

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2009年10月1日(01.10.2009)

PCT

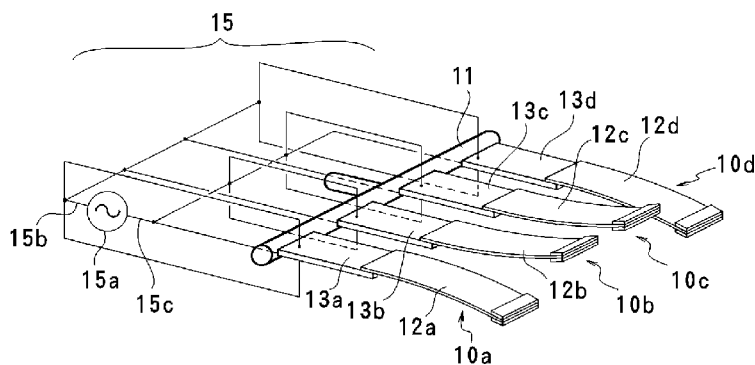
(10) 国際公開番号  
WO 2009/119431 A1

- (51) 国際特許分類:  
F04D 33/00 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/055401
  - (22) 国際出願日: 2009年3月19日(19.03.2009)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ:  
特願 2008-078789 2008年3月25日(25.03.2008) JP
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
  - (72) 発明者; および
  - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 和田 寛昭 (WADA, Hiroaki) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 神谷 岳 (KAMITANI, Gaku) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
  - (74) 代理人: 筒井 秀隆 (TSUTSUI, Hidetaka); 〒6190232 京都府相楽郡精華町桜が丘3丁目1-1-208 Kyoto (JP).
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CØ, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DØ, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NØ, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の区域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), -L ーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際索引査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: PIEZOELECTRIC FAN APPARATUS AND AIR-COOLING APPARATUS USING THE SAME

(54) 発明の名称: 圧電ファン装置及びこの圧電ファン装置を用いた空冷装置

[図5]



(57) Abstract: Disclosed is a piezoelectric fan apparatus that uses a plurality of miniaturized piezoelectric fans, and can reduce vibrations that arise in the support unit due to the drive of the piezoelectric oscillators. Four piezoelectric fans (10a-I0d) are arranged in a parallel configuration in the widthwise direction, and the ends on the sides opposite to the extending sides of the blades of each piezoelectric fan are connected and supported in a parallel configuration by a support (11). Each piezoelectric fan is equipped with a piezoelectric oscillator (13a-13d) which undergoes bending vibrations due to applied voltage, and equipped with a blade (12a-12d) connected to each piezoelectric oscillator so as to be excited by the piezoelectric oscillator. A voltage-applying means (15) is used to drive the two central piezoelectric fans (10b, 10c) with the same phase, and since the two piezoelectric fans (10a, 10d) at the ends are driven with opposite phase, the center-of-gravity vibrations that act on the support (11) as well as the moment around the three axes are negated.

(57) 要約:

[続葉有]



1

WO 2009/119431



---

【課題】小型化された複数の圧電ファンを使用し、圧電振動子の駆動によって支持部に生じる振動を低減できる圧電ファン装置を提供する。【解決手段】4個の圧電ファン10a～10dを幅方向に並列配置し、各圧電ファンにおけるブレードの延在側と逆側の端部を支持体11によって並列に連結支持する。各圧電ファンは、電圧印加により屈曲振動する圧電振動子13a～13dと、当該圧電振動子により励振されるよう各圧電振動子に連結されたブレード12a～12dとを備える。電圧印加手段15により中央の2個の圧電ファン10b、10cを同位相で駆動し、両端の2個の圧電ファン10a、10dを逆位相で駆動するため、支持体11に作用する重心振動だけでなく、3軸回りのモーメントも打ち消される。

## 明 細 書

### 圧電ファン装置及びこの圧電ファン装置を用いた空冷装置

#### 技術分野

[0001] 本発明は圧電振動子を屈曲振動させることにより、それに連結されたブレードを大きく屈曲変位させ、風を起こす圧電ファン装置に関するものである。

#### 背景技術

[0002] 近年、携帯型の電子機器では小型化と部品の高密度実装化に伴って、電子機器内部で発生する熱の放熱対策が課題になっている。このような電子機器を効率よく放熱させる手段として、圧電ファンを用いた空冷装置が提案されている。

[0003] 特許文献1には、一对の板状圧電素子の間に金属薄板を挟持接着してなる圧電バイモルフ振動子を具備し、この圧電バイモルフ振動子の両端に弾性薄板を直角方向に貼り付け、圧電バイモルフ振動子の中央部を支持部により挟持して支持固定した構造の圧電ファンが開示されている。

[0004] 上記構造の場合、1つの圧電バイモルフ振動子の中央部を支持部により支持しているため、支持部両側の圧電振動子は左右対称な変形をする。つまり、支持部より左側が上に凸の変形をすると、右側も上に凸の変形をし、支持部を境にして左側と右側の重心は圧電振動子面に垂直な方向では常に同じ向きに動く。圧電体の振動(重心移動)によって発生する支持部への反力は、左側の運動による反力も右側の運動による反力も同じ向きに働くため、支持部では、もし片側だけしかなかった場合の倍の力の振動を受けていることになる。その結果、支持部は非常に振動しやすくなり、この振動が他の部分へ伝わり、他の部品や接点の信頼性に悪影響を与えるという問題がある。また、例えばヒートシンクの多数の放熱フィン間の暖気を排出する用途にこの圧電ファンを用いた場合には、圧電ファンの構成が大型となり、その設置位置に制約が生じる。

[0005] 特許文献2には、圧電素子によって発風振動子を団扇のように振動させ、ヒートシンクの多数の放熱フィン間の暖気を排出する圧電ファンが開示されている。この場合には、逆方向に変位する一对の圧電素子の間に発風板を固定し、発風板を圧電素子

の一端側から良く突出させ、圧電素子の他端側をケースに固定する構造(図2参照)となっているので、発風板の振動に伴って圧電ファン全体の重心が大きく振動する。そのため、圧電素子を支持している支持部に大きな振動とモーメントとが作用し、その圧電素子の振動が直接ケース本体に伝わり、騒音の原因になると共に、ケースの耐久性を損なうれづ問題がある。もし、圧電素子をゴム等の弾性体を介してケースに固定すれば、ケースへの振動の波及を抑えることは可能であるが、その場合には支持部の剛性が低くなるため、発風板の振幅が極端に小さくなってしまい、所望の風呈が得られない。

[0006] 特許文献3には、複数の圧電ファンを並列に支持し、各圧電ファンに供給する交流電圧の位相を交互に逆位相とした送風機が開示されている。この場合には、幅方向に並んだ圧電ファンが交互に逆位相で駆動されるので、同位相で駆動する場合に比べて風呈を増大させることができる。ところで、複数の圧電ファンを支持している支持体には、重心振動の他に、長さ方向軸、幅方向軸及び厚み方向軸の3軸回りのモーメントが作用する。特許文献3のように圧電ファンを交互に逆位相で駆動し、かつ圧電ファンの数が偶数であれば、上下方向の重心振動は互いに打ち消されると共に、幅方向回り及び厚み方向軸回りのモーメントもほぼ相殺される。しかし、長さ方向軸回りのモーメントは相殺されず、支持体に負荷がかかる。そのため、支持体が回転振動し、支持体を通して他の部位に振動が波及したり、騒音の原因になるという問題がある。また、支持体が振動するれづことは、圧電ファンが発生する振動エネルギーの一部が失われることを意味する。

[0007] 図13は特許文献3に関連した送風機において、3軸を示した図である。ここでは説明を簡単にするため4個の圧電ファン101～104を用いている。図13において、Xは長さ方向軸、Yが幅方向軸、Zが厚み方向軸である。矢印D1～D4で示すように圧電ファン101～104を相互に逆位相で駆動すると、Y軸回り及びZ軸回りのモーメントはほぼ零となり、支持体105には殆ど負荷が掛からない。一方、X軸回りには、第2,第3の圧電ファン102,103による左回り方向のモーメントMLが発生し、第1,第4の圧電ファン101,104による右回り方向のモーメントMRが発生する。ところが、X軸から第2,第3の圧電ファン102,103までの距離に対し、第1,第4の圧電ファン101

