

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-15552

(P2010-15552A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05D 19/02 (2006.01)	G05D 19/02 D	3B155
D06F 33/02 (2006.01)	D06F 33/02 P	5D061
D06F 39/12 (2006.01)	D06F 39/12 B	
G10K 11/178 (2006.01)	G10K 11/16 H	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2009-132139 (P2009-132139)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成21年6月1日 (2009.6.1)		パナソニック株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2008-145305 (P2008-145305)		大阪府門真市大字門真1006番地
(32) 優先日	平成20年6月3日 (2008.6.3)	(74) 代理人	100098291
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 小笠原 史朗
		(74) 代理人	100142251
			弁理士 桑原 薫
		(74) 代理人	100151541
			弁理士 高田 猛二
		(72) 発明者	角張 勲
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		Fターム(参考)	3B155 AA10 BA03 CA02 GC05 JA01
			KA35 KB07 LA17 LB27 LC07
			MA01 MA08 MA10
			5D061 FF02

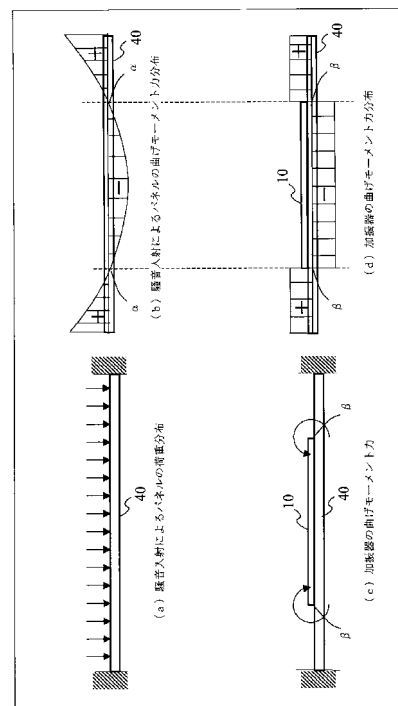
(54) 【発明の名称】 能動騒音低減装置及びシステム

(57) 【要約】

【課題】装置の規模を大きくすることなく、広い周波数帯域にわたって、優れた遮音効果を発揮することができる能動騒音低減装置を提供する。

【解決手段】加振器10の端部 β 、すなわち加振器10による曲げモーメント力の発生位置 β を、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α と一致させる。これにより、騒音振動に近似した制御振動を励起することが可能になる。従って、低減したい騒音周波数によって定まるパネル40の位置 α に、加振器10の端部 β を合わせて固着すれば、対象騒音周波数に起因する騒音を効果的に抑制することができる。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

騒音源から放射される騒音によって生じるパネルの騒音振動を抑制させる能動騒音低減装置であって、

前記パネルに固着され、前記騒音振動と振動方向が逆の制御振動を制御信号に従って前記パネルに励起させる平板状の加振器と、

前記パネルの騒音振動によって生じる伝搬音又は前記パネルの振動の一方を検出する検出器と、

前記検出器で検出された結果に基づいて、前記パネルの騒音振動を抑制するための制御振動を前記加振器に生じさせる前記制御信号を生成する制御部とを備え、

前記加振器は、前記騒音振動による前記パネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置に、前記加振器の各端部を一致させて設置されている、能動騒音低減装置。

【請求項 2】

前記加振器は、前記騒音振動による前記パネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置のうち前記パネル上の最も外周側にある位置に、前記加振器の各端部を一致させて設置されている、請求項 1 に記載の能動騒音低減装置。

【請求項 3】

前記検出器は、前記騒音源から放射される騒音又は前記騒音源の振動の一方をさらに検出する、請求項 1 又は 2 に記載の能動騒音低減装置。

【請求項 4】

前記加振器は、入力される前記制御信号に応じて力学的変化を行う圧電材料である、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の能動騒音低減装置。

【請求項 5】

騒音源から放射される騒音によって生じるパネルの騒音振動を抑制させる能動騒音低減装置であって、

前記パネルに積層して固着され、前記騒音振動と振動方向が逆の制御振動を複数の制御信号に従って前記パネルにそれぞれ励起させる複数の平板状の加振器と、

前記パネルの騒音振動によって生じる伝搬音又は前記パネルの振動の一方を検出する検出器と、

前記検出器で検出された結果に基づいて、前記パネルの騒音振動を抑制するための制御振動を前記複数の加振器にそれぞれ生じさせる前記複数の制御信号を生成する制御部とを備え、

前記複数の加振器のそれぞれは、騒音を形成する複数の騒音周波数のいずれかに基づいた騒音振動による前記パネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置に、前記加振器の各端部を一致させて設置されている、能動騒音低減装置。

【請求項 6】

前記複数の加振器のそれぞれは、前記騒音を形成する複数の騒音周波数のいずれかに基づいた騒音振動による前記パネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置のうち前記パネル上の最も外周側にある位置に、前記加振器の各端部を一致させて設置されている、請求項 5 に記載の能動騒音低減装置。

【請求項 7】

前記検出器は、前記騒音源から放射される騒音又は前記騒音源の振動の一方をさらに検出する、請求項 5 又は 6 に記載の能動騒音低減装置。

【請求項 8】

前記加振器は、入力される前記制御信号に応じて力学的変化を行う圧電材料である、請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の能動騒音低減装置。

【請求項 9】

外周部がフレームによって固定された平板状のパネルをさらに備え、

前記パネル、前記加振器、前記検出器、及び前記制御部が、1 組のモジュールとして構成されている、請求項 1 に記載の能動騒音低減装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

請求項 9 に記載のモジュールを二次元的に複数配置させた、能動騒音低減装置。

【請求項 11】

A V 機器と、

前記 A V 機器が設置された居室と隣接する居室との間に設置される、請求項 10 に記載の能動騒音低減装置とで構成され、

前記検出器は、前記 A V 機器の音声信号を検出する、能動騒音低減システム。

【請求項 12】

洗濯機と、

請求項 1 に記載の能動騒音低減装置とで構成され、

前記加振器が、前記洗濯機の筐体パネルに固着され、

前記検出器が、前記騒音源となる前記洗濯機のモータ及び前記パネルとなる前記洗濯機の筐体パネルから、音又は振動を検出する、能動騒音低減システム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、能動的に振動を制御することで騒音を低減し、優れた遮音効果を実現する能動騒音低減装置、及び能動騒音低減装置を利用したシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、広い周波数帯域にわたって遮音性能を確保するための技術として、特許文献 1 に記載の技術がある。図 25 は、特許文献 1 に記載された技術を説明するための図である。図 25 において、複合遮音材 51 は、表面板 52 の裏面に損失係数の大きな (0.2 以上の) 制振材 53 を積層して形成されている。この複合遮音材 51 を壁の表面に配置することで、遮音壁を形成している。

【0003】

また、能動的に騒音制御を行う従来技術として、特許文献 2 に記載の技術がある。図 26 は、特許文献 2 に記載された技術を説明するための図である。図 26 において、換算回路 65 は、複数の振動センサ 63 で得られた電気信号を、遮音壁 61 より放射される音響放射パワーに換算する。制御回路 66 は、騒音検出センサ 64 の出力と換算回路 65 の換算出力とから、換算回路 65 の出力信号を小さくする制御信号を生成してアクチュエータ 62 に出力する。この構成によれば、振動センサ 63 で検知された振動をアクチュエータ 62 で振動を抑制するので、騒音を低減することができる。

【0004】

また、圧電材料を加振器として用いてパネルの振動の能動的制御する従来技術として、特許文献 3 に記載の技術がある。図 27 は、特許文献 3 に記載された技術を説明するための図である。図 27 において、騒音源 n から入射する騒音によって励起された第 1 及び第 2 のパネル 71 及び 72 の振動は、第 1 及び第 2 の振動検出センサ 75 及び 76 でそれぞれ検出される。制御器 74 は、第 1 及び第 2 の振動検出センサ 75 及び 76 からの入力信号に基づき、第 2 のパネル 72 の振動を抑制する信号を出力し、第 1 及び第 2 のパネル 71 及び 72 を介して圧電素子 73 に印加する。この構成によれば、圧電素子 73 が印加電圧に応じて振動して第 2 のパネル 72 の振動を抑制するので、騒音を低減することができる。

【0005】

さらに、圧電材料を加振器として用いてパネルの振動の能動的制御する従来技術として、特許文献 4 に記載の技術がある。図 28 は、特許文献 3 に記載された技術を説明するための図である。図 28 において、検出器 81 は、パネル 84 に発生している加速度を検出する。制御部 83 は、検出器 81 の検出信号に基づいて、パネル 84 の騒音信号を抑制するための制御信号を生成し、加振器 82 に出力する。パネル 84 に貼り付けられた加振器 82 は、制御部 83 からの制御信号に従ってパネル 84 にその歪みを伝達する。この構

10

20

30

40

50

成によれば、加振器 8 2 に制御信号を入力したときの初期変位の方向と定常変位の方向とが一致するパネル 8 4 上の領域に検出部 8 1 を配置しているため、高い利得をかけたフィードバック制御を適用しても制御系が安定化し、広い周波数帯域にわたって振動抑制効果を得ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開平 5 - 8 6 6 5 8 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 1 4 9 2 7 1 号公報

