 a と同一材料によって形成されていることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

このような構成を有する本実施形態の集束音場形成装置 1 では、振動子 2 a が振動すると、振動子 2 a で発生した振動がエキスポネンシャルホーン 2 b 及び共振棒 2 c を通じて円筒振動板 3 a に伝達される。円筒振動板 3 a に振動が伝達されると、円筒振動板 3 a が共振し、超音波（音波）が円筒振動板 3 a から発せられる。このような超音波が円筒振動板 3 a の径方向内側に向けてされると、円筒振動板 3 a の周方向の異なる部位から発生した超音波同士や反射した超音波同士が干渉し、円筒振動板 3 a の中心部に音圧が高い領域が形成される。例えば、このような音圧が高い領域に浮遊微粒子を含む気体が通過すると、浮遊微粒子同士が凝集されて補足される。この結果、気体から浮遊微粒子が除去される。

10

【 0 0 3 3 】

以上のような本実施形態の集束音場形成装置 1 においては、振動の節の位置となる円筒振動板 3 a の端部に第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c が設けられている。このため、第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c は、円筒振動板 3 a が振動しても変位せず、外部の部材に対して固定させることができる。したがって、例えば第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c をプラントの配管の一部に接続し、円筒振動板 3 a を配管の一部とすることにより、プラント等の配管中の気体の流れを阻害せずに配管に取り付けることができる。さらに、本実施形態の集束音場形成装置 1 によれば、振動子ユニット 2 によって、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿った定在波が形成されるように円筒振動板 3 a が共振される。このように振動する円筒振動板 3 a では、径方向における中心部に音圧が強い領域が形成される。よって、本実施形態の集束音場形成装置 1 によれば、円筒振動板 3 a の径方向の中心部における音場作用を高めることが可能となる。

20

【 0 0 3 4 】

また、本実施形態の集束音場形成装置 1 においては、剛壁となる第 1 フランジ 3 b が円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿う方向の一方側の端部に設けられ、剛壁となる第 2 フランジ 3 c が、円筒振動板 3 a の軸芯 L に沿う方向の他方側の端部に設けられている。つまり、本実施形態の集束音場形成装置 1 では、円筒振動板 3 a の両端に振動しない剛壁が設けられている。このため、配管部 3 の両側をプラント等の配管に直接固定することができ、容易にプラント等の配管の一部に組み付けることが可能となる。

30

【 0 0 3 5 】

また、本実施形態の集束音場形成装置 1 においては、剛壁として、円筒振動板 3 a の軸芯 L を中心とする環状形状であって円筒振動板 3 a から円筒振動板 3 a の径方向に突出するフランジ（第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c ）とされている。このため、配管部 3 がプラント等で用いられる一般的な配管と同様の形状とすることができ、本実施形態の集束音場形成装置 1 の使い勝手を向上させることが可能となる。

40

【 0 0 3 6 】

また、本実施形態の集束音場形成装置 1 においては、第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c の長さ寸法 d a が、円筒振動板 3 a の径方向の厚み寸法 d b よりも大きく設定されている。このため、第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c の剛性を円筒振動板 3 a よりも極めて高めることができ、円筒振動板 3 a の共振により、第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c が振動することをより確実に防止することができる。

【 0 0 3 7 】

また、本実施形態の集束音場形成装置 1 においては、振動子ユニット 2 と円筒振動板 3 a との間に介挿されると共に円筒振動板 3 a と同一材料からなるシム 5 を備える。このた