、10<sub>4</sub>までの距離が長いので、モーメントMRはモーメントMLより大きい。これらモーメントの違いによって支持体10<sub>5</sub>に回伝振動が発生する。

特許文献<sub>1</sub>:特開平<sub>2</sub>-19700号公報

特許文献<sub>2</sub>:特開<sub>2</sub>00<sub>2</sub>-339900号公報

特許文献<sub>3</sub>:実開昭<sub>6</sub>2-122199号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[000] 本発明は、小型化された複数の圧電ファンを使用し、圧電振動子の駆動によって支持部に生じる振動を低減できる圧電ファン装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[000] 前記目的を達成するため、本発明は、電圧印加により屈曲振動する圧電振動子と、当該圧電振動子に連結又は一体化されて前記圧電振動子により励振されるブレードとを有し、幅方向に並列配置された複数の圧電ファンと、前記複数の圧電ファンにおける前記ブレードの延在側と逆側の端部を並列に連結支持する支持体と、を備えた圧電ファン装置において、幅方向中央に位置する圧電ファン又は幅方向中央に位置する圧電ファン間を境にして、両側の圧電ファンの駆動方向が線対称で、かつ半数の圧電ファンの駆動方向が残りの半数の圧電ファンの駆動方向に対して逆位相になるように、前記各圧電振動子に電圧を印加する電圧印加手段を設けたことを特徴とする圧電ファン装置を提供する。

[001] 同じ振動特性を有する複数の圧電ファンを並列して支持体に支持するとともに、これら圧電ファンを交互に逆位相で駆動した場合には、圧電ファン相互間で重心振動を打ち消し合うことができ、支持体に生じる振動を低減することができる。しかし、長さ方向軸回りのモーメントは相殺されず、支持体が振動し、支持体を通して他の部位に振動が波及する。本発明では、複数の圧電ファンのうち、中央に位置する圧電ファン(奇数の場合)又は中央に位置する圧電ファン間(偶数の場合)を境にして、両側の圧電ファンの駆動方向が線対称で、かつ半数の圧電ファンの駆動方向が残りの半数の圧電ファンの駆動方向に対して逆位相になるように、圧電振動子に電圧を印加している。そのため、支持体に生じる重心振動だけでなく、<sub>3</sub>軸回りのモーメントをも解

消ないし低減でき、支持体の回伝振動を抑制できる。これにより、ブレードの振動によって生じる支持体の振動がケースなどに波及するのを効果的に抑制でき、低騒音で、信頼性の高い圧電ファンを実現できる。また、圧電ファンの振動が外部へ波及するのを抑制できることから、圧電振動子への入力電気エネルギーをブレードの振動に効率良く変換でき、風呈の増大、ひいては冷却効率の向上を達成できる。さらに、支持体に対する振動に起因する負荷が小さくなるので、支持体をケース等に固定する固定部分の剛性が低くてもブレードを大きな振幅で駆動することができる。これにより、たとえ支持体に幾分振動が発生しても、その振動を振動吸収体で吸収でき、外部への波及を抑制できる。つまり、風呈の増大と、振動に伴う悪影響の抑制とを両立することができる。

[0011] 本発明に用いられる圧電ファンは、それぞれが同一の振動特性を有するものである。ここでいう同一の振動特性とは、圧電ファン単体で振動させた場合の共振周波数及び振幅特性が略一致することである。圧電ファンは同一形状であることが好ましいが、ブレードの幅については、ブレードの幅の増減に合わせて圧電素子の幅も増減させるならば、同等の振動特性が得られる。このため、同一の振動特性が得られれば、同一幅のブレードを使用する必要はない。

[0012] 本発明における圧電振動子とは、交流電圧を印加することにより屈曲振動するものであるが、種々の構成を採用することができる。例えば、ブレードの一端側主面に単板の圧電素子を貼り付けることにより、ブレードと圧電素子とでユニモルフ型の圧電振動子を構成することができる。また、逆方向に伸縮する2枚の圧電素子をブレードの両面に接着してバイモルフ型の圧電振動子を構成することもできる。さらに、ブレードとは別に、単板圧電素子と金属板とを接着することにより圧電振動子を構成し、この圧電振動子にブレードを固定してもよい。圧電振動子の屈曲振動に伴う振幅自体は非常に小さいが、圧電振動子に連結されたブレードが共振することで、圧電振動子の振幅を何倍にも増幅することができる。ブレードは金属板でもよいし、樹脂板でもよい。圧電振動子の振動によってブレードが一次共振できるように、ブレードの厚み、長さ、ヤング率等を適切に設定すればよい。電圧印加手段は、複数の圧電ファンを相互に逆位相で駆動するために、各圧電振動子に逆位相の電圧を印加してもよい。

が、圧電振動子を構成する圧電素子の分極方向が逆であれば、同位相の電圧を印加しても逆位相で駆動することができる。

- [0013] 圧電ファンの個数は偶数に限らず、奇数でもよい。奇数の場合には、幅方向中心に位置する1個の圧電ファンを除いて、残り半数ずつが逆位相で駆動される。奇数の場合には、重心振動の影響が出るが、圧電ファンの個数が多くなるに従いその影響が小さくなる。偶数の場合、特に4個、8個、12個のように4の倍数とするのが望ましい。この場合には、幅方向中点を境にして両側にそれぞれ偶数個の圧電ファンが存在するので、重心振動及び3軸回りモーメントを打ち消すことが容易になる。
- [0014] 4個の圧電ファンを並列配置した場合に、中央の2個の圧電ファンを同位相で駆動し、両端の2個の圧電ファンを中央の2個の圧電ファンに対して逆位相で駆動するのが望ましい。この場合には、構造が簡単になると共に、重心移動と3軸回りのモーメントとを効果的に解消できる。
- [0015] 各圧電ファンは、細長い帯板状のブレードと、当該ブレードの長さ方向一端部に固定された圧電素子とを含み、ブレードの長さ方向一端部と前記圧電素子とで圧電振動子を構成し、ブレードの長さ方向一端部を支持体に連結支持したものがよい。この場合には、ブレードを支持体で直接支持するので、圧電素子が支持体で拘束されず、圧電素子をより自由に変位させることができる。また、圧電ファンの構造が簡素になり、個々の圧電ファンの振動特性にばらつきが発生しにくい。
- [0016] 各圧電振動子は第1の振動子と第2の振動子とを有し、第1の振動子と第2の振動子の長さ方向一端部同士を相互に連結し、第1の振動子の長さ方向他端部にブレードを連結し、第2の振動子の長さ方向他端部を支持体に支持し、第1の振動子と第2の振動子とが逆向きに屈曲振動するよう電圧印加手段が接続されている構成としてもよい。この場合には、2個の振動子によって振幅が倍加し、その振動に伴ってブレードが共振するため、ブレードの振幅がさらに増幅される。その結果、大幅な風呈の増大を実現できる。
- [0017] 本発明に係る圧電ファン装置をヒートシンクと細み合わせて使用するのが望ましい。すなわち、本圧電ファン装置を、間隔をあけて並設された複数の放熱フィンに有するヒートシンクの近傍に配置し、各ブレードをその変位方向が放熱フィンの側面と平行

になるように各放熱フィン間に挿入するのがよい。この場合には、ブレードの屈曲変位によって放熱フィン間に存在する暖気を掻き取り、ブレードの長さ方向に効率よく排出することができる。放熱フィンによって各ブレードが隔離されているので、空気を介したブレード間の相互作用を無くすことができ、想定外の振動モードが発生して支持体に負荷がかかるようなことがない。

#### 発明の好ましい実施形態の効果

- [0018] 以上のように、本発明によれば、複数の圧電ファンを並列して支持体に支持するとともに、幅方向中心を境にして両側の圧電ファンの駆動方向が線対称で、かつ半数の圧電ファンの駆動方向が残りの半数の圧電ファンの駆動方向に対して逆位相になるように駆動しているため、重心振動と3軸回りのモーメントとが共に抑制される。そのため、ブレードの振幅が大きくなり、冷却効率が向上すると共に、これら振動による支持体を通して他の部分への振動伝播が小さくなる。その結果、他の部品やケース等の信頼性に悪影響を与えることが少なく、かつ低騒音になる。