【特許文献 3】特開平 6 - 1 2 0 8 1 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 6 - 2 1 5 9 9 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載の技術では、広い周波数帯域の騒音に対して優れた遮音特性を確保するためには、重量の大きい材料を制振材として用いて大きな損失係数を確保しなければならないという問題がある。

【0008】

また、上記特許文献 2 に記載の技術では、アクチュエータ 6 2 による点加振を行っているため、振動周波数が高くなれば制振できる領域がアクチュエータ 6 2 直下近傍に限られてしまう。従って、広い周波数帯域の騒音に対して制振を行うには多数の振動検出センサ及びアクチュエータが必要になり、それに伴い制御回路の規模が大きくなるという問題がある。

【0009】

また、上記特許文献 3 及び 4 に記載の技術では、検出器を設置したパネルの振動を加振器によって低減するため、制御する騒音の周波数によって、パネルのサイズを調整しなければならないという問題がある。

【0010】

それ故に、本発明の目的は、加振器の配置を調整することで、装置の規模を大きくすることなく、広い周波数帯域にわたって、優れた遮音効果を発揮することができる能動騒音低減装置及びシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本発明は、騒音源から放射される騒音によって生じるパネルの騒音振動を抑制させる能動騒音低減装置に向けられている。そして、上記目的を達成するために、本発明の能動騒音低減装置は、パネルに固着され、騒音振動と振動方向が逆の制御振動を制御信号に従ってパネルに励起させる平板状の加振器と、パネルの騒音振動によって生じる伝搬音又はパネルの振動の一方を検出する検出器と、検出器で検出された結果に基づいて、パネルの騒音振動を抑制するための制御振動を加振器に生じさせる制御信号を生成する制御部とを備えている。加振器は、騒音振動によるパネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置に、加振器の各端部を一致させて設置されている。

【0012】

加振器は複数であってもよく、この場合には、騒音を形成する複数の騒音周波数のいずれかに基づいた騒音振動によるパネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置に、複数の加振器それぞれの各端部を一致させてパネルに積層して設置される。

【0013】

加振器は、騒音振動によるパネルの曲げモーメント力分布の符号が変化する位置のうちパネル上の最も外周側にある位置に、加振器の各端部を一致させて設置されることが好ましい。また、検出器は、騒音源から放射される騒音又は騒音源の振動の一方をさらに検出してもよい。典型的な加振器は、入力される制御信号に応じて力学的変化を行う圧電材料

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 1 4 】

この能動騒音低減装置は、外周部がフレームによって固定された平板状のパネルと共に 1 組のモジュール化することが可能であり、このモジュールを二次元的に複数配置すれば、能動騒音制御パネルを構成することができる。また、この能動騒音制御パネルを A V 機器が設置された居室と隣接する居室との間に設置し、検出器で A V 機器の音声信号を検出すれば、A V 機器を含む能動騒音低減システムを構築できる。

【 0 0 1 5 】

さらには、この能動騒音低減装置は、洗濯機の筐体パネルに加振器を固着し、検出器で騒音源となる洗濯機のモータ及び洗濯機の筐体パネルから音又は振動を検出すれば、洗濯機を含む能動騒音低減システムを構築できる。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

上記本発明によれば、装置の規模を大きくすることなく、広い周波数帯域にわたって、優れた遮音効果を発揮することができる能動騒音低減装置を実現できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態に係る能動騒音低減装置 1 の構成を示す図

【 図 2 】 加振器 1 0 に生じる機械的変化を説明する図

【 図 3 】 加振器 1 0 を表面に固着させたパネル 4 0 の機械的変化を説明する図

20

【 図 4 】 パネル 4 0 に固着した加振器 1 0 の端部に発生する曲げモーメント力を説明する図

【 図 5 】 梁形状のパネル 4 0 での加重状態と曲げモーメント力分布の関係を示す図

【 図 6 】 加振条件の違いによる梁形状のパネル 4 0 の変位の一例を示す図

【 図 7 】 梁形状のパネル 4 0 における騒音低減効果の一例を示す図

【 図 8 】 平面形状のパネル 4 0 における曲げモーメント力分布の一例を示す図

【 図 9 】 平面形状のパネル 4 0 における振動の変位分布及び音圧分布の一例を示す図

【 図 1 0 】 平面形状のパネル 4 0 における騒音低減効果分布の一例を示す図

【 図 1 1 】 平面形状のパネル 4 0 における曲げモーメント力分布の他の一例を示す図

【 図 1 2 】 平面形状のパネル 4 0 における振動の変位分布及び音圧分布の他の一例を示す図

30

【 図 1 3 】 平面形状のパネル 4 0 における騒音低減効果分布の他の一例を示す図

【 図 1 4 】 第 1 の実施形態に係る能動騒音低減装置 1 の他の構成を示す図

【 図 1 5 】 本発明の第 2 の実施形態に係る能動騒音低減装置 2 の構成を示す図

【 図 1 6 】 フィードフォワード構成による能動騒音低減装置 2 の詳細を示す図

【 図 1 7 】 能動騒音低減装置 2 の他の構成を示す図

【 図 1 8 】 パネル 4 0 における騒音振動の変位を説明する図

【 図 1 9 】 パネル 4 0 における騒音振動のモーメント力分布を説明する図

【 図 2 0 】 パネル 4 0 における制御振動の変位分布を説明する図

【 図 2 1 】 特定条件下でのパネル 4 0 における騒音低減効果分布の一例を示す図

40

【 図 2 2 】 本発明の能動騒音低減装置を用いた構成例 1 を説明する図

【 図 2 3 】 本発明の能動騒音低減装置を用いた構成例 2 を説明する図

【 図 2 4 】 本発明の能動騒音低減装置を用いた構成例 3 を説明する図

【 図 2 5 】 従来の遮音壁の構成例を示す図

【 図 2 6 】 従来の遮音壁の他の構成を示す図

【 図 2 7 】 従来の遮音壁の他の構成を示す図

【 図 2 8 】 従来の遮音壁の他の構成を示す図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

< 第 1 の実施形態 >

50

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る能動騒音低減装置 1 の構成を示す図である。図 1 において、第 1 の実施形態に係る能動騒音低減装置 1 は、加振器 10 と、制御部 20 と、検出器 30 とを備える。パネル 40 は、騒音源 n に起因して生じる騒音振動を低減する対象物であり、例えば振動し易い壁面や電化製品の筐体等が考えられる。

【0019】

加振器 10 は、厚みが薄い平板の形状をしており、パネル 40 の表面に貼り付ける等して固着されている。この加振器 10 には、例えば結晶に電界を加えるとひずみを生じるジルコチタン酸鉛等のセラミックスやポリフッ化ビニリデン等の高分子樹脂に代表される圧電材料が用いられる。検出器 30 は、騒音源 n に対してパネル 40 を隔てた所定の位置に設けられる。

10

【0020】

以下、第 1 の実施形態に係る能動騒音低減装置 1 の動作を説明する。

騒音源 n から放射された騒音は、パネル 40 に入射されて、騒音に起因する振動（以下、騒音振動という）をパネル 40 に励起する。パネル 40 からは騒音振動によって音が放射され、これにより騒音源 n に基づく騒音が検出器 30 に伝搬する。検出器 30 は、パネル 40 から放射される伝搬音を検出し、検出した伝搬音のレベルに応じた検出信号を制御部 20 に出力する。制御部 20 は、検出器 30 が検出した検出信号をより小さくするための制御信号（電気信号）を生成して、加振器 10 に出力する。加振器 10 は、制御部 20 から与えられる制御信号に応じて面方向にひずみを発生させて、騒音振動とは振動方向が逆となる制御振動をパネル 40 に励起する。

20

【0021】

図 2 は、加振器 10 に生じる機械的変化を説明する図である。図 3 は、加振器 10 をパネル 40 の表面に固着させた場合のパネル 40 の機械的変化を説明する図である。図 4 は、加振器 10 の端部に発生する曲げモーメント力を説明する図である。

【0022】

加振器 10 は、与えられる電気信号のレベルに応じて、面方向にひずみを生じる、すなわち伸張又は縮小を行う（図 2）。従って、この加振器 10 を貼り付けたパネル 40 において加振器 10 の伸張又は縮小を行えば、伸張の時には加振器 10 側が凸状態に反った形状（図 3 の（a））に、縮小の時には加振器 10 側が凹状態に反った形状（図 3 の（b））に、それぞれ変形する。このように、加振器 10 を歪ませれば、パネル 40 に振動を励起することができる。

30

【0023】

加振器 10 からパネル 40 への加振力は、図 4 中の矢印で示すように加振器 10 の端部に発生する曲げモーメント力で示すことができる。従って、パネル 40 に対して加振器 10 の端部位置を調整することによって、パネル 40 の任意の位置で曲げモーメント力による加振を行うことができる。

【0024】

次に、騒音によって発生したパネル 40 の騒音振動と近似した制御振動を発生させるための、好適な加振器 10 の配置について説明する。まず、原理を容易に理解できるようにするため、パネル 40 が梁形状である場合を説明する。