50

め、振動子ユニット2と円筒振動板3 aとの間に空間が発生することを抑止し、振動の電動面積を広く確保することができる。

【0038】

以下、上記実施形態の集束音場形成装置1の実施例について、図5～図9を参照して説明する。

【0039】

本実施例では、エキスポネンシャルホーン2 b、共振棒2 c、配管部3及びシム5がジュラルミンによって形成され、振動子2 aとして27kHz用のボルト締めランジュバン型振動子を用いる構成とした。また、配管部3の各箇所の寸法は、図5に示す通りとした。つまり、本実施例では、円筒振動板3 aの長さ寸法d1が109mm、円筒振動板3 aの内径寸法d2が105.2mm、円筒振動板3 aの厚さ寸法d3が4.3mm、第1フランジ3 b及び第2フランジ3 cの長さ寸法daが25mm、第1フランジ3 b及び第2フランジ3 cの厚さ寸法dbが40mm、貫通孔3 a1の直径寸法が5mmの配管部3を用いる構成とした。なお、本実施例では、図5に示すように、円筒振動板3 aの軸芯Lに沿う方向をY軸方向とし、Y軸に直交する水平方向をX軸方向とし、X軸及びY軸と直交する方向をZ軸方向としている。

10

【0040】

円筒振動板3 aの振動モードを明らかにするために円筒振動板3 aの外径部のY軸上におけるたわみ振動変位分布の測定を行った。測定条件は、振動子2 aへの供給電力を1W一定とし、駆動周波数27.383kHzで行った。なお、たわみ振動変位の測定は、レーザードップラ振動計(小野測器、LV-1610)を用いて行った。

20

【0041】

図2に、たわみ振動変位分布の測定位置を示す。本実施例では、図2の矢印A～Dで示す円筒振動板3 a、第1フランジ3 b及び第2フランジ3 cの外周面上の箇所のたわみ振動変位分布をY軸に沿って測定した。図6は、たわみ振動変位分布の測定結果を示すグラフである。なお、図6では、横軸にY軸の座標、縦軸にたわみ振動変位の片振幅をとっている。また、図6においては、図2の矢印Aで示す箇所での測定結果を四角形状のポイントで示し、図2の矢印Bで示す箇所での測定結果をひし形状のポイントで示し、図2の矢印Cで示す箇所での測定結果を三角形形状のポイントで示し、図2の矢印Dで示す箇所での測定結果を丸形状のポイントで示している。

30

【0042】

図6に示すように、まず厚さ寸法d3が4.3mmの円筒振動板3 aのたわみ振動変位は、いずれの測定位置においても6つの節位置がある分布となることが分かった。また、たわみ振動変位の節位置は、いずれの測定位置においてもほぼ同じY軸の座標となることが分かった。これより、たわみ振動変位の節位置は、6つの節円の形状となっていることが分かった。これは、円筒振動板3 aが図6に示すように軸芯Lに沿った定在波状となるように共振し、円筒振動板3 aから径方向内側に放射された音波同士が打消し合うことなく干渉した結果生じたものと考えられる。

【0043】

また、たわみ振動変位の大きさは、共振棒2 cから見て反対の部分において最も変位が大きくなり、それ以外の部分においてはほぼ同じとなった。これは、実施例で用いた配管部3の形状誤差に起因するものと考えられ、形状誤差がない場合には全ての部分において、たわみ振動変位の大きさが同じになると考えられる。

40

【0044】

また、第1フランジ3 b及び第2フランジ3 cにおいて、たわみ振動変位は、いずれの測定位置においても、円筒振動板3 aと比較して小さい値となっていることが分かった。これより、第1フランジ3 b及び第2フランジ3 cが剛壁として働いていることが分かる。以上より、円筒振動板3 aが6つの節円をもつ節円筒モードで共振すること、さらに第1フランジ3 b及び第2フランジ3 cの振動変位振幅は非常に小さいことが明らかになった。

50

【 0 0 4 5 】

次に、円筒振動板 3 a により形成される音場を明らかにするために円筒振動板 3 a の内部 (Y Z 平面 (X = 0 m m)) の音圧分布の測定を行った。測定条件は、振動子 2 a への供給電力を 0 . 5 W 一定とし、駆動周波数 2 7 . 3 8 3 k H z で行った。なお、音圧の測定は、プローブ付きマイクロフォンを用いて行った。