#### 図面の簡単な説明

- [0019] [図1]圧電ファン装置の参考例の斜視図である。  
[図2]図1に示す圧電ファン装置の駆動状態の斜視図である。  
[図3]図1に示す圧電ファン装置の振動モデル図である。  
[図4]本発明に係る圧電ファン装置の第1実施形態の斜視図である。  
[図5]図4に示す圧電ファン装置の駆動状態の斜視図である。  
[図6]図4に示す圧電ファン装置をヒートシンクと組み合わせた空冷装置の断面図である。  
[図7]図6に示す空冷装置を長さ方向からみた側面図である。  
[図8]図4に示す圧電ファン装置の支持体に加わるモーメントを示す図である。  
[図9]ブレード振幅を比較するための実験構造を示し、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は右側面図である。  
[図10]連結具の厚みを0.3mm、0.6mmとした場合のブレード先端部の振幅比較図である。  
[図11]8個の圧電ファンを用いた圧電ファン装置の駆動方法を示す図である。

[図12]圧電ファンの構造の種々の態様を示す図である。

[図13]従来の圧電ファン装置における3軸モーメントを説明する図である。

### 発明を実施するための形態

[0020] 本発明に係る圧電ファン装置を説明する前に、圧電ファン装置の某本構造を図1～図3に某づいて説明する。

[0021] 図1において、同一振動特性を持つ2個の圧電ファン1a, 1bが支持体6に幅方向に並べて連結固定されている。圧電ファン1a, 1bは、厚み方向に屈曲変位自在な複数のプレート2a, 2bと、各プレート2a, 2bの長さ方向一端部に連結され、電圧印加により屈曲振動する複数の圧電振動子3a, 3bとで構成されている。プレート2a, 2bの自由端には、それぞれ垂り4a, 4bが固定されている。圧電振動子3a, 3bは、中間電極となる金属板の両面に圧電素子を貼り付けたバイモルフ型振動子である。圧電振動子3a, 3bには電圧印加手段5が電氣的に接続されており、この電圧印加手段5から圧電振動子3a, 3bに交流電圧を印加することにより、圧電振動子3a, 3bを屈曲振動させ、プレート2a, 2bを一次共振させて圧電振動子3a, 3bより大きく上下に屈曲変位させることができる。圧電ファンにおけるプレート2a, 2bの延在方向と逆側の端部、ここではプレート2a, 2bのうち圧電振動子3a, 3bが配置された側の端部が支持体6によって並列に連結支持されている。支持体6は図示しないケース等の固定部に固定されている。プレート2a, 2bが逆位相で動くことによる互いの反力が支持体6の幅方向に伝わり、反力を打ち消しあう作用が生じるので、支持体6にはその反力を伝達できる程度の剛性が必要である。

[0022] 電圧印加手段5は、交流電源5aと、この電源5aから位相が反伝した信号を各圧電振動子3a, 3bに供給する配線5b, 5cとで構成されている。すなわち、交流電源5aの一方端が配線5bを介して圧電振動子3aの上下電極と圧電振動子3bの中間電極とに接続され、交流電源5aの他方端が配線5cを介して圧電振動子3aの中間電極と圧電振動子3bの上下電極とに接続されている。そのため、一方の圧電振動子3aの自由端が下方へ変位するとき、他方の圧電振動子3bの自由端は上方へ変位する。その結果、図2に示すように、一方の圧電振動子3aの自由端に連結されたプレート2aと、他方の圧電振動子3bの自由端に連結されたプレート2bとは相互に逆位相で変

位し、図2の矢印Aで示す方向の気流が発生する。2つの圧電ファン1a, 1bの振動特性(長さ、厚み、共振周波数など)が互いに同一であるため、両フレート2a, 2bの振動周波数及び振幅も同等になる。なお、フレート2a, 2bの自由端に垂り4a, 4bが固定されているため、フレート卓体に比べて共振周波数が低くなるとともに、振幅が大きくなる。

[0023] 前記のように2個の圧電ファン1a, 1bを庄位相で駆動することにより、支持体6に作用する重心振動を低減できる理由を以下に説明する。圧電振動子3とフレート2の振動によって、1つの圧電ファン1の重心は厚み方向(z)と長さ方向(x)に周期運動する。大幅に単純化して、図3のような圧電ファン振動モデルを考える。ここで、支持体6からRの距離に集中質量M(=重心)を考え、 $\theta = \theta_s \sin \omega t$ の $\theta$ と $\theta$ で振動をしているとする。この場合、x方向とz方向の重心の運動は、

$$x = R \cos(\theta_s \sin \omega t)$$

$$z = R \sin(\theta_s \sin \omega t)$$

のように書ける。ここで、x方向の振幅は $(R/2) \sin \theta_s$ であり、z方向の振幅は $R \sin \theta_s$ である。すなわち、 $\theta_s$ が小さい場合には、x方向の振幅は微小量の2乗となるので、無視できる。一方で、庄位相の振動をしているものは、

$$x = R \cos(-\theta_s \sin \omega t) = R \cos(\theta_s \sin \omega t)$$

$$z = R \sin(-\theta_s \sin \omega t) = -R \sin(\theta_s \sin \omega t)$$

となる。これら2つの圧電ファンを合わせた場合の重心は、

$$x = (MR \cos(\theta_s \sin \omega t) + MR \cos(\theta_s \sin \omega t)) / (M + M)$$

$$= R \cos(\theta_s \sin \omega t)$$

$$z = (MR \sin(\theta_s \sin \omega t) - MR \sin(\theta_s \sin \omega t)) / (M + M)$$

$$= 0$$

と計算できる。

[0024] このように、互いに庄位相で動いている2つの圧電ファン1a, 1bのペアでは、重心は厚み方向に振動しないことが分かる。したがって、2つの圧電ファンのペアを支持している支持体6には、厚み方向の力はかからない。長さ方向の振動は残るか、前述のように $\theta_s$ が小さい場合には無視できるレベルである。したがって、支持体6に働く力

はほぼキャンセルされることになる。

[0025] 前述のように2つの圧電ファン1a, 1bを逆位相で駆動することにより、支持体6に働く荷重をキャンセルできるが、プレート2a, 2bが振幅することの反力による振動は支持体6に発生する。しかし、従来における圧電ファンと異なり、支持体6をケース等に強く固定しなくても、プレート2a, 2bに十分な振幅を得ることができる。つまり、支持体6とケースとの間にゴム等の振動吸収体を介在させることが可能になる。したがって、支持体6に生じる振動がケースなどに波及するのを効果的に抑制でき、低騒音で、信頼性の高い圧電ファンを実現できる。

[0026] 図1では、圧電ファン1a, 1bを厚み方向に同一の向きで支持体6に固定し、電圧印加手段5から両圧電ファン1a, 1bに対して逆位相の電圧を印加する例を示したが、圧電ファン1a, 1bを厚み方向逆向きで支持体6に固定した場合には、同位相の電圧を印加してもよい。また、各圧電ファン1a, 1bの圧電振動子3a, 3bが逆の特性を有する場合、つまり各圧電振動子3a, 3bを構成する圧電素子の分極方向が逆向きである場合には、圧電振動子3a, 3bに対して同位相の電圧を印加しても、両圧電ファン1a, 1bを逆位相で振動させることができる。

[0027] [第1実施形態]

図4～図7は本発明に係る圧電ファン装置の第1実施形態を、ヒートシンクの空冷装置として用いた例を示す。図4において、同一振動特性を持つ4個の圧電ファン10a～10dが支持体11に幅方向に並べて等間隔で連結固定されている。圧電ファン10a～10dは、図1に示した圧電ファン1a, 1bと同様な構造を有する。すなわち、厚み方向に屈曲変位自在な複数のプレート12a～12dと、各プレート12a～12dの長さ方向一端部に連結され、電圧印加により屈曲振動する複数のバイモルフ型圧電振動子13a～13dとをそれぞれ備えている。プレート12a～12dの自由端には、それぞれ垂り14a～14bが固定されている。圧電振動子13a～13dには電圧印加手段15が接続されており、この電圧印加手段15から圧電振動子13a～13dに交流電圧を印加することにより、圧電振動子13a～13dを振動させ、プレート12a～12dを共振させることができる。圧電振動子13a～13dのプレート12a～12dの延在方向と逆側の端部が支持体11によって並列に連結支持されている。

