

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4887652号
(P4887652)

(45) 発行日 平成24年2月29日 (2012. 2. 29)

(24) 登録日 平成23年12月22日 (2011. 12. 22)

(51) Int. Cl.

F I

F O 4 B 45/047 (2006. 01)

F O 4 B 45/04 1 O 3 A

H O 5 K 7/20 (2006. 01)

H O 5 K 7/20 H

B O 6 B 1/02 (2006. 01)

B O 6 B 1/02 Z

F 2 5 D 9/00 (2006. 01)

F 2 5 D 9/00 A

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-123656 (P2005-123656)
 (22) 出願日 平成17年4月21日 (2005. 4. 21)
 (65) 公開番号 特開2006-299962 (P2006-299962A)
 (43) 公開日 平成18年11月2日 (2006. 11. 2)
 審査請求日 平成20年3月11日 (2008. 3. 11)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100104215
 弁理士 大森 純一
 (72) 発明者 中山 典一
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内
 審査官 井上 茂夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 噴流発生装置及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

開口を有し、内部に気体が含まれた筐体と、
 前記筐体に振動可能に支持され、前記気体に振動を与えることで、前記開口を介して前記気体を脈流として吐出させるための振動体と、
 電気信号に応じて前記振動体を駆動するための駆動機構と、
 噴流発生装置と前記気体が吹き付けられる発熱体とを含む放熱システムの熱抵抗が最低となる周波数であって前記駆動機構の入力インピーダンスが極大となるような基本周波数を含む周波数帯域で電気信号を生成して前記駆動機構に出力する駆動制御部と
 を具備する噴流発生装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の噴流発生装置であって、
 前記駆動制御部は、
 増幅器と、
 前記駆動機構の入力インピーダンスが極大となるような基本周波数を有する正弦波、電圧パルス、または電流パルスの信号を生成する信号発生器とを有し、
 前記増幅器は、前記生成された信号を増幅して前記駆動機構に出力する
 噴流発生装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の噴流発生装置であって、

10

20

前記信号発生器は、前記電気信号の全高調波歪率が10%未満である噴流発生装置。

【請求項4】

発熱体と、

開口を有し、内部に気体が含まれた筐体と、

前記筐体に振動可能に支持され、前記気体に振動を与えることで、前記開口を介して前記気体を前記発熱体に向けて脈流として吐出させるための振動体と、

電気信号に応じて前記振動体を駆動するための駆動機構と、

噴流発生装置と前記気体が吹き付けられる発熱体とを含む放熱システムの熱抵抗が最低となる周波数であって前記駆動機構の入力インピーダンスが極大となるような基本周波数を含む周波数帯域で電気信号を生成して前記駆動機構に出力する駆動制御部と

を具備する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気体の噴流を発生させるために気体に振動を与えるための振動装置、この振動装置を搭載した噴流発生装置、及びこの噴流発生装置を搭載した電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年のLSI (Large Scale Integrated circuit) の大規模化・高速化により、LSIの消費電力は年々高まっている。LSIの消費電力のほとんどは熱エネルギーに変換されるため、消費電力の増加とともにLSIの発熱量も増加の一途をたどっている。このような消費電力の大きなLSIを用いたシステムでは、LSIの温度が、その最大動作温度を超えないように、放熱システムの性能をより高める努力がなされている。

【0003】

放熱システムの性能を表す最も一般的な指標は熱抵抗である。発熱量がP[W]の熱源が、ある放熱システムによって冷却されて、熱源温度がT (またはK) となっているとき、その放熱システムの熱抵抗Rth[K/W]は次式で表される。

$$R_{th} = (T - T_a) / P$$

ここでTaは、空冷システムの場合、周囲(外気)温度である。発熱量が大きくても熱源温度が上昇しないようにするには、放熱システムの熱抵抗が小さくなければならない。つまり、性能のよい放熱システムとは熱抵抗が小さい放熱システムである。例えば、最大発熱量が20[W]のLSIの温度を70以下に保つには、外気温度が最大40となるような環境下では、1.5[K/W]未満の熱抵抗を持つ放熱システムが必要となる。LSIの発熱量が100[W]にまで増加した場合、要求される熱抵抗は0.3[K/W]未満となる。

【0004】

強制空冷を用いた放熱システムの場合、その基本構成は熱源と外気との熱交換器と、熱交換器に外気を送り込む送風手段からなる。この放熱システムの熱抵抗を低減するには、熱交換器の効率を高める方法と、送風手段の空気排出量を大きくする方法がある。例えば、放熱フィンの材料や構造を工夫したり、放熱フィンの表面積を大きくすることにより熱交換の効率を高めることができる。送風手段として回転する軸流ファンを用いるシステムでは、ファンの回転数を大きくしたり、ファンの直径を大きくするなどの方法で空気排出量を大きくすることができる。

【0005】

しかしながら、このようなファンによる空気の強制対流では、放熱フィンの下流側でフィン表面の温度境界層が生起され、放熱フィンからの熱を効率的に奪えないという問題がある。このような問題を解決するためには、例えばファンの風速を上げて温度境界層を薄くすることが挙げられる。しかし、風速を上げるためにファンの回転数を増加させることにより、ファンの軸受け部分からの騒音や、ファンからの風が引き起こす風切り音などによる騒音が発生するという問題がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