40

【0025】

騒音が入射されることによるパネル 40 への加振は、騒音の周波数が低い場合には図 5 の（a）で示すように等分布加重として考えることができる。パネル 40 の両端が固定されているとすると、パネル 40 に発生する曲げモーメント力は例えば図 5 の（b）に示す分布となる。すなわち、パネル 40 の振動は、騒音入射によって図 5 の（b）等を示す曲げモーメント力を受けることで励起される。一方、パネル 40 に固着した加振器 10 は、図 5 の（c）に示すように、その端部 β に発生する曲げモーメント力でパネル 40 を加振する。そのときにパネル 40 に発生する曲げモーメント力は、例えば図 5 の（d）に示す分布となる。

【0026】

50

従って、加振器 10 の端部 β 、すなわち加振器 10 による曲げモーメント力の発生位置 β を、騒音振動によるパネル 40 の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α と一致させることで（図 5 の（b）と（d）の関係）、騒音振動に近似した制御振動を励起することが可能になる。すなわち、低減したい騒音周波数（対象騒音周波数）によって定まるパネル 40 の位置 α に、加振器 10 の端部 β を合わせて固着すれば、対象騒音周波数に起因する騒音を効果的に抑制することができるのである。

【0027】

図 6 に、加振条件の違いによるパネル 40 の変位を示す。パネル 40 は、長さ 30 cm、幅 1 cm、及び厚み 0.5 mm のステンレス板とし、静加重を加えた条件で解析した。加振器 10 による曲げモーメント力の発生位置 β を騒音振動による曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α と一致させた場合の変位分布（実線）は、等分布加重によるパネル 40 の変位分布（点線）と近似することが分かる。一方、一致させない場合（図 6 の例では、 ± 2.5 cm ずれている）の変位分布（一点鎖線）は、等分布加重によるパネル 40 の変位分布（点線）と近似しない。

10

【0028】

図 7 に、騒音源 n を底面に、かつ、梁形状のパネル 40 を天面の一部に設置した防音箱 90 において、騒音源 n から騒音放射した条件下で、騒音振動による曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α に端部 β が一致するように加振器 10 を配置し、検出器 30 の位置で騒音を打ち消すようにパネル 40 の制御振動を励起させた場合の騒音低減効果の一例を示す。なお、パネル 40 は上記サイズのステンレス平板とし、防音箱 90 は幅 36 cm $\times$ 奥行き 31 cm $\times$ 高さ 33 cm の直方体とし、パネル 40 から検出器 30 までの距離を 13 cm としている。解析の結果、パネル 40 の騒音振動と制御振動とを近似させることによって、騒音源 n から放射される騒音の波面とパネル 40 から放射される制御音の波面とが近似するため、検出器 30 の位置を含む広い範囲で騒音低減効果が得られた。

20

【0029】

次に、平面形状のパネル 40 を用いた場合を説明する。

図 8 に、騒音源 n を底面に、かつ、平面形状のパネル 40 を天面の一部に設置した防音箱 90 において、騒音源 n から騒音放射した条件下でのパネル 40 の曲げモーメント力分布図を示す。なお、パネル 40 及び防音箱 90 のサイズは、上述したとおりである。図 8 の（a）及び（b）において、点線で示す位置が曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α となる。

30

【0030】

図 9 に、図 8 の点線に沿って加振器 10 をパネル 40 に配置して防音箱 90 を構成した場合の解析結果を示す。図 9 の（b）は、騒音源 n から周波数 50 Hz の騒音を入射しただけの場合と、周波数 50 Hz の正弦波信号で加振器 10 を歪ませただけの場合とにおける、パネル 40 の振動変位分布を示している。図 9 の（c）は、パネル 40 から放射される音の音圧分布を示している。このように、加振器 10 による曲げモーメント力の発生位置 β を、騒音振動によるパネル 40 の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α と一致させることで、平面形状のパネル 40 においても振動変位分布及び音圧分布が近似した制御信号を得ることができる。

40

【0031】

図 10 に、騒音源 n を底面に、かつ、平面形状のパネル 40 を天面の一部に設置した防音箱 90 において、騒音源 n から周波数 50 Hz の騒音を放射した条件下で、騒音振動による曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α に端部の位置 β が一致するように加振器 10 を配置し、検出器 30 の位置で騒音を打ち消すようにパネル 40 の制御振動を励起させた場合の騒音低減効果を示す。なお、各種の条件は、上述したとおりである。解析の結果、検出器 30 の位置を含む広い範囲で騒音低減効果が得られた。

【0032】

同様に、上述した防音箱 90 において騒音源 n から周波数 180 Hz の騒音を放射した条件下で解析した結果を、図 11 ~ 図 13 に示しておく。

50

【 0 0 3 3 】

パネル 4 0 の曲げモーメント力は、測定や解析で求めてもよいし、下記の計算式に従って求めてもよい。パネル 4 0 等の二次元平板での任意の位置における x 軸方向及び y 軸方向の曲げモーメント力は、よく知られているように以下の式で得ることができる。

【 0 0 3 4 】

【 数 1 】

$$M_x = -D \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \quad (1)$$

10

【 数 2 】

$$M_y = -D \left[\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right] \quad (2)$$

ここで、D は板の曲げ剛性で、以下の式 3 で表される。

【 0 0 3 5 】

【 数 3 】

20

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (3)$$

但し、w : 板の変位、ν : ポアソン比、E : ヤング率、h : 板厚である。

また、式 1 及び式 2 中の曲率は、以下のように変換できる。

【 0 0 3 6 】

【 数 4 】

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} (-\tan \theta_y) \quad (4)$$

30

【 数 5 】

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial y} (\tan \theta_x) \quad (5)$$

ここで、θ_x 及び θ_y は、曲げモーメント力を求める位置の回転角を示す。

【 0 0 3 7 】

40

すなわち、本実施形態で示した曲げモーメント力分布の符号が変化する位置は、回転角が零に近く、その近傍の位置で回転方向が互いに逆向きであればよい。回転角の大きさと向きは、例えば近接する 2 点以上の点の変位及び位相から求めることが可能である。上述したように、第 1 の形態形態で示す能動騒音低減装置 1 で良好な騒音低減効果を得るためには、直接的に曲げモーメント力を知る必要はなく、例えばパネル 4 0 の各位置での回転角の値等から加振器 1 0 の最適配置を導出することも可能である。

【 0 0 3 8 】

以上のように、本発明の第 1 の実施形態に係る能動騒音低減装置 1 によれば、加振器 1 0 を固着する位置を工夫することで、装置の規模を大きくすることなく、対象とする騒音周波数の騒音を効果的に低減することができる。

50

【0039】

なお、上記実施形態では、パネル40を隔てて騒音源nと反対側に検出器30を設けたフィードバック構成を例示した。しかし、図14のように、騒音源nとパネル40との間に、騒音源nから放射される騒音を検出し、検出した騒音のレベルに応じた検出信号を制御部20に出力する検出器31をさらに設けたフィードフォワード構成であってもよい。

【0040】

<第2の実施形態>

上記第1の実施形態に係る能動騒音低減装置1では、騒音を形成する騒音周波数が1つである場合を想定して1つの加振器10を設ける構成を説明した。しかし、複数の騒音周波数で騒音が形成される場合もあり得る。この場合、複数の騒音周波数を低減させるためには、複数の周波数にそれぞれ対応した複数の加振器を設けることが望ましい。

そこで、第2の実施形態では、複数の加振器を設けた構成を説明する。以下、騒音が4つの騒音周波数 $f_a \sim f_d$ を含んでいる場合を一例に挙げて説明する。

【0041】

図15は、本発明の第2の実施形態に係る能動騒音低減装置2の構成を示す図である。図15において、第2の実施形態に係る能動騒音低減装置2は、加振器10a～10dと、制御部20と、検出器30とを備える。この能動騒音低減装置2は、複数の加振器10a～10dを設けたことが上記能動騒音低減装置1と異なる。

【0042】

複数の加振器10a～10dは、騒音を構成する4つの騒音周波数 $f_a \sim f_d$ に対応してそれぞれ設けられており、上記第1の実施形態で説明した原理に基づいて、パネル40の表面に積層して固着されている。つまり、加振器10aは、騒音源nから周波数 f_a の騒音を放射した条件下で、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α に端部 β が一致するように配置される。加振器10bは、騒音源nから周波数 f_b の騒音を放射した条件下で、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α に端部 β が一致するように配置される。加振器10cは、騒音源nから周波数 f_c の騒音を放射した条件下で、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α に端部 β が一致するように配置される。加振器10dは、騒音源nから周波数 f_d の騒音を放射した条件下で、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α に端部 β が一致するように配置される。

【0043】

この第2の実施形態においても、上記図14と同様に、フィードフォワード構成を適用することができる。図16に、フィードフォワード構成における制御部20の詳細な構成例を示す。図16の制御部20は、FXフィルタ21と、係数更新器22と、適応フィルタ23とを備える。