[0028] この実施形態では、電圧印加手段15が、交流電源15aと、この電源15aから位相が反伝した信号を各圧電振動子13a～13dに印加する配線15b、15cとで構成されている。すなわち、交流電源15aの一方端が配線15bを介して第1と第4の圧電振動子13a、13dの上下電極と第2と第3の圧電振動子13b、13cの中間電極とに接続され、交流電源15aの他方端が配線15cを介して第1と第4の圧電振動子13a、13dの中間電極と第2と第3の圧電振動子13b、13cの上下電極とに接続されている。そのため、第1と第4の圧電振動子13a、13dが下方へ変位するとき、第2と第3の圧電振動子13b、13cは上方へ変位し、その結果、図5に示すように、第1と第4の圧電振動子13a、13dに連結されたブレード12a、12dと、第2と第3の圧電振動子13b、13cに連結されたブレード12b、12cとは相互に逆位相で変位する。各圧電ファン10a～10dの振動特性(長さ、厚み、共振周波数など)が互いに同一であるため、全ブレード12a～12dの振動周波数及び振幅も同等になる。

[0029] 圧電ファン10a～10dの近傍には、間隔をあけて並設された5枚の放熱フィン21a～21eを有するヒートシンク20が配置されている。ブレード12a～12dは各放熱フィン21a～21eの間に挿入され、かつその変位方向が放熱フィン21a～21eの側面と平行になるように配置されている。ヒートシンク20は、図6、図7に示すように回路基板22上に実装された発熱素子(CPU等)23の上面に熱的に結合された状態に取り付けられている。したがって、発熱素子23から生じる熱はヒートシンク20に伝導され、各放熱フィン21a～21e間の空気は熱せられる。放熱フィン21a～21eの間に挿入されたブレード12a～12dが放熱フィン21a～21eの側面と平行に変位するため、放熱フィン21a～21e間の暖気がブレードでかき取られ、ブレード12a～12dの長さ方向に排出される。その結果、図6の矢印Aで示すようにブレード12a～12dの長さ方向の空気の流れによって、放熱フィン21a～21e間の熱が効率よく排出され、放熱効果に優れた空冷装置を実現できる。また、隣合うブレードが逆位相で変位するため、空気を介した相互作用によりブレード12a～12dに振れのような想定外の振動モードが生じる可能性があるが、図7のように放熱フィン21b～21dによって各ブレード12a～12dが隔離されているので、空気を介したブレード間の相互作用を無くすことができ、想定外の負荷が支持体11にかかることがない。

[0030] 本実施形態では、4個の圧電ファン10a～10dのうち、半数ずつが逆位相で振動するため、図3に示した理由と同様に、支持体11に作用する重心振動をほぼ0にできる。さらに、本実施形態の場合には、中央の2個の圧電ファン10b, 10cは同位相で駆動され、両端の2個の圧電ファン10a, 10dは中央の2個の圧電ファン10b, 10cに対して逆位相で駆動されるため、支持体11の3軸回りのモーメントも解消できる。その理由を図8を参照しながら説明する。

[0031] 図8の(a)は4個の圧電ファン10a～10dを長さ方向(X方向)から見た図である。ファン10a～10dを矢印D1～D4方向に駆動すると、長さ方向軸(X軸)を中心として、第1と第3の圧電ファン10a, 10cに右回り方向のモーメントが発生し、第2と第4の圧電ファン10b, 10dに左回り方向のモーメントが発生する。これらモーメントは同じであるから、これらモーメントが打ち消しあい、長さ方向軸回りのモーメントは0になる。

[0032] 図8の(b)は圧電ファン10a～10dを幅方向(Y方向)から見た図である。幅方向軸(Y軸)を中心として、第1と第4の圧電ファン10a, 10dに左回り方向のモーメントが発生し、第2と第3の圧電ファン10b, 10cに右回り方向のモーメントが発生するので、両モーメントが相殺され、幅方向軸回りのモーメントも0になる。

[0033] 図8の(c)は圧電ファン10a～10dを厚み方向(Z方向)から見た図である。既述のように圧電ファン10a～10dを駆動したとき、各圧電ファンの長さ方向振動はほぼ無視できるレベルであるため、厚み方向軸(Z軸)回りの各圧電ファンのモーメント自体が小さい。しかも、第1と第2のファン10a, 10bと、第3と第4のファン10c, 10dに作用するモーメントとが相殺されるので、厚み方向軸(Z軸)回りのモーメントも0になる。このように支持体11に作用する3軸回りのモーメントが全て相殺されるので、振動や負荷の少ない支持構造を実現できる。

[0034] なお、圧電ファンに関して、大きなプレート振幅を得るためには連結具のねじり剛性が下記の関係を満たすことが好ましい。

$$D > kmAf^2LW$$

ここで、D:ねじり剛性(Nm<sup>2</sup>/rad)

m:ファンの連結具以外の質量[kg]

A:プレート先端の振幅(tip-to-tip)(m)

f: 駆動周波数 (H )

L: ファンの長さ [m]

W: 連結具幅 [m]

k: 係数

である。また、3軸モーメントを打ち消す場合は、上記係数kは10以上の値があるにより振動伝播を小さくでき、他の部品やケース等の信頼性に悪影響を与えることが少なく、かつ低騒音になる。

[0035] 図9は、圧電ファン装置の冷却性能を確認するための実験構造を示す。4個の圧電ファン30a ~ 30dは、それぞれ細長い帯板状のブレード31a ~ 31dを備え、これらブレードの長さ方向一端部が保持具33a ~ 33dの一端部に固定されている。ブレードの保持具に固定された一端部近傍に圧電素子32a ~ 32dが固定され、圧電振動子を構成している。保持具33a ~ 33dの他端部は幅方向に延びる連結具(支持体)34に連結されている。連結具34は幅方向一方側へ伸び、固定部35に固定されている。

[0036] 前記構造の圧電ファン装置において、各ファンの振動の位相関係が表1に示す4種類の場合におけるブレード先端部の振幅(ファン1の位相を0°とする)を評価した。圧電体への印加電圧は45V<sub>pp</sub>で一定とし、ブレードとして42Ni、保持具及び連結具としてガラスエポキシ板を使用した。なお、連結具のねじり剛性の影響を見るために、厚みが0.3mm、0.6mmの2種類の連結具を用いた。各部品の寸法は図9に図示の通りである。CASE1は全てのファンを同位相で駆動する例、CASE2は中央を境にして左半分と右半部分を逆位相にした例、CASE3は交互に逆位相とした例、CASE4(本発明)は幅方向中央を境にして線対称に逆位相とした例である。

[0037] [表1]

	ファン 1	ファン 2	ファン 3	ファン 4
CASE 1	0°	0°	0°	0°
CASE 2	0°	0°	180°	180°
CASE 3	0°	180°	0°	180°
CASE 4	0°	180°	180°	0°

[0038] 図100の(a), (b)は、連結具の厚みを0.3mm, 0.6mmとした場合のCASE1～CASE4におけるプレート先端部の振幅を示す。図10から明らかなように、CASE1に比べて、CASE2の方が振幅が大きく、CASE3はさらに大きくなる。そして、3軸モーメントを打ち消すことができるCASE4では、プレートの振幅が最大になることがわかる。

[0039] CASE1では、全てのファンの振動を連結具で支える必要があるため、連結具の剛性が低下すると大きな振幅が得られない。CASE2では、逆位相で動くファンによる反力が連結具を通して支え合う。但し、打ち消し合うのは重心振動だけで、モーメントは残る。したがって、連結具の剛性があれば、ある程度の重心振動を抑えることができ、CASE1よりは大きな振幅が得られるが、モーメントは打ち消されていないので、連結具が全体として回転振動することになり、連結具の剛性が低下すると、振幅が大きく低下する。CASE3はCASE2と同じ状況であるが、CASE2よりも逆方向に動くファン間の距離が小さいため、モーメントとしては小さくなり、回転振動も小さくなる。したがって、同じ連結具剛性があれば、CASE2よりも大きな振幅が得られる。CASE4では、連結具内で重心振動・モーメント振動が共に打ち消し合うことができるため、CASE3に比べてさらに大きな振幅が得られる。