一方、送風手段としてファンを用いずに、上記温度境界層を破壊し、放熱フィンからの熱を効率よく外気に逃がす方法として、周期的に往復運動する振動板を用いる方法がある（例えば特許文献 1、2、3、4 参照）。これらの装置のうち、特に特許文献 3 及び 4 の装置は、チャンバ内を空間的に概略二分する振動板と、振動板を支持しチャンバに設けられた弾性体と、振動板を振動させる手段とを備えている。これらの装置では、例えば振動板が上方向に変位したときには、チャンバの上部空間の体積が減少するため、上部空間の圧力が上昇する。上部空間は吸排気口を通じて外気と連通しているため、上部空間の圧力上昇によって、その内部の空気の一部が外気中に放出される。一方このとき、振動板を挟んで上部空間と反対側にある下部空間の体積は逆に増加するため、下部空間の圧力が下降する。下部空間は吸排気口を通じて外気と連通しているため、下部空間の圧力減少によって、吸排気口近傍にある外気の一部が下部空間内部に引き込まれる。これとは逆に、振動板が下方向に変位したときには、チャンバの上部空間の体積が増加するため、上部空間の圧力が下降する。上部空間は吸排気口を通じて外気と連通しているため、上部空間の圧力下降によって、吸排気口近傍にある外気の一部が上部空間内部に引き込まれる。一方このとき、振動板を挟んで上部空間と反対側にある下部空間の体積は逆に減少するため、下部空間の圧力は上昇する。下部空間の圧力上昇によって、その内部の空気の一部が外気中に放出される。振動板の駆動は例えば電磁駆動方式が用いられる。このように、振動板を往復運動させることによって、チャンバ内の空気が外気に排出される動作と、外気がチャンバ内に吸気される動作が周期的に繰り返される。このような、振動板の周期的な往復運動によって誘起される空気の脈流が放熱フィン等の発熱体に吹き付けられることにより、放熱フィンの表面にある温度境界層が効率よく破壊され、結果的に放熱フィンが効率良く冷却される。

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 2 2 3 8 7 1 号公報（図 2）

【特許文献 2】特開 2 0 0 0 - 1 1 4 7 6 0 号公報（図 1）

【特許文献 3】特開平 2 - 2 1 3 2 0 0 号公報（第 1 図）

【特許文献 4】特開平 3 - 1 1 6 9 6 1 号公報（第 3 図、第 1 1 図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 ～ 4 に記載されているような、往復運動する振動板を用いるデバイスでは、原理的には、振動板の面積や振幅を大きくすることによって空気の吐出量を大きくすることができる。しかしながら、例えば小型機器の内部の発熱体を冷却する場合のように、デバイスの大きさ（体積）が制限されている場合、振動板の面積や振幅を大きくするには自ずと限りがある。また、振動板の面積や振幅を大きくするとデバイスの消費電力も増加する。

【 0 0 0 8 】

また、例えば特許文献 3 では、振動板の駆動周波数を 1 0 Hz 前後の非可聴域とすることが示されている。特許文献 4 では、放熱フィン前方の風速が振動板の周波数によって異なり、1 5 Hz よりも 1 9 Hz のほうが大きいことが示されている（明細書第 3 頁右下欄）。しかしながら、単に駆動周波数を低い方の非可聴域に合わせる場合、騒音は抑制されるものの、やはり振動数が低い分、単位時間あたりの空気吐出量が少なくなってしまう。

【 0 0 0 9 】

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、振動体の駆動周波数を最適化することによって、消費電力を抑えながら放熱能力を向上させることができる噴流発生装置及びこれを搭載した電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するため、本発明に係る噴流発生装置は、開口を有し、内部に気体が含まれた筐体と、前記筐体に振動可能に支持され、前記気体に振動を与えることで、前記開

10

20

30

40

50

口を介して前記気体を脈流として吐出させるための振動体と、電気信号に応じて前記振動体を駆動するための駆動機構と、前記駆動機構の入力インピーダンスがほぼ極大となるような基本周波数で電気信号を生成して前記駆動機構に出力する駆動制御部とを具備する。

【0011】

入力インピーダンスがほぼ極大となるような基本周波数付近で振動体が駆動される場合、放熱対象である発熱体を放熱する場合の熱抵抗が最小となる。つまり、熱抵抗が最小となる周波数は、駆動機構の入力インピーダンスがほぼ極大となる周波数に一致するという関係を本発明者は見出した。熱抵抗が小さいほど、噴流発生装置の性能は高いと言える。したがって本発明によれば、最小の消費電力で最大の放熱能力を発揮することができる。