【0044】

FXフィルタ21は、検出器31が検出した騒音のレベルに応じた検出信号を入力して、加振器10a～10dから検出器30までの伝達関数と同等な特性を、検出信号に与える。係数更新器22は、検出器30が検出した音のレベルに応じた検出信号を誤差信号として、またFXフィルタ21の出力信号を基準信号として入力する。そして、係数更新器22は、LMS (Least Mean Square) アルゴリズム等により基準信号と相関のある誤差信号が常に小さくなるように係数更新演算を行い、適応フィルタ23の係数を更新する。適応フィルタ23は、周波数帯域別にフィルタa～dを有しており、係数更新器22によって更新された係数で、検出器31が検出した検出信号をそれぞれフィルタリングして4つの制御信号を生成し、加振器10a～10dにそれぞれ出力する。

【0045】

検出器30の位置での騒音をNと、加振器10a～10dから検出器30までの伝達関数をCとすると、FXフィルタ21の特性はCとなる。ここで、係数更新器22を動作させて適応フィルタ23を収束させることにより検出器30の出力信号における騒音成分は零に近づき、適応フィルタ23は $-1/C$ の特性に収束する。従って、適応フィルタ23

の出力は、 $N \cdot (-1/C)$ となり加振器 10a ~ 10d に入力される。従って、検出器 30 で検出される騒音 N はパネル 40 からの制御音により、 $N \cdot (-1/C) \cdot C$ と合成され、 $N + N \cdot (-1/C) \cdot C = 0$ となり、検出器 30 では騒音が低減される。

【0046】

以上のように、本発明の第2の実施形態に係る能動騒音低減装置2によれば、騒音周波数が複数存在する場合であっても、複数の加振器10a ~ 10dを固着する位置をそれぞれ工夫することで、装置の規模を大きくすることなく、広い周波数帯域にわたって効果的に騒音を低減することができる。

【0047】

なお、伝達関数 C の時間変化が小さい場合は適応フィルタ23の係数更新は不要になるため、図17に示すように検出器31と $-1/C$ 特性を有するフィルタ24からなる制御部20とで、能動騒音低減装置2を構成することが可能になる。

【0048】

また、上記第1及び第2の実施形態では、検出器30及び31は音を検出する構成として説明しているが、いずれか一方又は両方の検出器を、騒音源 n 又はパネル40の振動を検出するセンサに置き代えても、同様の効果を奏することができる。さらには、騒音が騒音源 n に入力される電気信号に基づいて生じている（例えばスピーカ）場合には、この電気信号を検出して騒音制御することも可能である。

【0049】

< 加振器の効果的な配置 >

上記第1及び第2の実施形態では、加振器10及び10a ~ 10dの端部 β を騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α と一致させることを述べた。しかし、周波数によっては、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α が複数存在する場合もあり得る。この場合、対象騒音周波数における、加振器10の端部 β は、パネル40上の最も外周側にある位置 α と一致させて設計することが望ましい。このように設計すれば、騒音振動に最も近似した制御振動を形成できるからである。以下、上述したパネル40を梁形状と仮定したモデルにおける解析結果を、図18 ~ 図20に示す。

【0050】

図18に示すように、パネル40上の騒音振動の発生位置は、騒音周波数によって異なる。また、図19に示すように、パネル40の曲げモーメント力分布の位置も、騒音周波数によって異なる。さらに、騒音周波数が高くなると複数の位置で曲げモーメント力分布の符号が変化する事が分かる。図20に、図19で示した $P1_{(L)}$ 及び $P1_{(R)}$ と $P2_{(L)}$ 及び $P2_{(R)}$ との位置に、それぞれ端部 β を一致させて加振器10を固着させた時のパネル40の制御振動変位分布を示す。パネル40の最も外周側の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置である $P1$ に加振器10の端部 β を一致させた方が、騒音振動の変位分布と近似した制御振動の変位分布が得られることが分かる。

【0051】

図21に、図19で示した $P1$ の位置に加振器10の端部 β を一致させた場合の騒音低減効果を示す。図21に示すように、対象騒音周波数だけでなく、広い周波数帯域で広い範囲の騒音低減効果が得られることが分かる。これは、大半の騒音周波数は、パネル40の外周近傍に曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α を生じさせると考えられ、1つの加振器10の端部 β をパネル40の外周付近に配置しておけば、幾つかの騒音周波数については、曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α が近くなって騒音低減効果を発揮できるからである。

【0052】

このように、騒音振動によるパネル40の曲げモーメント力分布の符号が変化する位置 α のうち、パネル40上の最も外周側に加振器10の端部 β を一致させれば、対象騒音周波数以外の幾つかの周波数でも、騒音低減の効果を得ることができる。従って、サイズ制限やコスト制限等の問題で1つしか加振器10を用いることができないような場合には、

10

20

30

40

50

複数の騒音周波数から１つの騒音周波数（最適には、対象騒音周波数）を選択し、唯一の加振器１０の端部βを当該選択した騒音周波数についてパネル４０の曲げモーメント力分布の符号が変化する最も外周側にある位置αに固着する。こうすれば、複数の加振器を用いた構成には及ばないものの、従来の構成よりは効果の高い騒音低減制御を実現することができる。

【００５３】

< 能動騒音低減装置の構成例１ >

図２２は、本発明の能動騒音低減装置を用いた構成例１を説明する図である。この構成例１では、パネル４０をフレーム４１で固定し、かつ制御部２０、パネル４０に入射される騒音を検出する検出器３１、及びパネル４０の振動を検出する検出器３０と共にモジュール化している。パネル４０をフレーム４１で固定することによって、パネル４０の境界条件が一定になってパネル４０の振動が安定するため、優れた騒音低減効果を得るための加振器１０の固着位置が決まる。また、能動騒音低減装置をモジュール化することで、モジュール１１を複数配置することによって所望の面積で騒音低減効果を得られる能動騒音制御装置を構成することが可能になる。

10

【００５４】

< 能動騒音低減装置の構成例２ >

図２３の（ａ）は、本発明の能動騒音低減装置を用いた構成例２を説明する図である。この構成例２は、構成例１のモジュール１１を二次元的に複数配置して構成された能動制御パネルである。この能動制御パネルは、例えば住宅の壁１４ａと壁１４ｂとの間に設置される。複数のモジュール１１は、天井１２と床１３とモジュール設置用のフレーム１５とによって挟まれて固定されている。

20

【００５５】

図２３の（ｂ）は、能動制御パネルをＡＶ機器１６の後方の壁中（壁１４ａと壁１４ｂとの間）に設置した例を示している。制御部２０は、例えば検出器３１の信号としてＡＶ機器１６の音声信号を入力すると共に検出器３０の信号に基づいて制御信号を生成して加振器１０に出力し、検出器３０の信号が小さくなるように複数のモジュール１１の振動をそれぞれ制御する。ＡＶ機器１６の音声信号は、音声外部出力端子から又は音声再生スピーカ近傍に設置したマイクから取得することができる。

30

【００５６】

これにより、ＡＶ機器１６で再生される音声は、複数のモジュール１１に組み込まれた各パネル４０の振動制御によって低減され、壁１４ｂを挟んでＡＶ機器１６とは反対側の隣室の全域で騒音低減効果を得ることができる。もちろん、能動制御パネルを設置できる壁は、後方に限られるものではなく前方や床等であってもよい。また、能動騒音制御パネルは、わざわざ壁中に設置する必要はない。

【００５７】

< 能動騒音低減装置の構成例３ >

図２４は、本発明の能動騒音低減装置を用いた構成例３を説明する図である。この構成例３は、パネル４０が洗濯機１７の筐体パネルであり、加振器１０が筐体パネルに直接設置されている構成である。この構成では、洗濯機１７の騒音源、典型的には洗濯槽１８を回転させるモータ１９の振動又は騒音を検出器３１で検出すると共に、筐体パネルの振動を検出器３０で検出する。制御部２０では検出器３０及び３１の信号に基づいて制御信号を生成して加振器１０に出力し、モータ１９の回転に起因する洗濯機１７の筐体パネルの振動を低減する。これにより、洗濯機１７の内部で発生した振動や音が、洗濯機１７が置かれている部屋へ放射されることを抑制することができる。