[0040] CASE3とCASE4とのプレートの振幅差は、連結具の厚みが0.6mmの場合には僅かであるが、0.3mmでは振幅差は5%程度となる。連結具のねじれ剛性が低いほど、CASE3とCASE4の振幅差が拡大する。5%の振幅差は数値的には小さいが、熱源に対するファンの設置位置によっては、冷却性能に約15%の差が生じる。したがって、外部への振動波及を抑制するためにファンを支持する連結具の剛性を低くすると、冷却性能に大きな差が生じることになる。

- [0041] 図11は、8個の圧電ファンを並列配置した場合の駆動方法の例を示す。幅方向に第1～第8のファン41～48が等間隔で配置され、図示しない支持体によって連結保持されている。矢印D1～D8がその駆動方向を示す。X軸は幅方向中央の長さ方向軸、Z軸は厚み方向軸である。(a)では、中央の2個のファン44, 45は同位相で駆動され、他のファンは隣り合うファンに対して交互に逆位相で駆動される。この場合は、Z方向の重心振動は勿論、X軸回り、Y軸回り、Z軸回りのモーメントが打ち消し合うので、ファン41～48を連結する支持体の剛性が低くても大きな振幅を得ることができる。(b)では、両端のファン41, 48と中央の2個のファン44, 45は同位相で駆動され、第2, 第3, 第6, 第7のファン42, 43, 46, 47は逆位相で駆動される。この場合も、重心振動及び3軸のモーメントが打ち消しあい、支持体の剛性を低くできると共に、大きな振幅が得られる。
- [0042] 図12は圧電ファンの構造の種々の態様を示す。図12の(a)に示す圧電ファン50は、単板の圧電素子51の一方主面に金属板よりなるプレート52の一端部主面を貼り付けてユニモルフ型振動子とした例である。圧電ファン50のプレート突出側と逆側の端部が支持体53に固定されている。圧電素子51とプレート52との間に交流電圧を印加することにより、伸縮する圧電素子51と伸縮しないプレート52とによって、全体として圧電ファン50が屈曲変形する。この場合は、圧電素子51の一方の電極をプレート52で兼用できる。
- [0043] 図12の(b)に示す圧電ファン60は、金属板よりなるプレート61の一端部両主面にそれぞれ圧電素子62, 63を貼り付けてバイモルフ型振動子とした例である。圧電ファン60のプレート突出側と逆側の端部が支持体64に固定されている。圧電素子62, 63が厚み方向同方向に分極されている場合、両主面の電極とプレート61との間に交流電圧を印加することにより、全体として圧電ファン60が屈曲変形する。
- [0044] 図12の(c)に示す圧電ファン70は、第1の振動子71と第2の振動子72とを有し、第1の振動子71と第2の振動子72の長さ方向一端部同上をスペーザ73を介して連結することでU字形構造とし、第1の振動子71の長さ方向他端部にプレート74を連結し、第2の振動子72の長さ方向他端部を支持体75に支持したものである。第1の振動子71と第2の振動子72は、同一の振動特性を有する振動子であり、互いに逆

向きに屈曲変位する。例えば、第1の振動子71が上に凸に屈曲変位したとき、第2の振動子72は下に凸に屈曲変位する。ブレード74には各振動子71, 72の2倍の振幅の振動が与えられ、それに応じてブレード74の振幅も拡大するため、大幅な風呈増加を実現できる。

[0045] 図12の(d)に示す圧電ファン80は、図12の(c)に示す圧電ファン70の変形例であり、同一部品には同一符号を付して重複説明を省略する。第1の振動子71の長さ方向他端部に連結されるブレード81がV字状に折り曲げられている。この場合には、2つの振動子71, 72がU字形構造を成し、ブレード74が振動子71, 72側に折り返されているため、長さ寸法を短縮でき、全体としてコンパクトな圧電ファンを実現できる。

#### 符号の説明

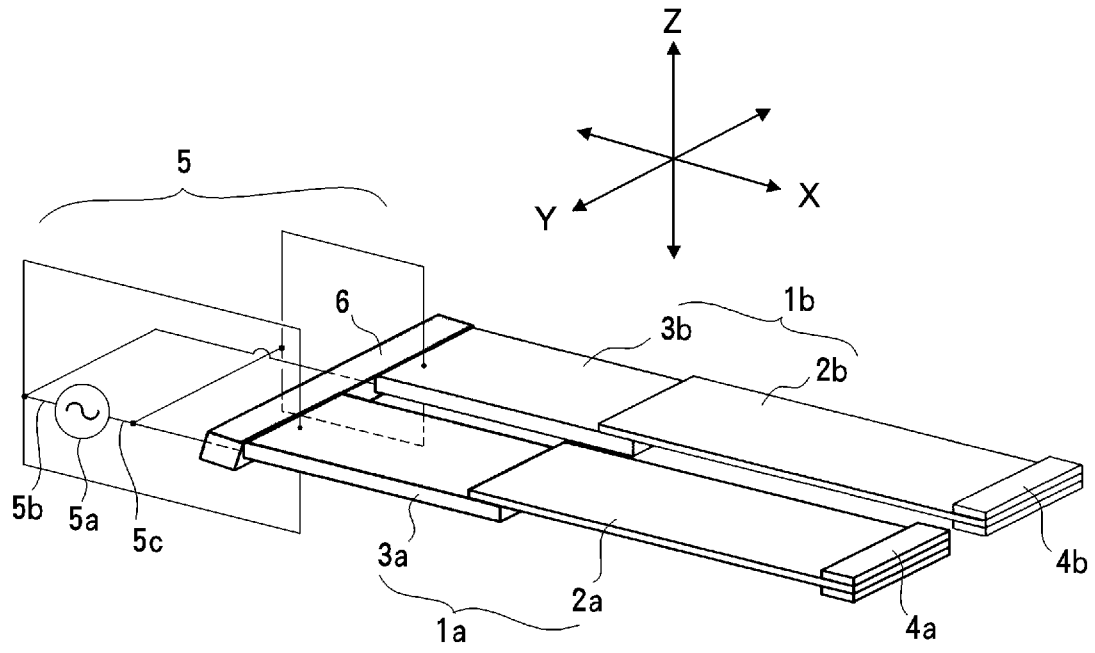
[0046]	10a ~10d	圧電ファン
	11	支持体
	12a ~12d	ブレード
	13a ~13d	圧電振動子
	14a ~14d	垂り
	15	電圧印加手段
	15a	交流電源