【0012】

駆動部の駆動方式としては、例えば電磁作用、圧電作用または静電作用を利用することができる。

【0013】

気体は、例えば空気が挙げられるが、これに限らず、窒素、ヘリウムガス、あるいはアルゴンガス、その他の気体であってもよい。

【0014】

振動体の形状は、平板状でなくてもよく立体的な構造であってもよい。例えば振動板に側板やリブ等が取り付けられていて剛性が高められるような構造がある。しかし、そのような目的に限られず、どのような形状であってもよい。また、振動体の振動方向に垂直な面の形状は、円、楕円、四角等の形状が挙げられる。

【0015】

本発明において、前記駆動制御部は、前記基本周波数を前記振動体の最低共振周波数より低く設定する。振動体の音圧レベルが低くなるような高い周波数帯域（最低共振周波数より十分に高い周波数帯域）にも当該入力インピーダンスは上記極大値より大きくなる場合がある。したがって、このような高い周波数帯域で振動体を駆動することも考えられるが、この場合、振動体の振幅が非常に小さくなってしまい所望の気体の吐出量を得ることができない。これに対し、最低共振周波数近傍の低い周波数帯域では、当該高い周波数帯域で駆動する場合と電力が同じでも、振幅は大きく最大値を得ることができるので、本発明では基本周波数を振動体の最低共振周波数近傍に設定している。

【0016】

本発明において、前記駆動制御部は、具体的には、増幅器と、前記増幅器の入力インピーダンスがほぼ極大となるような基本周波数を有する正弦波、電圧パルス、または電流パルスの信号を生成する信号発生器とを有し、前記増幅器は、前記生成された信号を増幅して前記駆動機構に出力する。この場合において、前記信号発生器は、前記電気信号の全高調波歪率が10%未満であることが好ましい。10%未満とすることにより、聴感度の高い高調波成分が小さくなり、人間にとって騒音が気にならない程度の音となる。

【0017】

本発明に係る電子機器は、発熱体と、開口を有し、内部に気体が含まれた筐体と、前記筐体に振動可能に支持され、前記気体に振動を与えることで、前記開口を介して前記気体を前記発熱体に向けて脈流として吐出させるための振動体と、電気信号に応じて前記振動体を駆動するための駆動機構と、前記駆動機構の入力インピーダンスがほぼ極大となるような基本周波数を含む周波数帯域で電気信号を生成して前記駆動機構に出力する駆動制御部とを具備する。

【0018】

電子機器としては、コンピュータ（パーソナルコンピュータの場合、ラップトップ型であっても、デスクトップ型であってもよい。）、PDA（Personal Digital Assistance）、電子辞書、カメラ、ディスプレイ装置、オーディオ/ビジュアル機器、携帯電話、ゲーム機器、カーナビゲーション機器、ロボット機器、その他の電化製品等が挙げられる。

【0019】

発熱体としては、例えばICや抵抗等の電子部品、あるいは放熱フィン（ヒートシンク

10

20

30

40

50

）等が挙げられるが、これらに限られず発熱するものなら何でもよい。

【発明の効果】

【0020】

以上のように、本発明によれば、消費電力を抑えながら放熱能力を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

【0022】

図1は、本発明の一実施の形態に係る噴流発生装置を示す断面図である。噴流発生装置10は、例えば上部に穴1bが開けられた筐体1を備えている。筐体1の穴1bの周囲には、環状の弾性支持部材6が装着され、この弾性支持部材6により振動体としての振動板3が支持されている。振動板3及び弾性支持部材6が筐体1の穴1bを覆うように設けられることにより、筐体1内にチャンバ11が形成される。筐体1の側面1aには、チャンバ11内の空気を筐体1の外部に配置された図示しない放熱フィン等の発熱体に向けて吐出するためのノズル2が取り付けられている。ノズル2は、筐体1と一体的に形成されていてもよい。あるいは、ノズル2がなくても、側面1aに開口が形成されているだけでもよい。

10

【0023】

筐体1の形状は、例えば直方体状である。ノズル2は、例えば筐体1の側面1aに図1中の紙面に垂直方向に複数配列されている。筐体1の当該紙面に垂直方向の大きさは例えば発熱体の大きさに応じて設定され、ノズル2の数もその側面1aの面積に合わせて設定することができる。弾性支持部材6や振動板3の形状は、例えば直方体状に合わせて矩形等とすることができるが、これに限らず円形や楕円形でもよい。あるいは、振動板3は、図示するような平板状に限らず、スピーカに搭載される振動板のようなコーン状であってもよい。

20

【0024】

筐体1は、例えば、樹脂、ゴム、金属、またはセラミックスでなる。樹脂やゴムは成形で作製しやすく量産向きである。また、樹脂やゴムの場合、音の減衰率も高くなり、騒音を抑制することができる。さらに、軽量化に対応できるし、低コストとなる。金属としては、筐体1の放熱を考慮すると、熱伝導性のよい銅やアルミがよい。振動板3は、例えば、樹脂、紙、ゴム、または金属等でなり、弾性支持部材6は、例えば樹脂、ゴム等でなる。