【 0 0 4 6 】

図 7 は音圧分布の結果である。図 7 では、横軸を Y 軸の座標、縦軸を Z 軸の座標とし、音圧をマイクロフォン出力電圧の最大値で規格化した値の白黒マップで示している。この図に示すように、音圧分布は、Z 軸方向に 1 6 の節線があることが分かる。これは、音圧の節は、円筒振動板 3 a の内部に同心円筒状に 8 つあるためと考えられる。また、測定範囲において、音圧分布の節は Y 軸方向に 1 つ確認できた。これより、Y 軸方向の音圧の節は、円筒振動板 3 a の全体において 2 つあると考えられる。また、音圧は、Z 軸の内径中央部分において、Y 軸方向に極大値があることがわかる。これは、円筒振動板 3 a から放射された音波が、Z 軸の内径中央部分において重なりあって、強め合ったためと考えられる。

10

【 0 0 4 7 】

図 8 は、図 7 より抽出した Y = 7 9 . 5 m m における Z 軸方向の音圧分布の結果を示すグラフである。図 8 では、横軸を Z 軸の座標、Y 軸を抽出した範囲の最大値で規格化した音圧とした。図 8 より、Z 軸方向の音圧分布は、円筒振動板 3 a の内径中央部分で非常に高い値となっていること、また円筒振動板 3 a の付近の方が低い値となっていることが分かった。また、音圧の極大値は、円筒振動板 3 a の付近と比較して、円筒振動板 3 a の内径中央部分において約 5 倍の値が得られていたことが分かった。また、図 7 に示す結果と同様に、音圧の節は、Z 軸方向に 1 6 あり、同心円状の節円が 8 つあると考えられる。

20

【 0 0 4 8 】

次に、集束音場形成装置 1 の基礎特性として、振動子 2 a への入力電力に対する音圧の測定を行った。測定は、振動子 2 a への入力電力を変化させた場合の Y Z 平面 (X = 0 m m) における Y = 5 4 . 5 m m 、 Z = 5 2 . 6 m m 位置の音圧をマイクロフォンで求める方法で行った。

【 0 0 4 9 】

図 9 は、その結果である。図 9 では、横軸を音源への入力電力、縦軸を音圧としている。この図より、音圧は、振動子 2 a への入力電力の増加と共に上昇していることがわかる。音圧は、入力が 9 W の際に約 7 k P a となった。なお、これ以上の入力電力においては、音圧がマイクロフォンの定格を超えてしまうため、測定を行っていない。従来の集束音場形成装置 1 では、振動子 2 a への入力電力が 9 W 程度で音圧が 7 k P a となることはなかった。本実施例においては、マイクロフォンの定格を超えてしまうことから振動子 2 a への入力電力を 9 W に抑えたが、振動子 2 a へはさらに大きな電力を入力することができる。このため、集束音場形成装置 1 は、極めて大きな音圧の音場を小さな入力電力で形成することが可能であることが分かった。

30

【 0 0 5 0 】

以上のような実施例により、円筒振動板 3 a の端部に剛壁である第 1 フランジ 3 b 及び第 2 フランジ 3 c を設置しても、円筒振動板 3 a を節円筒モードで共振させることが可能であることが分かった。また、円筒振動板 3 a の内部にて得られる音場は、音圧の節が同心円状に 8 つあることが分かった。円筒振動板 3 a の径方向中央部にて入力電力 9 W の際、約 7 k P a が得られることが分かった。

40

【 0 0 5 1 】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されないことは言うまでもない。上述した実施形態において示した各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の趣旨から逸脱しない範囲において設計要求等に基づき種々変更可能である。

【 0 0 5 2 】

50

例えば、上記実施形態においては、本発明の筒振動板として円筒振動板 3 a を用いる構成について説明した。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、軸芯に沿う方向から見て多角形状の筒振動板を用いることも可能である。

【 0 0 5 3 】

また、上記実施形態においては、本発明の剛壁として、円筒振動板 3 a の全周に設けられた第 1 フランジ 3 b と第 2 フランジ 3 c とを備える構成について説明した。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、円筒振動板 3 a の周方向に一部が破断されたフランジを剛壁として用いることも可能である。または、ブロック状の部位を設けて剛壁とすることも可能である。