## 請求の範囲

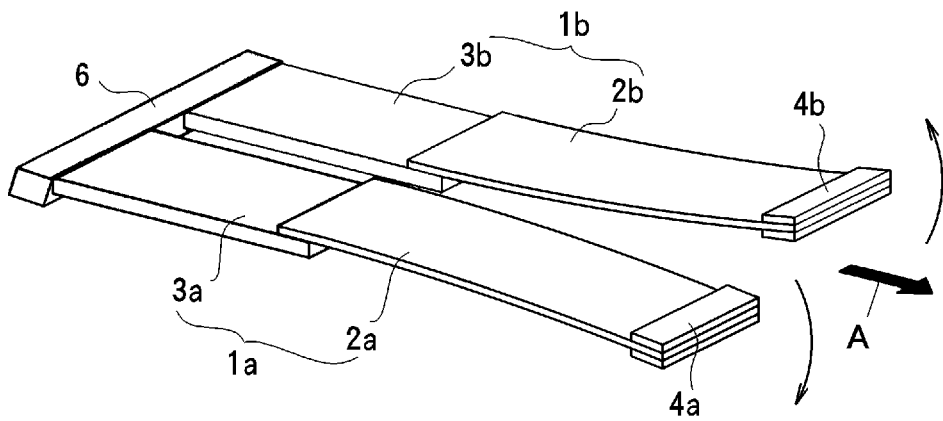
- [1] 電圧印加により屈曲振動する圧電振動子と、当該圧電振動子に連結又は一体化されて前記圧電振動子により励振されるブレードとを有し、幅方向に並列配置された複数の圧電ファンと、  
前記複数の圧電ファンにおける前記ブレードの延在側と逆側の端部を並列に連結支持する支持体と、を備えた圧電ファン装置において、  
幅方向中央に位置する圧電ファン又は幅方向中央に位置する圧電ファン間を境にして、両側の圧電ファンの駆動方向が線対称で、かつ半数の圧電ファンの駆動方向が残りの半数の圧電ファンの駆動方向に対して逆位相になるように、前記各圧電振動子に電圧を印加する電圧印加手段を設けたことを特徴とする圧電ファン装置。
- [2] 前記圧電ファンの個数は4の倍数であることを特徴とする請求項1に記載の圧電ファン装置。
- [3] 前記圧電ファンは4個並列に配置され、中央の2個の圧電ファンは同位相で駆動され、両端の2個の圧電ファンは中央の2個の圧電ファンに対して逆位相で駆動されることを特徴とする請求項2に記載の圧電ファン装置。
- [4] 前記各圧電ファンは、細長い帯板状のブレードと、当該ブレードの長さ方向一端部に固定された圧電素子とを含み、  
前記ブレードの長さ方向一端部と前記圧電素子とで前記圧電振動子を構成しており、  
前記ブレードの長さ方向一端部が前記支持体に連結支持されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の圧電ファン装置。
- [5] 前記各圧電振動子は第1の振動子と第2の振動子とを有し、前記第1の振動子と第2の振動子の長さ方向一端部同上を相互に連結し、第1の振動子の長さ方向他端部に前記ブレードを連結し、第2の振動子の長さ方向他端部を前記支持体に支持してなり、第1の振動子と第2の振動子とが逆向きに屈曲振動するよう電圧印加手段が接続されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の圧電ファン装置。
- [6] 請求項1乃至5のいずれか1項に記載の圧電ファン装置が、間隔をあけて並設され

た複数の放熱フィンを有するヒートシンクの近傍に配置され、前記各ブレードはその変位方向が放熱フィンの側面と平行になるように前記各放熱フィンの中に挿入されていることを特徴とする空冷装置。

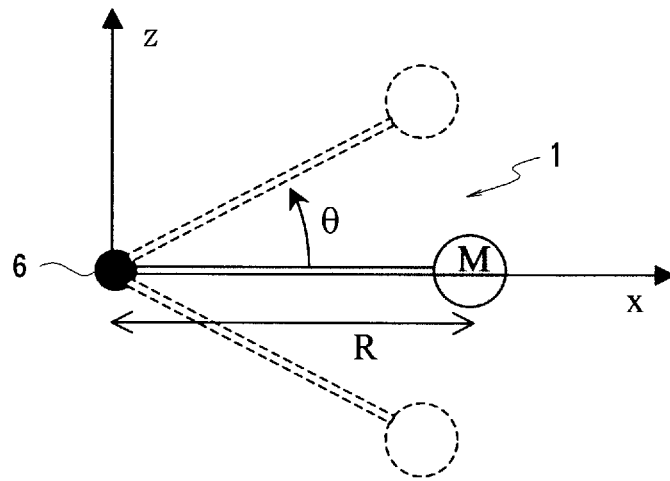
[図1]



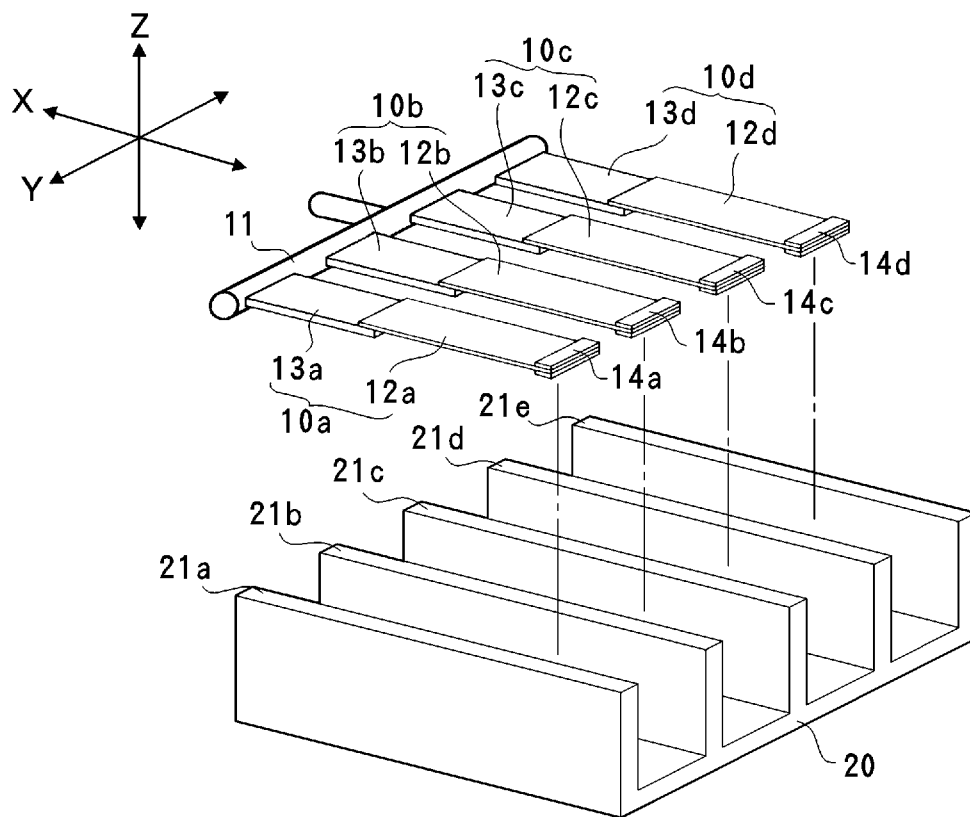
[図2]



[図3]

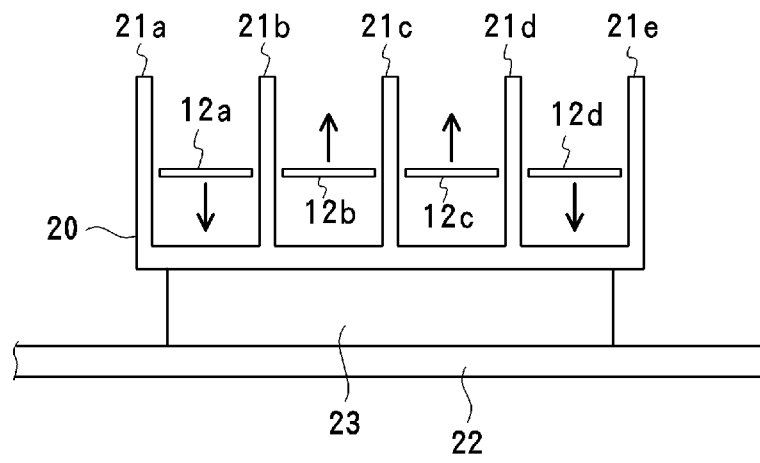


[図4]