30

【0025】

チャンバ11内には、振動板3を駆動するための駆動機構5が配置されている。駆動機構5の入力端子5a及び5bには、駆動機構5に電気信号を出力する回路基板7が電氣的に接続されている。回路基板7は筐体1の外部に配置されていてもよい。駆動機構5は、その電気信号による電気エネルギーを機械的なエネルギーに変換するものであり、例えば電磁力等を利用したボイスコイルモータ等でなる。

【0026】

図2は、回路基板7の構成を示すブロック図である。回路基板7は、例えば正弦波等の電気信号を生成する信号発生器12と、信号発生器12から出力された電気信号の電力を増幅する電力増幅器13とを有する。電力増幅器13で増幅された電気信号は駆動機構5に入力される。

40

【0027】

以上のように構成された噴流発生装置10の動作について説明する。

【0028】

駆動機構5に、回路基板7によって例えば正弦波の交流電圧が印加されると、振動板3は正弦波振動を行う。これにより、チャンバ11内の容積が増減する。チャンバ11の容積変化に伴い、チャンバ11の圧力が変化することでノズル2から空気の流れが脈流とし

50

て発生する。例えば、振動板 3 がチャンバ 1 1 の容積を増加させる方向に変位すると、チャンバ 1 1 の圧力は減少する。これによりノズル 2 を介して筐体 1 の外部の空気がチャンバ 1 1 内に流れ込む。逆に、振動板 3 がチャンバ 1 1 の容積を減少させる方向に変位すると、チャンバ 1 1 の圧力は増加する。これにより、チャンバ 1 1 内にある空気がノズル 2 を介して外部に吐出され、図示しない発熱体にその空気が吹き付けられる。ノズル 2 から空気が噴出されるときにノズル 2 の周囲の気圧が低下することにより、当該周囲の空気がノズル 2 から吐出される空気に巻き込まれる。すなわち、これが合成噴流である。このような合成噴流が、発熱体に吹き付けられることにより、発熱体を冷却することができる。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、上記のチャンバが 2 つ形成された形態の噴流発生装置を示す断面図である。この噴流発生装置 2 0 では、筐体 2 1 内に設けられた、振動板 3 及び弾性支持部材 6 によりチャンバ 1 1 a 及び 1 1 b が形成されている。チャンバ 1 1 a はノズル 2 a を介して筐体 2 1 の外部と連通している。チャンバ 1 1 b はノズル 2 b を介して筐体 2 1 の外部と連通している。このように構成された噴流発生装置 2 0 では、振動板 3 が図中上下に振動することにより、チャンバ 1 1 a 及び 1 1 b の容積が交互に増減し、その結果、ノズル 2 a 及び 2 b を介して交互に空気が吐出される。ノズル 2 a 及び 2 b から空気が吐出されるときに、例えば各ノズル 2 a 及びノズル 2 b から独立して音波が発生する。この音波は振動板 3 が振動することによる筐体 2 1 内の空気の振動によって発生する。しかしながら、各ノズル 2 a 及びノズル 2 b とで発生する各音波は逆位相の音波であるため互いに弱められる。これにより、騒音が抑制され、静音化を図ることができる。

【 0 0 3 0 】

以上、図 1 または図 3 に示した振動板 3 を用いる噴流発生装置 1 0 または噴流発生装置 2 0 において、振動板 3 の有効面積を S [m^2]、peak-to-peak の振幅を d [m]、振動周波数を f [Hz] としたとき、単位時間あたりの空気の吐出量 Q [m^3/s] は、次式で表される。

$$Q = k S d f$$

k は定数で、噴流発生装置 1 0 等の構造に依存するが、構造が同じであれば一定とみなすことができる。振動板 3 の振動周波数を固定した場合、振動板 3 の振幅を大きくすれば、振幅に比例して吐出量を大きくできる。一方、吐出量は周波数にも比例しているため、駆動周波数を高くするほど噴出量を大きくできる。しかしながらこのような機械振動系では一般に、振動の周波数を大きくするに従って振幅が減少するため、周波数を高くすればいくらかでも吐出量を大きくできるわけではない。つまり吐出量が最大となる最適な周波数が存在する。この周波数は、噴流発生装置 1 0 等の大きさや構造、並びに振動板 3 の質量や弾性支持部材 6 の弾性特性、ノズル 2 内部の開口の大きさや形状に依存する。さらに排气側の負荷（放熱フィンの流路抵抗など）等にも依存する。

【 0 0 3 1 】

しかしながら本発明者は、噴流発生装置 1 0 等の構成に依らず、この最適な周波数と、駆動機構 5 の入力インピーダンスとの間にある関係があることを見出した。すなわち、駆動機構 5 に印加する交流信号の電氣的エネルギーを一定に保持しながら、その周波数を変えると、噴流発生装置 1 0 等からの空気吐出量が最大、すなわち熱抵抗が最低となる周波数は、駆動機構 5 の入力インピーダンスの大きさが極大となる周波数に一致することを本発明者は見出した。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、駆動機構 5 の駆動周波数と、熱抵抗及び入力インピーダンスとの関係を示すグラフである。この図は、例えば図 3 に示した噴流発生装置 2 0 と、図示しない適当な放熱フィンとを組み合わせた放熱システムにおいて、駆動機構 5 が消費する電力を一定にしている。その消費電力は例えば 0.5 [W] であり、そのように電力を一定に維持しながら、入力周波数を 10 [Hz] から 120 [Hz] まで変えている。なお、振動板 3 としては、空気振動に寄与する面の直径が 50 [mm] 程度のものが用いられた。