40

【産業上の利用可能性】

【００５８】

本発明の能動騒音低減装置は、遮音部材、壁面を透過する騒音の低減装置、及び音響特性調整装置等として利用可能である。

【符号の説明】

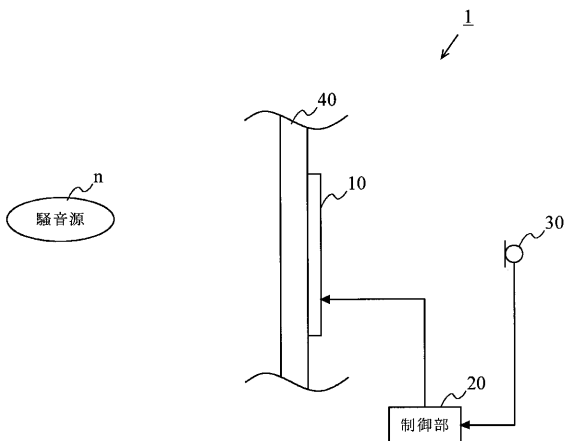
50

【 0 0 5 9 】

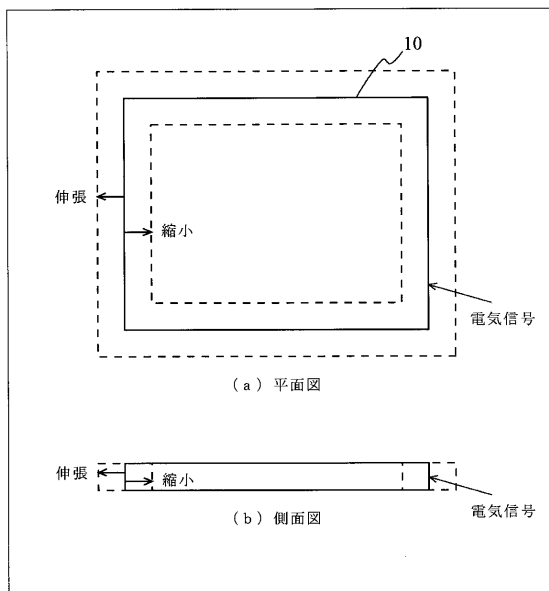
- 1、2 能動騒音低減装置
- 10、10a～10d 加振器
- 11 モジュール
- 12 天井
- 13 床
- 14a、14b 壁
- 15、41 フレーム
- 16 AV機器
- 17 洗濯機
- 18 洗濯槽
- 19 モータ
- 20 制御部
- 21、23、24 フィルタ
- 22 係数更新部
- 30、31 検出器
- 40 パネル
- 90 防音箱
- n 騒音源