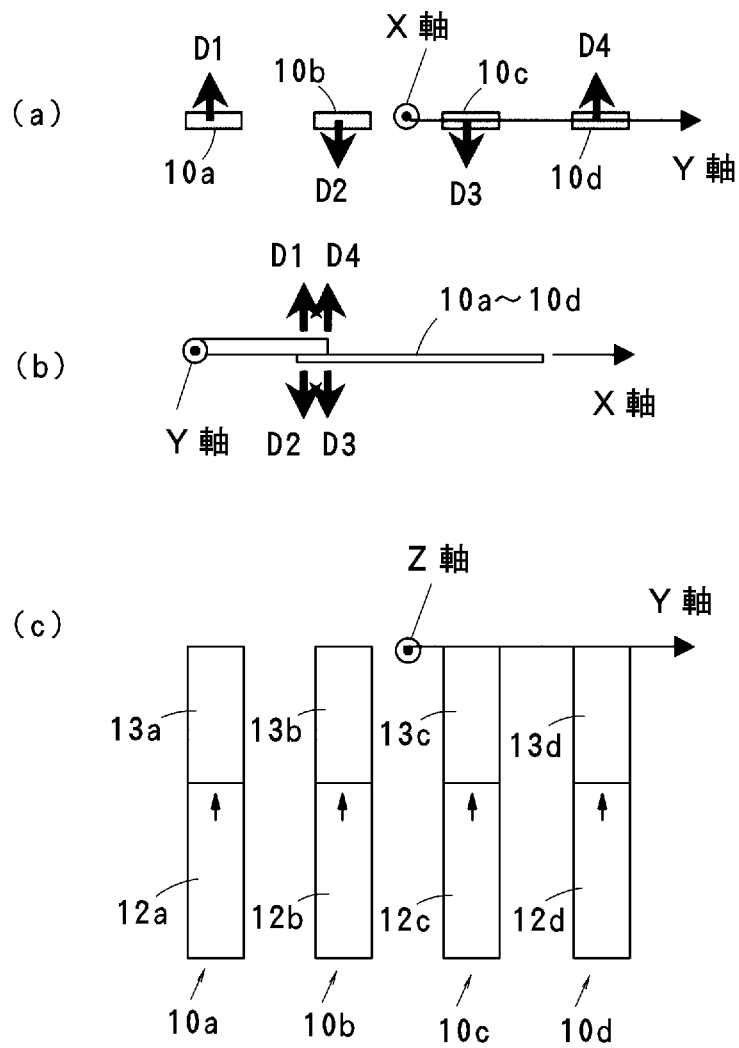




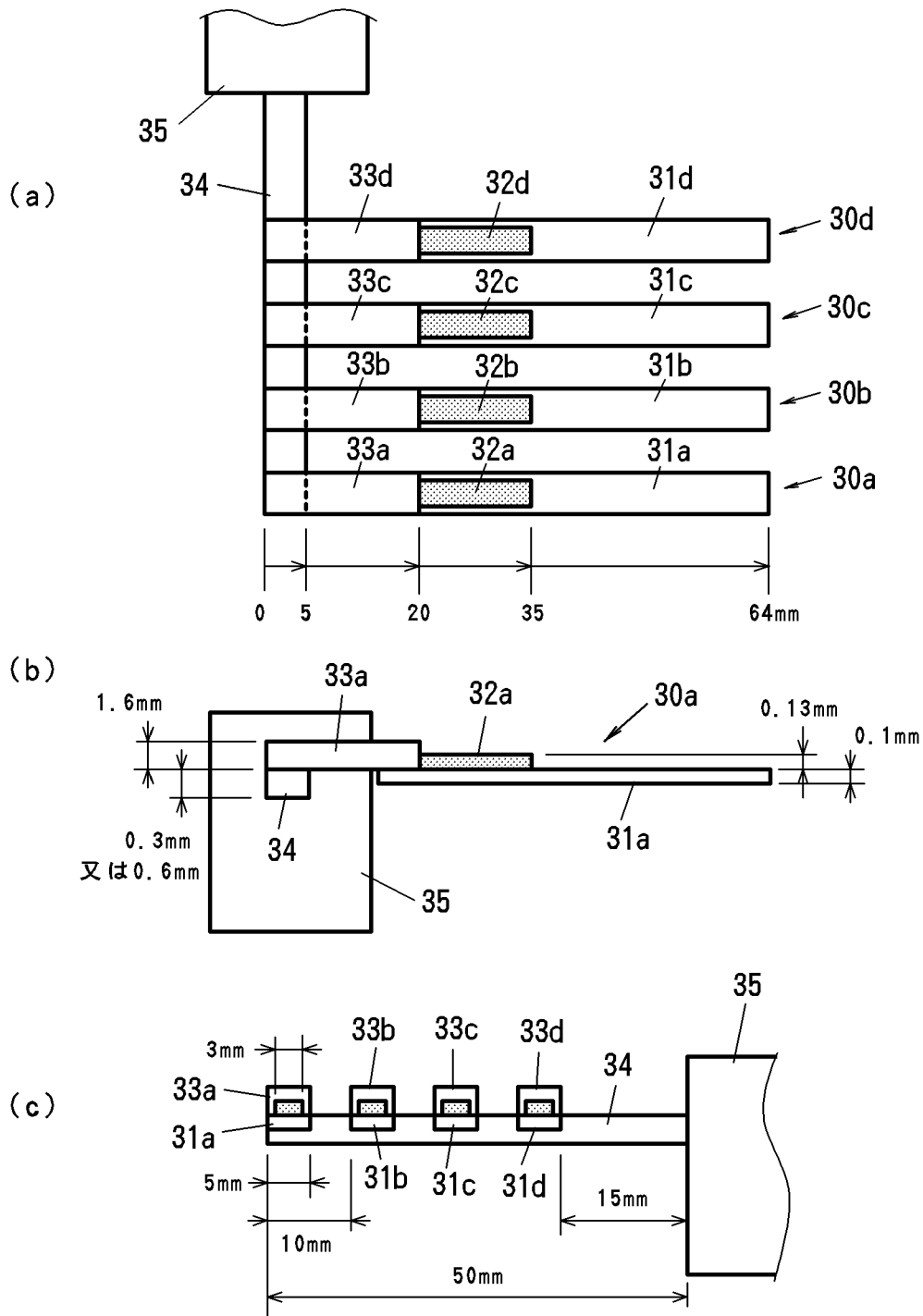
[図7]



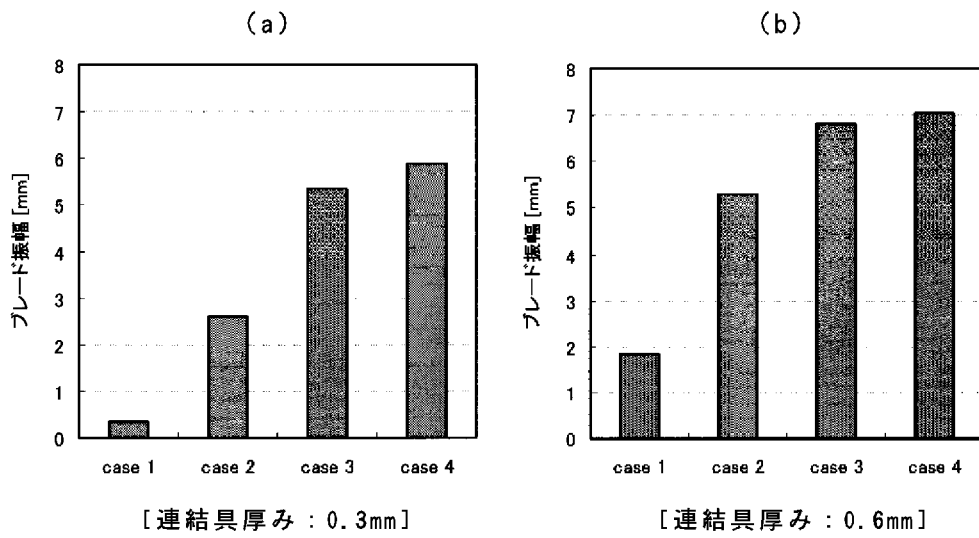
[図8]