【 0 0 5 4 】

また、上記実施形態においては、本発明の集束音場形成装置を集塵装置として用いる構成について説明した。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、霧化装置や脱臭装置に適用することも可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

1 …… 集束音場形成装置、 2 …… 振動子ユニット、 2 a …… 振動子、 2 b …… エキスポンシャルホーン、 2 c …… 共振棒、 3 …… 配管部、 3 a …… 円筒振動板（筒振動板）、 3 b …… 第 1 フランジ（剛壁）、 3 c …… 第 2 フランジ（剛壁）、 4 …… ネジ、 5 …… 外側シム（シム）、 6 …… 内側シム

【 図 1 】

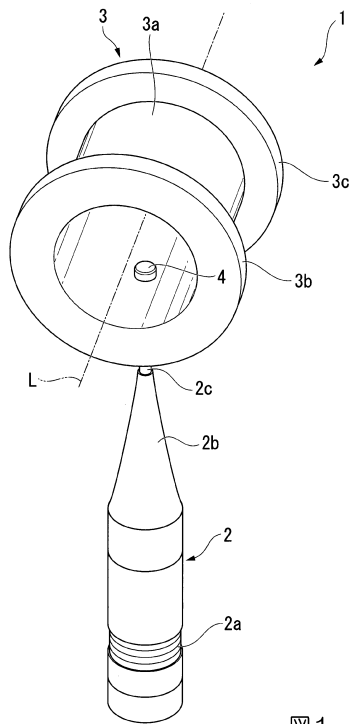


図 1

【 図 2 】

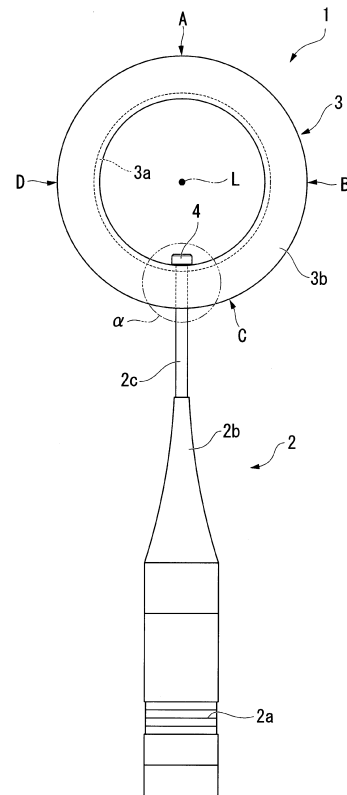


図 2

【図3】

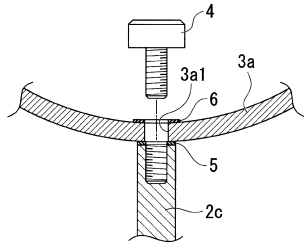


図3

【図5】