10

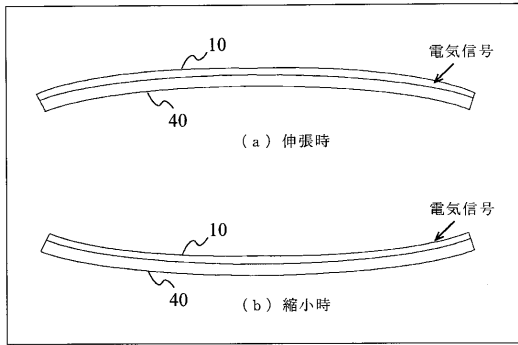
【 図 1 】



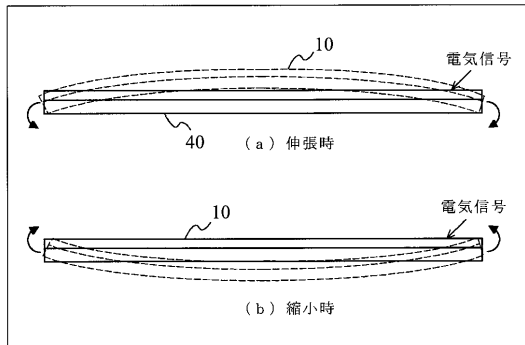
【 図 2 】



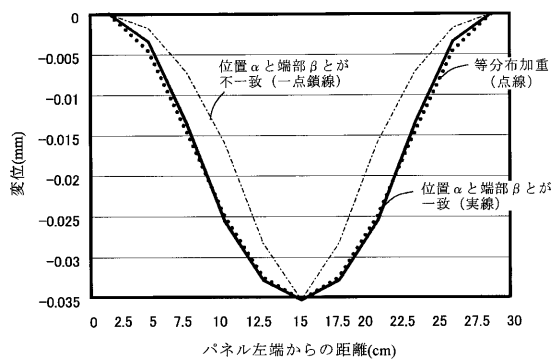
【図 3】



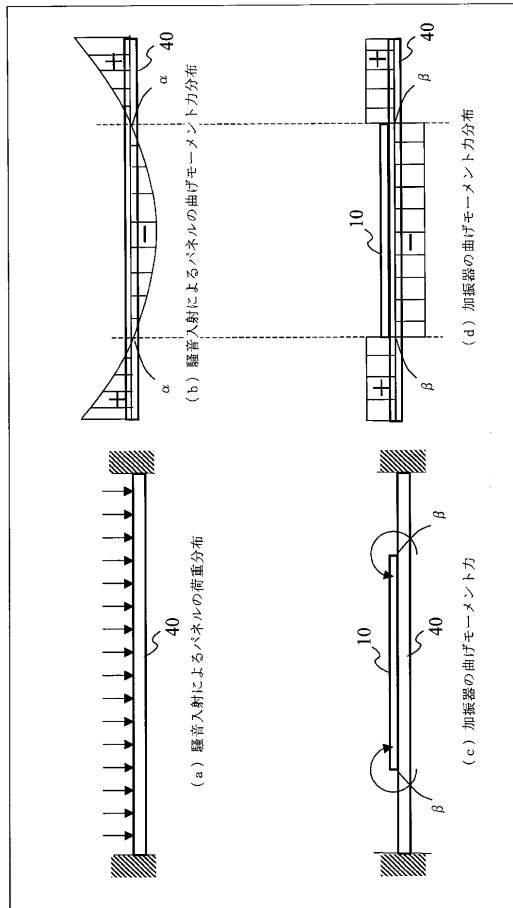
【図 4】



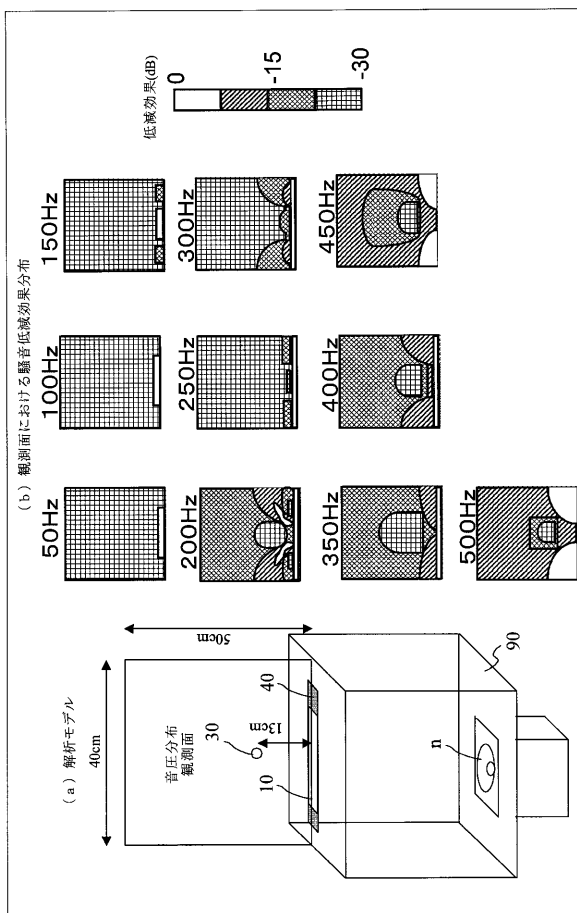
【図 6】



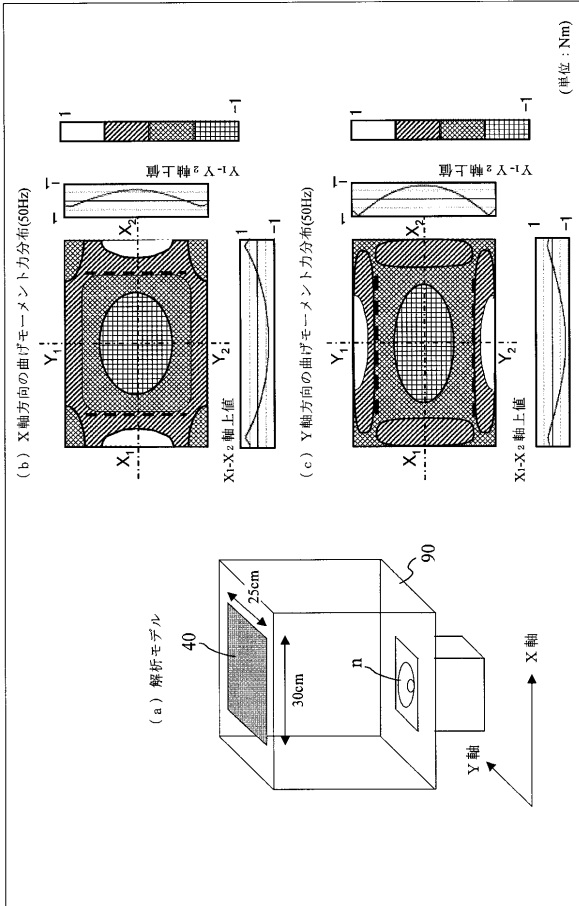
【図 5】



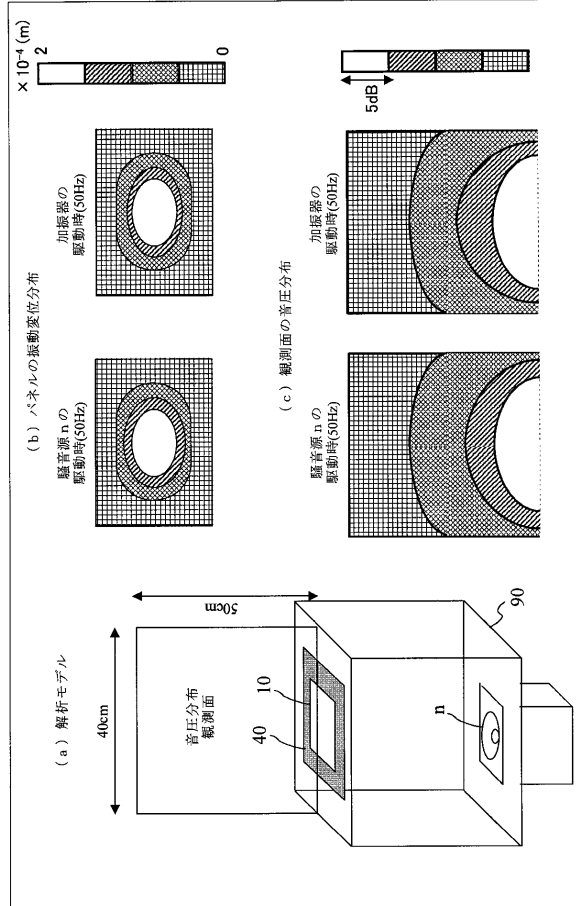
【図 7】



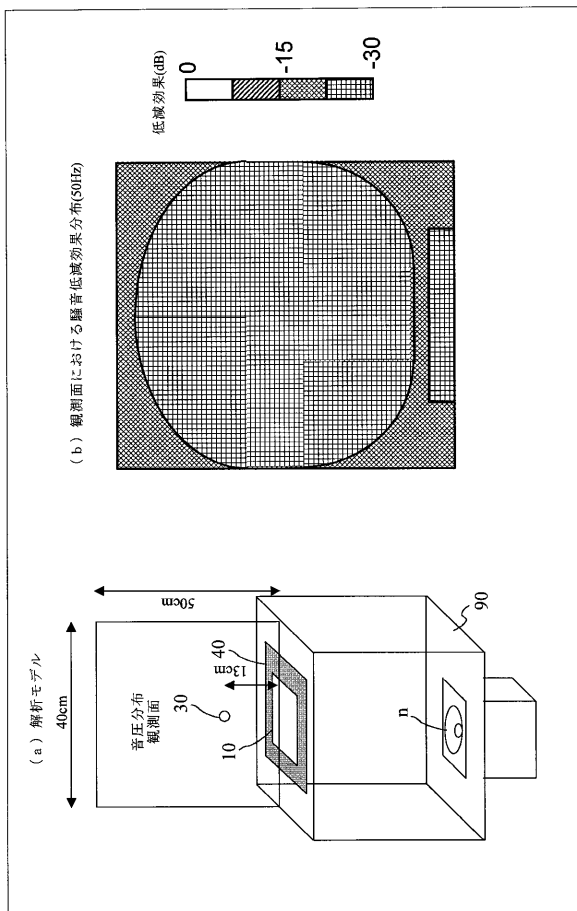
【図 8】



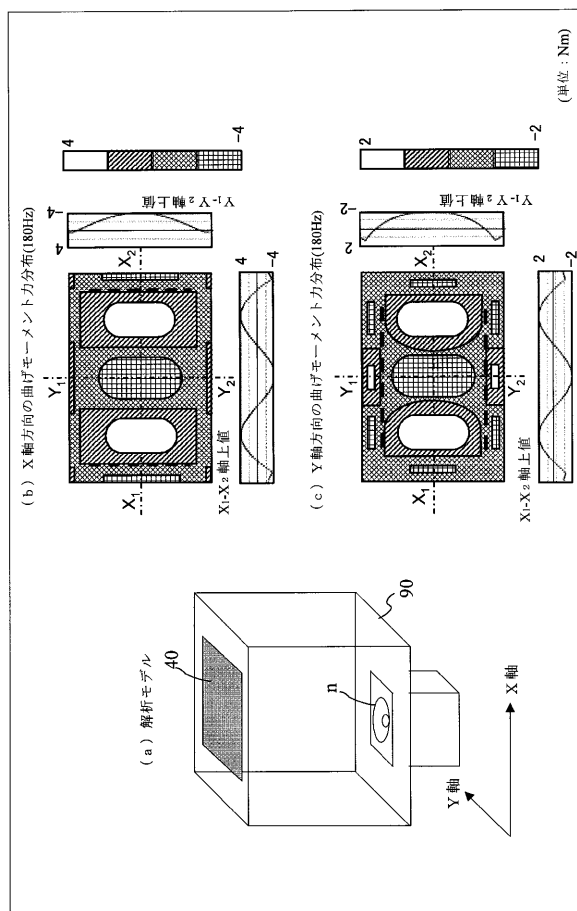