【 0 0 3 3 】

このグラフから判るように、周波数が 50 ~ 60 [Hz] あるいは 50 ~ 70 [Hz] の領域に

10

20

30

40

50

において、駆動機構 5 の入力インピーダンスは最大に、熱抵抗は最低になっている。上記特許文献 3、4 に記載されているような、可聴周波数から外れた周波数（20 [Hz] 未満）では、熱抵抗が極めて高くなり放熱効率は悪化する。このように、駆動機構 5 を、その入力インピーダンスの大きさが最大となる周波数で駆動すれば、最小の消費電力で最大の放熱能力を持つ放熱システムを構成することができる。駆動機構 5 の入力インピーダンスの測定は、例えば定電圧駆動での電流値を測定することにより、噴流発生装置 10 の外部から簡単に行えるため、駆動周波数を入力インピーダンスの大きさが極大となる周波数近傍に調整することは容易である。

【0034】

図 5 は、一般的な振動板（例えばスピーカ等）の周波数と、振幅、音圧レベル及び入力インピーダンスとの関係を示すグラフである。図 5（A）を参照して、一般的なスピーカで使用される周波数帯域は、最低共振周波数 f_0 より高いほぼ一定の音圧レベルの周波数帯域である。最低共振周波数 f_0 より低い周波数では、振動板の振幅が周波数に依らず一定であるため、周波数が低くなるほど音圧が低下する。逆に最低共振周波数 f_0 より高い周波数では周波数の 2 乗に反比例して振動板の振幅が低下するため、音圧は周波数に対してほぼ平坦になる。

【0035】

図 5（B）を参照して、スピーカ等を振動させるボイスコイルの入力インピーダンスの極大 X となる駆動周波数は、最低共振周波数 f_0 近傍の周波数帯域にある。本実施の形態に係る噴流発生装置 10 等では、 f_0 より低い周波数では振動板の振幅が一定であるため、周波数が低くなるほど空気の吐出量が低下する。 f_0 より高い周波数では周波数の 2 乗に反比例して振幅が低下するため、周波数が高くなるほど空気の吐出量が低下する。したがって f_0 近傍の周波数で駆動することで最大の空気の吐出量が得られる。

【0036】

以上のように、駆動機構 5 の入力インピーダンスが極大となる周波数で、駆動機構 5 を駆動することにより、限られた消費電力で最大の冷却効率で放熱システムを動作させることができる。

【0037】

さらに、噴流発生装置 10 または 20 の大きさや構造、並びに振動板の質量や弾性支持部材 6 の弾性特性、ノズル 2 内部の開口の大きさや形状、放熱フィンの流路抵抗等の構成材料のばらつきによって、最適な周波数に固体差が生じた場合であっても、常にその最適な周波数で駆動できる。したがって、性能のばらつきを発生させることなく、高い歩留まりで放熱システムを提供することができる。

【0038】

次に、図 2 に示した回路基板 7 の信号発生器 12、電力増幅器 13 の具体的な構成や方式等の例について説明する。

【0039】

電力増幅器 13 は、電力増幅器の入力端子に印加された電圧に実質的に比例した電圧または電流を、電力増幅器 13 の出力端子に発生させる回路形式とすることができる。あるいは、電力増幅器 13 の入力端子間に流れる電流に実質的に比例した電圧または電流を、電力増幅器 13 の出力端子に発生させる回路形式とすることができる。すなわち、電力増幅器 13 は、電力増幅器 13 の出力端子に接続された負荷（駆動機構 5 の入力インピーダンス）の大きさに依らず、実質的に一定の電圧または電流を供給できる線形増幅器で構成することができる。

【0040】

電力増幅器 13 の出力形式は、負荷の一端を接地電位で駆動させる単出力（SEEP: Single Ended Push Pull）方式でもよいが、負荷を 2 系統の電力増幅器で逆相駆動する両出力（BTL: Balanced Transformer less Amplifier）方式でもよい。また電力増幅器 13 の発振防止のために、C R 直列回路や L R 並列回路を付加的に挿入してもよい。

【0041】

10

20

30

40

50

電力増幅器 13 として線形増幅器を用いることに加えて、図 6 に示すように、信号発生器としては、上述した正弦波信号を発生させる正弦波信号発生器 22 とすることができる。これは、時間に対して正弦波状に変化する電圧または電流信号をその出力端子に生成し、正弦波信号発生器 22 が生成する正弦波状の信号の基本周波数は、上記駆動機構 5 の入力インピーダンスが極大となる周波数近傍に設定されている。すなわち、上記駆動機構 5 の入力インピーダンスが極大となる周波数近傍の周波数を持つ正弦波状信号を生成し、その信号波形を実質的に保持したまま、駆動機構 5 を駆動する。