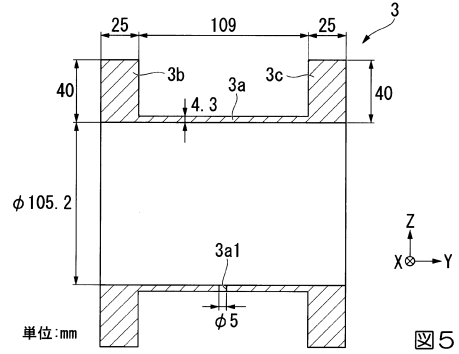


図5

【図4】

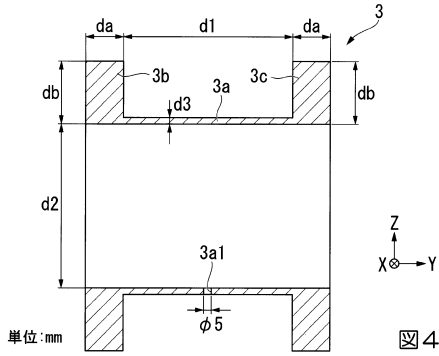
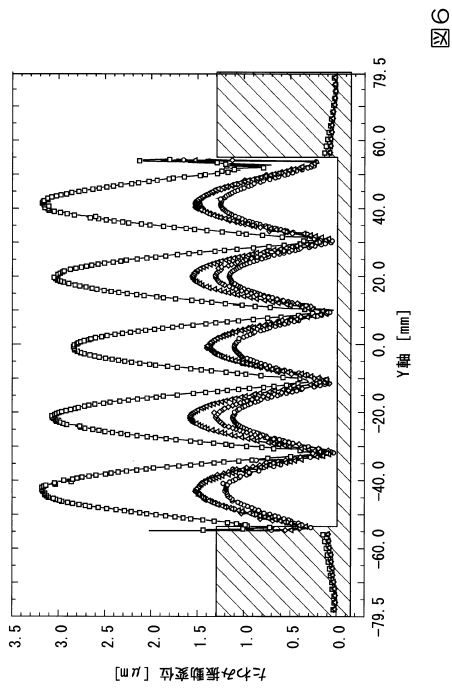


図4

【図6】



【図7】

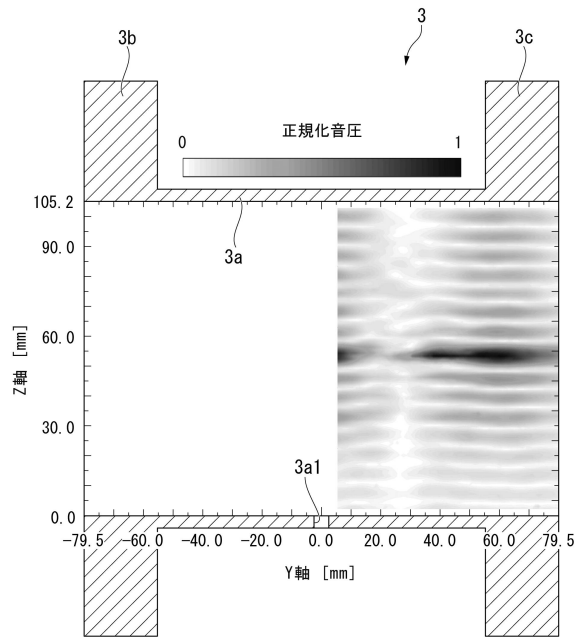


図7

【 図 8 】

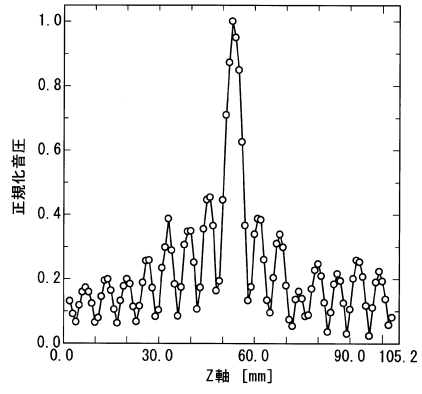


図8

【 図 9 】

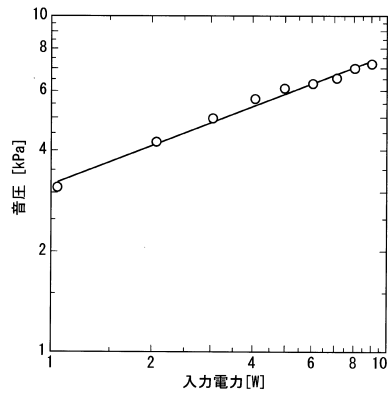


図9

フロントページの続き

(72)発明者 浅見 拓哉

東京都千代田区九段南四丁目8番24号 学校法人日本大学内

審査官 若林 治男

(56)参考文献 特開2016-147247(JP,A)

特開昭49-097611(JP,A)

特開平10-009084(JP,A)

特開平6-47346(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B06B 1/02

B06B 1/06

B06B 1/08

H04R 1/02