【図 9】



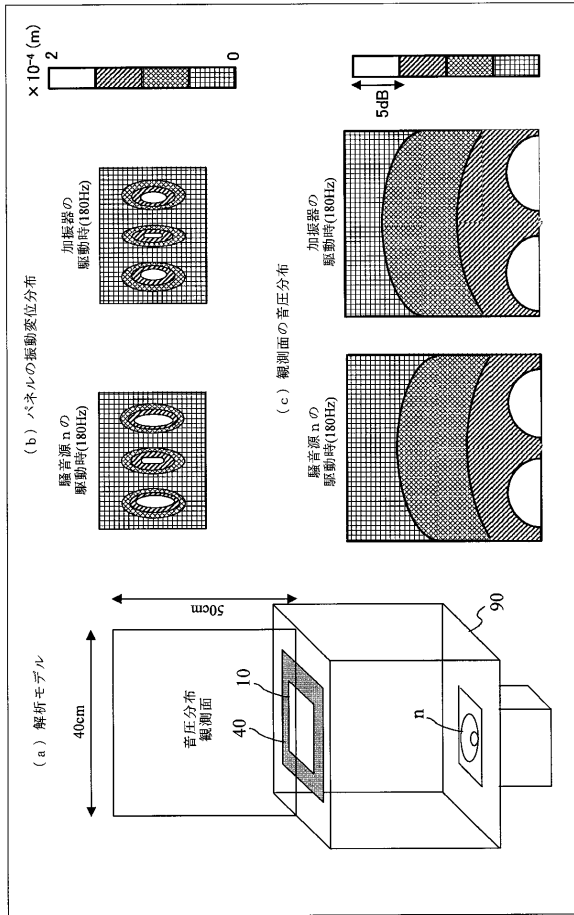
【図 10】



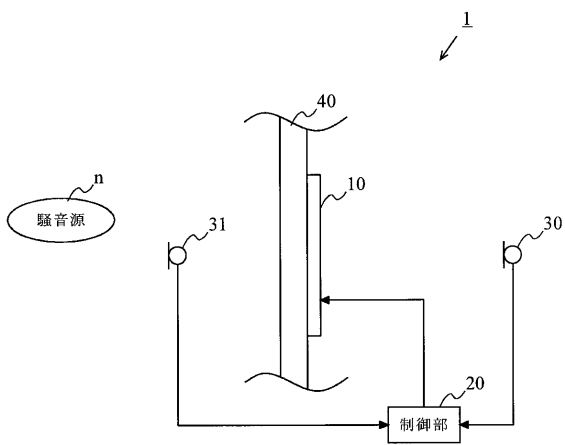
【図 11】



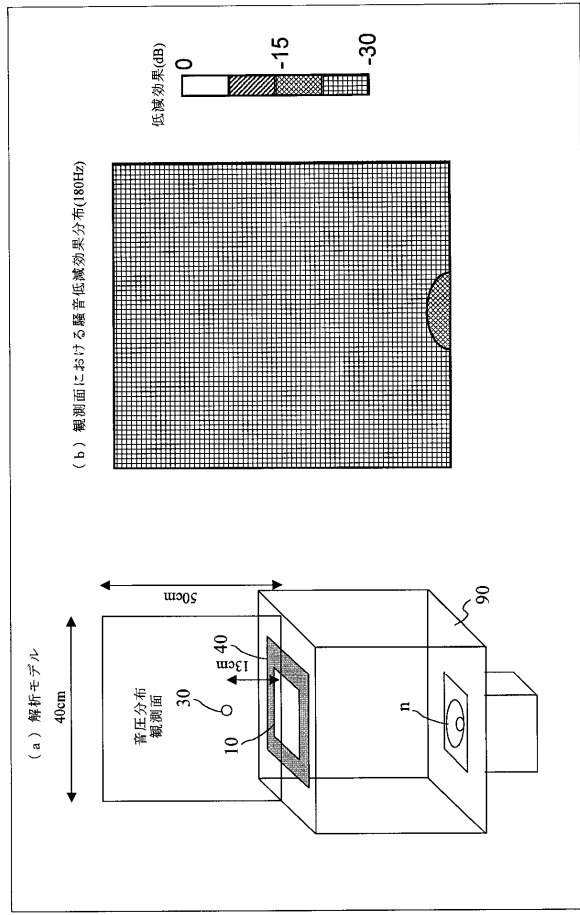
【図 1 2】



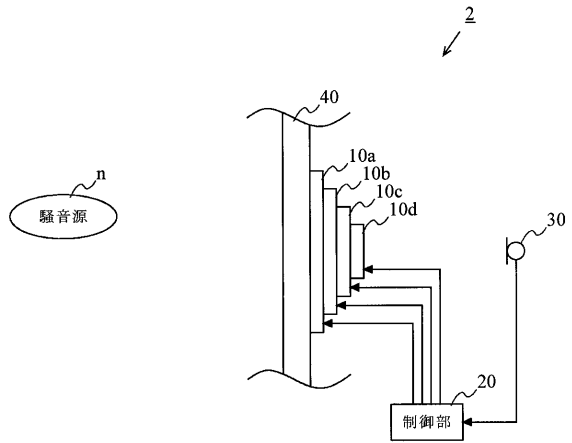
【図 1 4】



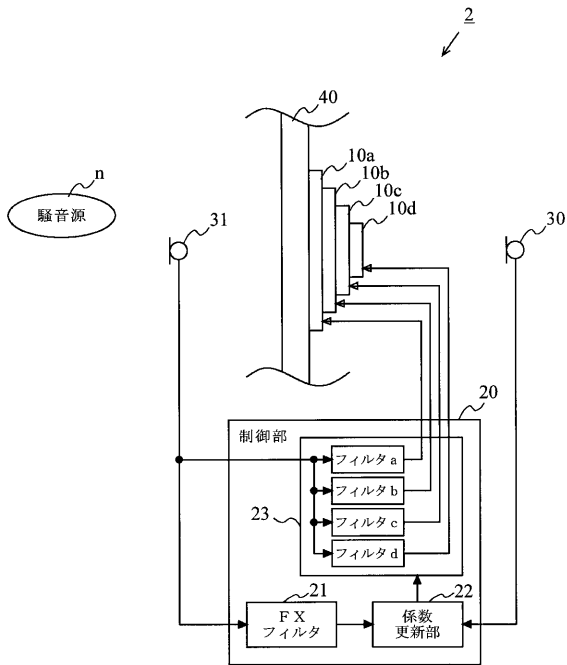
【図 1 3】



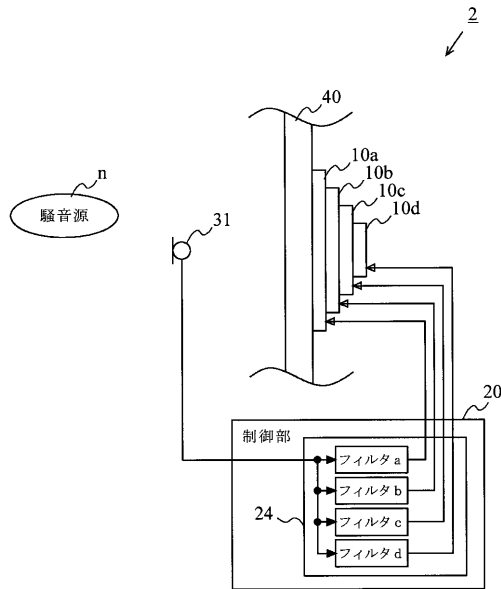
【図 1 5】



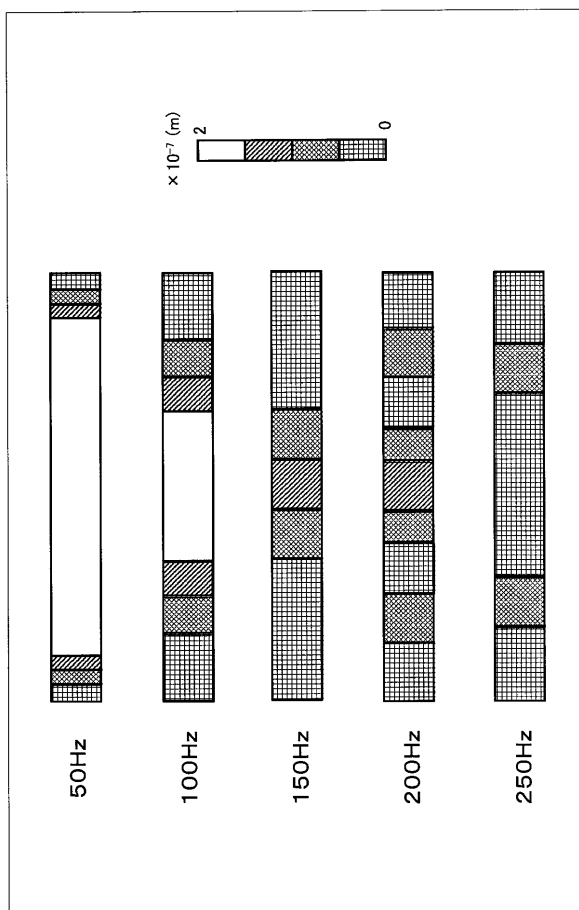
【図 16】



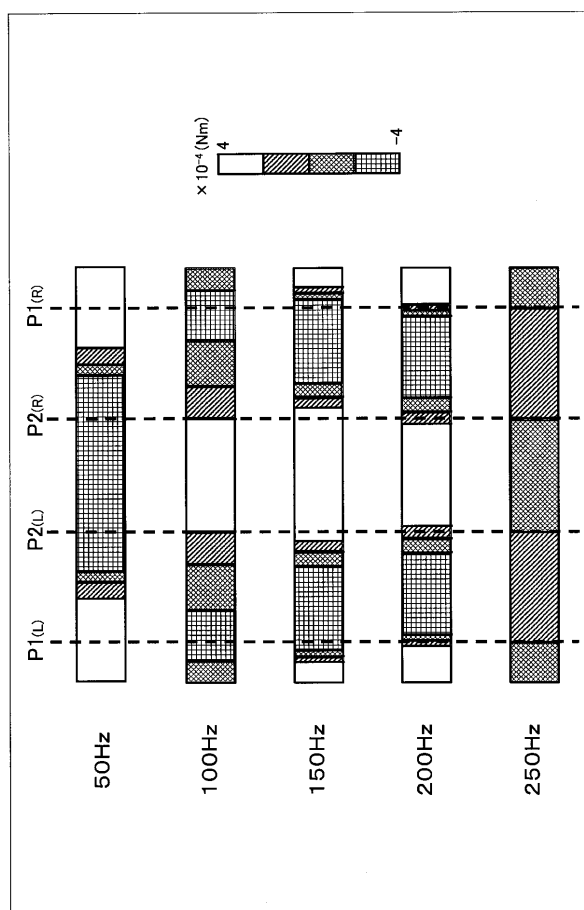
【図 17】