【0042】

正弦波信号発生器 22 としては、例えば CR 型発振器が挙げられる。CR 型発振器とは、キャパシタと抵抗による時定数を利用した発振器である、ウィーンブリッジ型、状態変数型、移相型などがあるが、発振周波数を外部から比較的容易に制御できるものであればいずれの方式でもよい。

【0043】

正弦波信号発生器 22 が CR 型発振器の場合、出力信号の全高調波歪率が 10 % 未満であることが好ましい。CR 型発振器の出力信号は上記線形電力増幅器を通じて、駆動機構 5 に入力されるため、当該発振器の波形が実質的に保存されたまま、駆動機構 5 に入力される。振動板 3 の変位量は、駆動機構 5 の入力電流の大きさに実質的に比例しているため、駆動機構 5 の入力信号に高調波成分が多く含まれると、振動板 3 の振動に含まれる高調波成分も大きくなる。この高調波成分が、聴感度の高い周波数成分を含む場合、騒音レベルが高くなるおそれがある。したがって、CR 型発振器の出力信号は、全高調波歪率がなるべく小さい正弦波信号を用いるべきである。全高調波歪率が 10 % 未満であれば、通常の動作条件では騒音は気にならない。CR 型発振器の場合、適切な利得制限回路等を用いれば、このような歪率は比較的容易に実現することができる。

【0044】

図 7 (A) は、上記正弦波信号発生器 22 として、矩形波、三角波、あるいはのこぎり波の信号を発生する信号発生器 23 が用いられている。そして、矩形波 / 三角波 / のこぎり波信号発生器 23 の出力信号を、高調波成分を低減させるための、低域濾波器 (Low Pass Filter) 27 に通すことで、高調波成分が小さい低歪の正弦波状信号を得ることができる。矩形波 / 三角波 / のこぎり波信号発生器 23 は、上述の CR 型で一般的に知られる回路形式を利用すればよい。

【0045】

低域濾波器 27 の特性としては、高調波の振幅を 1 / 10 未満に減衰させることが望ましい。このような低域濾波器 27 は、減衰特性に優れたアクティブフィルタまたはスイッチドキャパシタフィルタを用いることがさらに望ましい。フィルタの次数や特性 (ベッセル型、パワース型、チェビシェフ形など) は、必要な出力歪率に応じて適宜選択すればよい。

【0046】

一方、正弦波状の信号発生器として、CR 型を含むアナログ回路ではなく、デジタル回路を用いてもよい。例えば図 7 (B) に示すように、正弦波の振幅をデジタル化した信号を発生させる振幅データ発生器 24 と、当該振幅データを電圧または電流の大きさに変換する D/A (Digital-to-Analog) 変換器 28 とが用いられる。振幅データ発生器 24 の基準クロックの周波数を変えることにより、D/A 変換器 28 から出力される正弦波状信号の周波数を制御することができる。

【0047】

振幅データ発生器 24 は、振幅データをあらかじめ格納した固体メモリを利用してもよいし、デジタル演算によって正弦関数データを発生させる構成でもよい。またデジタルデータのビット数やサンプリング数も、必要な歪率に応じて適宜選択すればよい。デジタル的に生成された正弦波状信号には、サンプリング周波数による量子雑音が含まれるが、これを低減させるために、D/A 変換器 28 と電力増幅器 13 との間に、アナログあるいはデジタル回路で構成された低域濾波器を入れてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

さらに、デジタル型の正弦波の信号発生器として、図 7 (C) に示すような、パルス列信号発生器 2 5 を用いることもできる。正弦波信号発生器 2 2 は、このような時間に対して断続的に電圧が変化する電圧パルス列、あるいは時間に対して断続的に電流が変化する電流パルス列を生成するパルス列信号発生器 2 5 と、低域濾波器 2 7 とから構成される。D/A変換器を用いた正弦波信号発生器では、D/A変換器の出力波形は、駆動機構 5 に入力される信号の波形に類似して変化するが、パルス列信号発生器 2 5 が生成する信号は、振幅が実質的に一定で、電圧または電流パルスの断続時間が変化する。これらの信号を低域濾波器 2 7 に通すことによって、このパルス列の高周波成分が減衰し、連続波状の信号に整形される。パルス列のパルス幅や周期を調整することにより、低域濾波器 2 7 の出力に正弦波信号を出力させることができる。パルス列信号発生器 2 5 に与える基準クロック周波数を変えることにより、その正弦波状の信号の周波数を制御することができる。

10

【 0 0 4 9 】

パルス列信号発生器 2 5 で発生させるパルス列としては、パルス幅が一定で、パルス間隔が変化するパルス列を出力することができる、あるいは、パルス列としては、周期が一定で、パルス幅が変化するパルス幅変調されたパルス列であってもよい。いずれのパルス列でも、パルス幅と周期との比率を、サンプリング周期毎に適切に制御することにより、低域濾波器 2 7 の出力に正弦波信号を出力させることができる。なお、パルス列信号発生器 2 5 で発生させるパルス列は、その振幅（電圧または電流）が一定であってもよいが、時間に関して変化するような信号でもよい。