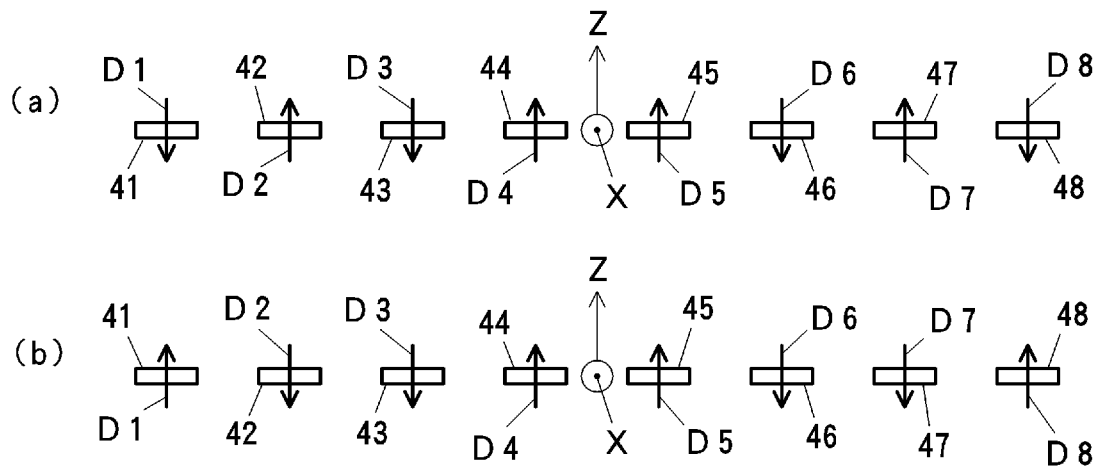
[図9]



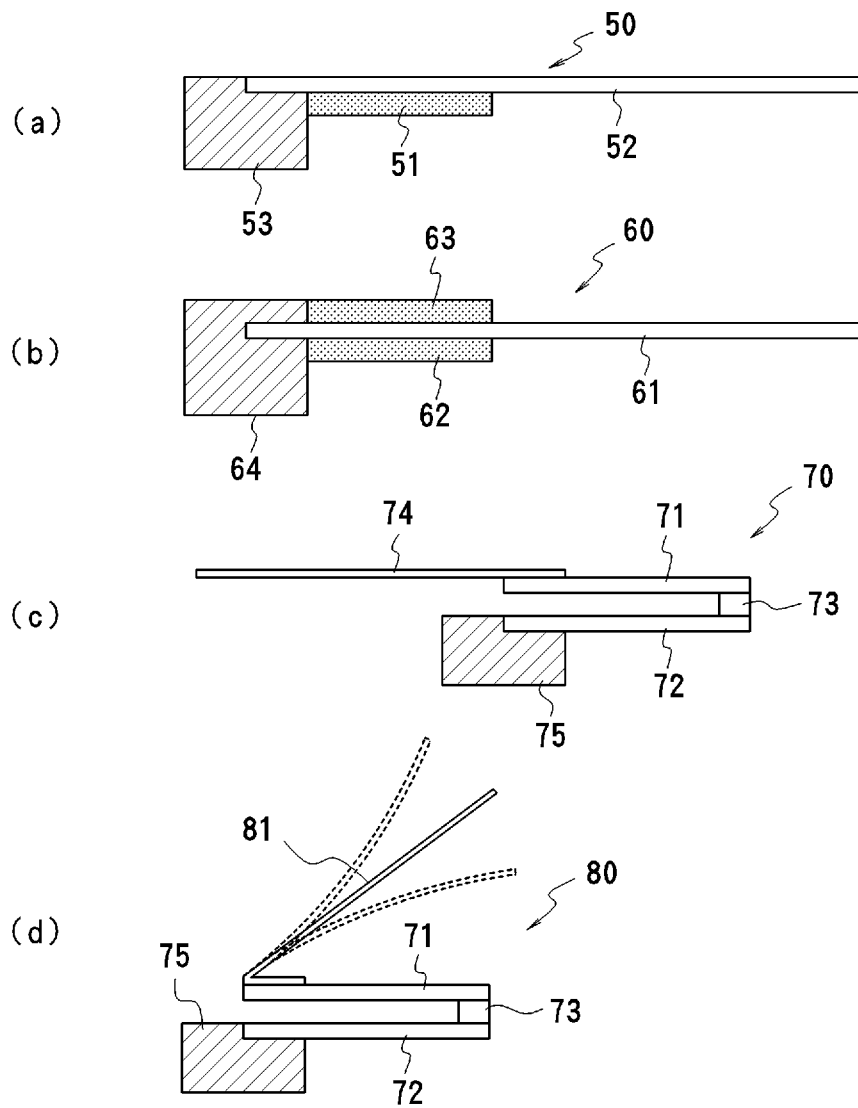
[図10]



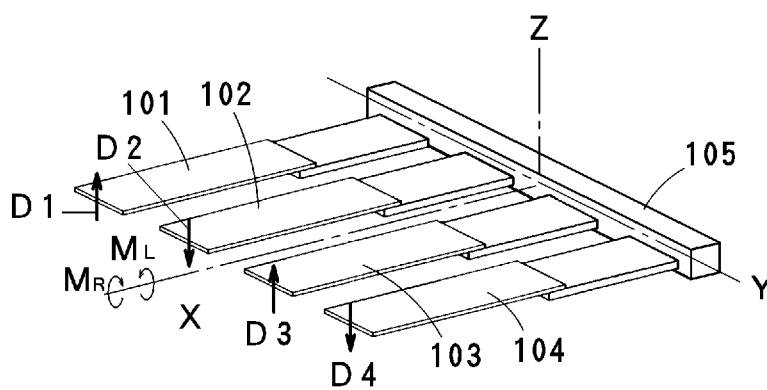
[図11]



[図12]



[図13]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/055401

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D33/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F 0 4 D 3 3 / 0 0

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 94651/1989 (Laid-open No. 35298/1991) (NEC Corp.), 05 April, 1991 (05.04.91), Description, page 4, lines 2 to 18; Fig. 1 (Family: none)	1, 4 6 2-3, 5
X A	JP 2-33500 A (Rion Co., Ltd.), 02 February, 1990 (02.02.90), Page 2, upper right column, line 11 to lower left column, line 4; Figs. 1 to 3 (Family : none)	1, 4 2-3, 5-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 June, 2009 (15.06.09)

Date of mailing of the international search report

23 June, 2009 (23.06.09)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 56717/1990 (Laid-open No. 17199/1992) (NEC Corp.), 13 February, 1992 (13.02.92), Description, page 3, line 16 to page 4, line 6; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1,4 2-3,5-6
Y	US 2007/0037506 A1 (Seri LEE), 15 February, 2007 (15.02.07), Figs. 11 to 12 (Family: none)	6
A	JP 61-155700 A (Toshiba Corp.), 15 July, 1986 (15.07.86), Fig. 2 (Family: none)	2-3
E, Y	WO 2009/034956 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 19 March, 2009 (19.03.09), Par. No. [0075]; Fig. 13 (Family: none)	5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl F04D33/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IntCl F04D33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー <sup>ホ</sup>	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	日本国実用新案登録出願 1-94651 号 (日本国実用新案登録出願公開 3-35298 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日本電気株式会社) 1991. 04. 05, 明細書 4 ページ 2-18 行, 第 1 図 (7 ファミリーなし)	1, 4 6 2-3, 5
X A	JP 2-33500 A (リオン株式会社) 1990. 02. 02, 2 ページ右上欄 i1 行- 左下欄 4 行, 第 i-3 図 (7 ファミリーなし)	1, 4 2-3, 5-6

洋 C 欄の続きにも文献が列挙されている。

ヴ パテントファミリーに関する別紙を参照。

ホ 引用文献のカテゴリー

- IA」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- IE」国際出願日前の出願または特許であるか、国際出願日以後に公表されたもの
- IL」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- IO」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- rp」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の役に公表された文献

- IT」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- IX」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- IY」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- I&J 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.06.2009

国際調査報告の発送日

23.06.2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田谷 宗隆

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

30 3518

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求大項の番号
X A	日本国実用新案登録出願 2-56717 号(0 本国実用新案登録出願公開 4-17199 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイ クロフィルム (日本電気株式会社) 1992. 02. 13, 明細書 3 ページ 16 行-4 ページ 6 行, 第 1-4 図 (7 アミリーなし)	1、4 2-3、5- 6
Y	US 2007/0037506 A1 (Seri LEE) 2007. 02. 15, Fig. 11-12 (7 アミリー なし)	6
A	JP 61-155700 A (株式会社東芝) 1986. 07. 15, 第 2 図 (7 アミリー なし)	2-3
E, Y	WO 2009/034956 A1 (株式会社村田製作所) 2009. 03. 19, 75 段落, 図 13 (7 アミリーなし)	5