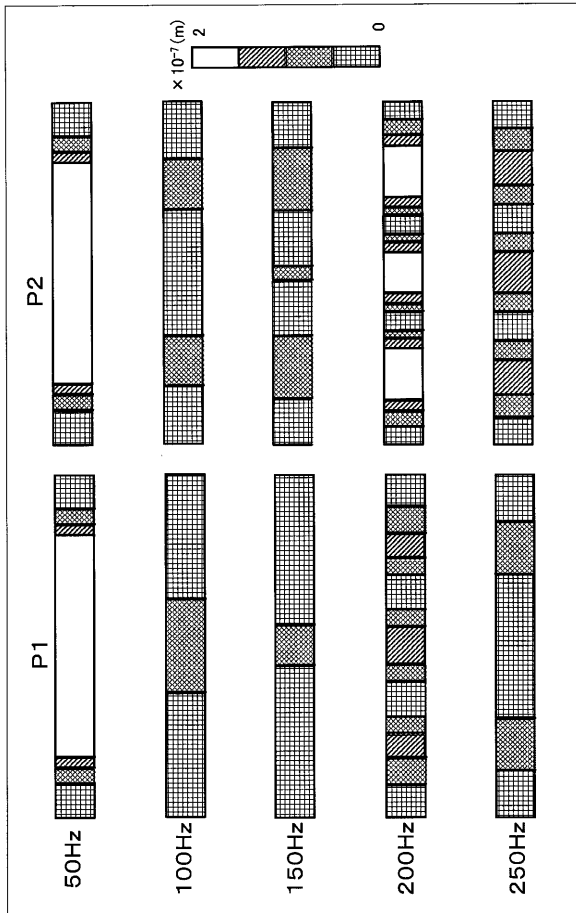
【図 18】



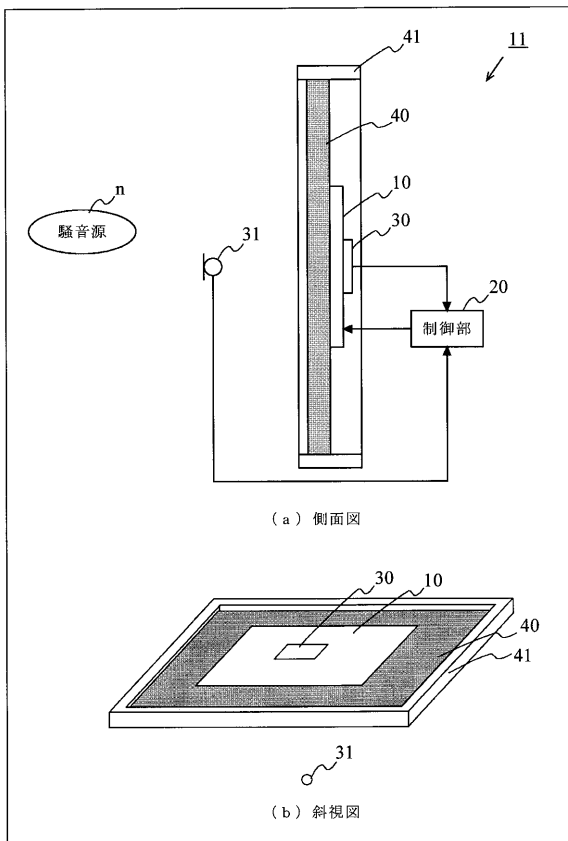
【図 19】



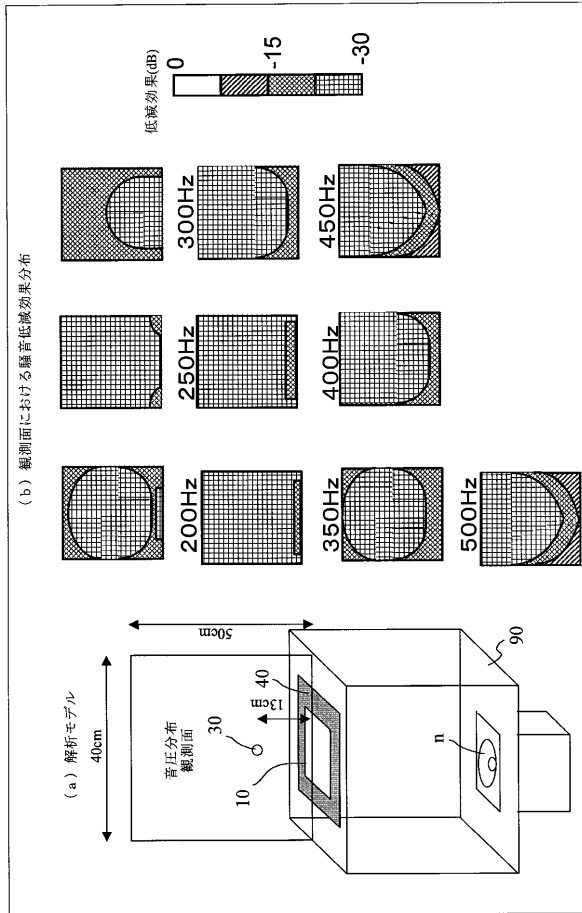
【図 20】



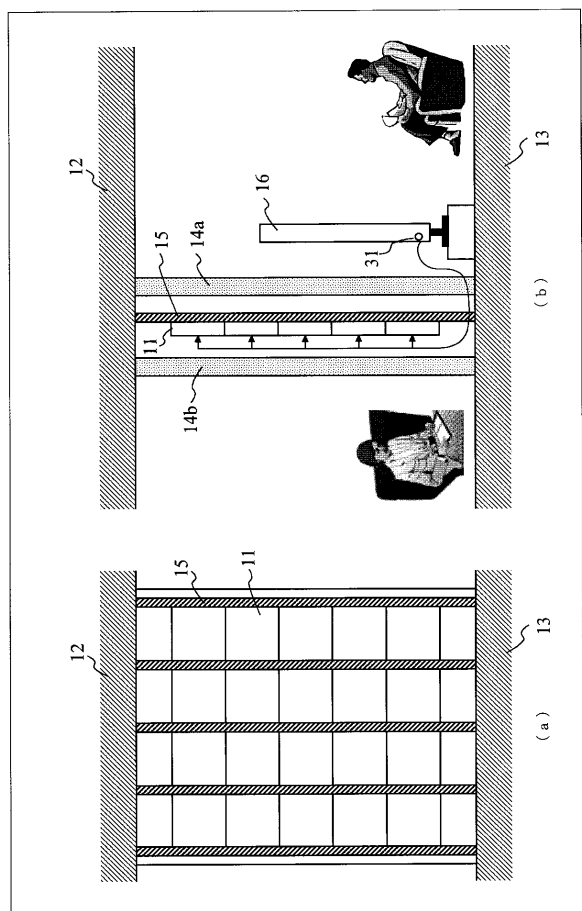
【図 22】



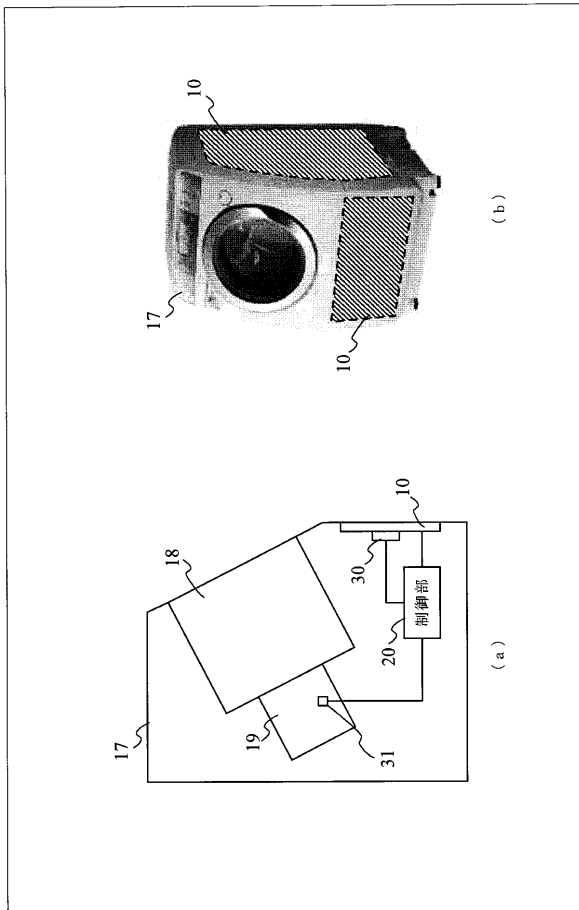
【図 21】



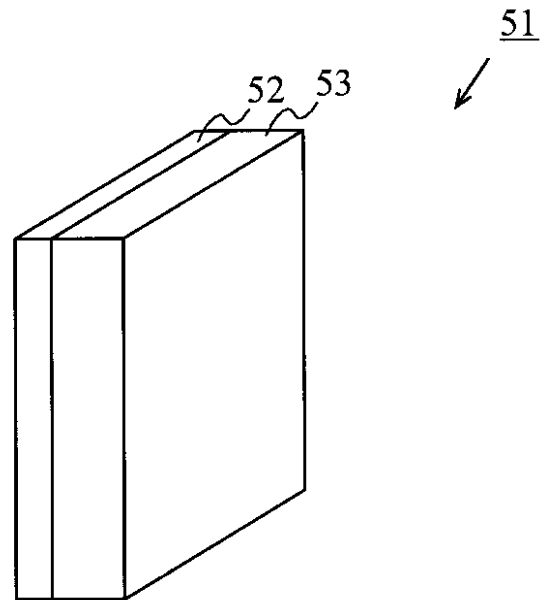
【図 23】



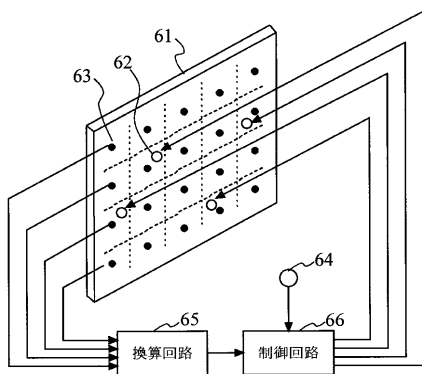
【図 2 4】



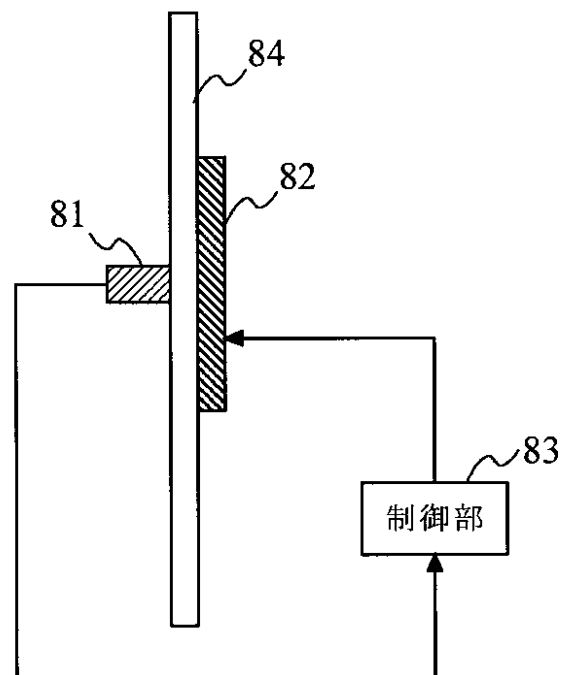
【図 2 5】



【図 2 6】



【図 2 8】



【図 2 7】