20

【 0 0 5 0 】

図 7 (A) ~ 図 7 (C) で説明した電力増幅器 1 3 は、その出力端子に接続された負荷（駆動機構 5 の入力インピーダンス）の大きさに依らず、実質的に一定の電圧または電流を供給できる線形増幅器であった。しかし、図 8 に示すように、この電力増幅器 1 3 は非線形の増幅器、またはスイッチング回路 2 9 とする構成も考えられる。

【 0 0 5 1 】

このようにスイッチング回路 2 9 を用いる場合、信号発生器は、上記パルス列信号発生器 2 5 を用いることができる。つまり、これにより生成されるパルス列の基本周波数が、上記駆動機構 5 の入力インピーダンスが極大となる周波数近傍に設定される。増幅器となるスイッチング回路 2 9 は、入力信号に同期した電圧パルスまたは電流パルスを、出力端子に発生させる。低域濾波器 2 7 はパルス列信号に含まれる量子雑音が小さい場合は省略することができる。

30

【 0 0 5 2 】

図 9 に、図 8 に示したスイッチング回路 2 9 の構成例を示す。この構成は、駆動機構 5 の入力端子の一方を接地電位で駆動する例である。パルス列信号発生器 2 5 からのパルス列信号が、スイッチング回路 2 9 の差動増幅器に入力されると、そのタイミングに同期したデジタル信号に変換される。差動増幅器の非反転出力と反転出力がゲートドライバに入力され、スイッチング素子（MOS-FET）のON/OFFに必要なタイミング信号が生成される。スイッチング素子は、例えば、差動増幅器にパルス信号が入力された時に一方がONし、他方はOFFとなるように動作する。差動増幅器にパルス信号が入力されていない時には、逆に一方はOFFとなり、他方はONとなる。これにより、スイッチング回路 2 9 の出力には、パルス列信号発生器 2 5 からのパルス列信号と同期した信号が出力される。この信号には多くの高調波成分が含まれているので、必要に応じて、例えばインダクタとキャパシタからなる低域濾波器 2 7 を用いて高調波成分を減衰させる。これにより、駆動機構 5 の入力端子に、正弦波信号を印加することができる。

40

【 0 0 5 3 】

図 1 0 は、パルス列信号発生器 2 5 の出力を 2 つのスイッチング回路 2 9 a 及び 2 9 b に入力させる例を示す。2 つのスイッチング回路 2 9 a 及び 2 9 b は、図 9 に示したスイッチング回路 2 9 とそれぞれ同様の構成であり、これらの出力には低域濾波器 2 7 a 及び 2 7 b が接続されている。このような構成によれば、図 9 で示した場合と同じ電源電圧（

50

V+、V-)で、2倍の振幅を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の一実施の形態に係る噴流発生装置を示す断面図である。

【図2】回路基板の構成を示すブロック図である。

【図3】チャンバが2つ形成された形態の噴流発生装置を示す断面図である。

【図4】駆動機構の駆動周波数と、熱抵抗及び入力インピーダンスとの関係を示すグラフである。

【図5】振動板の周波数と、振幅、音圧レベル及び入力インピーダンスとの関係を示すグラフである。

10

【図6】信号発生器として正弦波信号発生器を用いる例を示すブロック図である。

【図7】図6に示す正弦波信号発生器の具体例をそれぞれ示すブロック図である。

【図8】電力増幅器としてスイッチング回路を用いる例を示すブロック図である。

【図9】図8に示すスイッチング回路の構成例を示す図である。

【図10】図8に示すスイッチング回路の別の構成例を示す図である。

【符号の説明】

【0055】

1、21...筐体

2...ノズル

2a...ノズル

2b...ノズル

3...振動板

5...駆動機構

7...回路基板

10、20...噴流発生装置

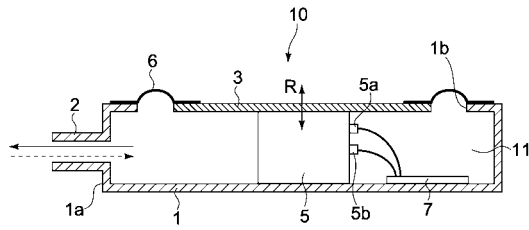
12...信号発生器

13...電力増幅器

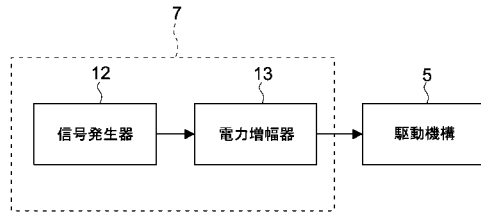
22...正弦波信号発生器

20

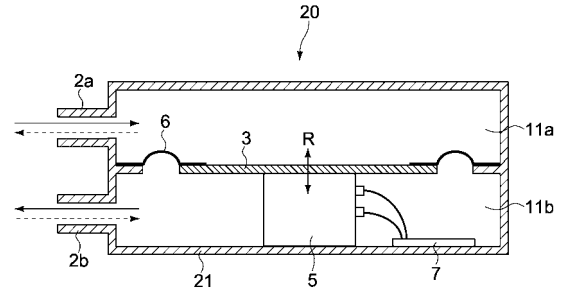
【図 1】



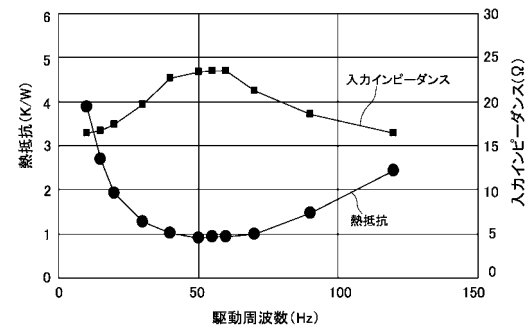
【図 2】



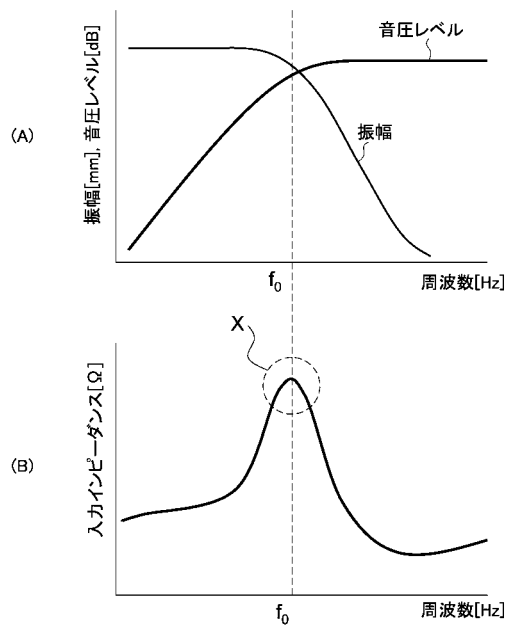
【図 3】



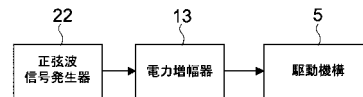
【図 4】



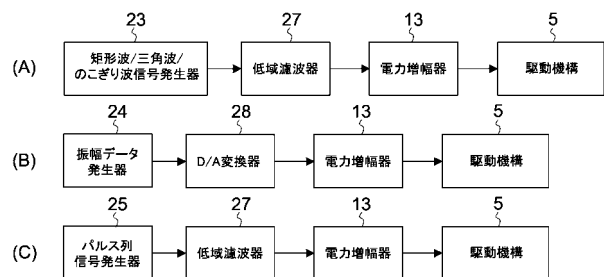
【図 5】



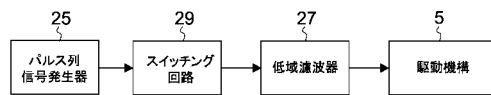
【図 6】



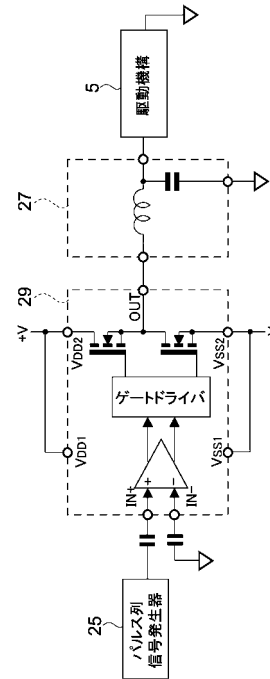
【図 7】



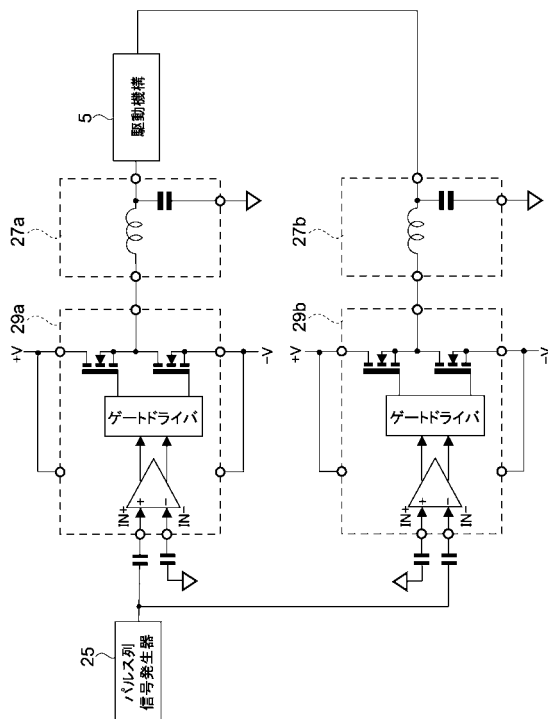
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平03-148911(JP,A)
特開2000-023300(JP,A)
特開2000-347671(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 4 B	4 5 / 0 4 7
H 0 5 K	7 / 2 0
F 0 4 B	9 / 0 0
F 0 4 B	3 9 / 0 6