

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02009/063905

発行日 平成23年3月31日 (2011.3.31)

(43) 国際公開日 平成21年5月22日 (2009.5.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4R 17/00 (2006.01)	HO4R 17/00	5D004
HO4M 1/02 (2006.01)	HO4M 1/02 C	5K023
HO4M 1/03 (2006.01)	HO4M 1/03 C	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 46 頁)

出願番号 特願2009-541154 (P2009-541154)	(71) 出願人 00004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2008/070587	
(22) 国際出願日 平成20年11月12日 (2008.11.12)	
(31) 優先権主張番号 特願2007-293519 (P2007-293519)	(74) 代理人 100080816 弁理士 加藤 朝道
(32) 優先日 平成19年11月12日 (2007.11.12)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 大西 康晴 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
	(72) 発明者 佐々木 康弘 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
	(72) 発明者 高橋 尚武 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内

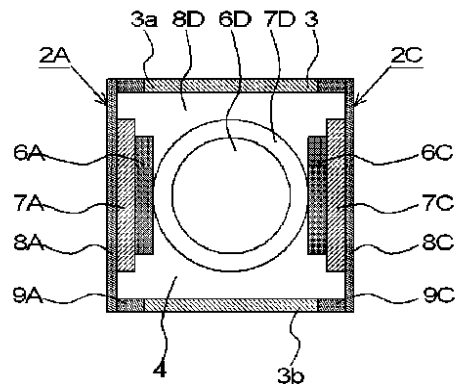
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電音響素子及び電子機器

(57) 【要約】

大きな音圧が得られ、かつ広い周波数帯域で安定した音圧が得られると共に、強度の高い小型の圧電音響素子を提供する。圧電音響素子は、少なくとも2つの圧電アクチュエータ2A~2Dと、少なくとも2つの圧電アクチュエータを支持する支持体3と、少なくとも2つの圧電アクチュエータをそれぞれ任意のタイミングで駆動させる信号入力装置と、を備える。少なくとも2つの圧電アクチュエータのうち、少なくとも一対の圧電アクチュエータ2A, 2Cは、互いの音響放射面が所定の間隙を空けて対向するように配置されている。圧電アクチュエータ2Aは、音響放射面に沿って伸縮運動する板状の少なくとも1つの圧電素子6Aと、圧電素子の一方の面に接合され、圧電素子6Aの伸縮運動を、音波が発生するように振動膜8Aへ変換伝達する台座7Aと、台座7Aより低弾性であり、かつ広面積である振動膜8Aと、を有する。(図2)

【図2】



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 2 つの圧電アクチュエータと、
前記少なくとも 2 つの圧電アクチュエータを支持する支持体と、
前記少なくとも 2 つの圧電アクチュエータをそれぞれ任意のタイミングで駆動させる信号入力装置と、を備え、
前記少なくとも 2 つの圧電アクチュエータのうち、少なくとも一对の圧電アクチュエータは、互いの音響放射面が所定の間隙を空けて対向するように配置されていることを特徴とする圧電音響素子。

【請求項 2】

前記圧電アクチュエータは、
音響放射面に沿って伸縮運動する板状の少なくとも 1 つの圧電素子と、
前記圧電素子の一方の面に接合された台座と、
前記台座に接合され、前記台座より低弾性であり、かつ広面積である振動膜と、を有し、
前記台座は、前記圧電素子の伸縮運動を、音波が発生するように前記振動膜に伝達することを特徴とする請求項 1 に記載の圧電音響素子。

【請求項 3】

前記振動膜と前記支持体とが接合されていることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電音響素子。

【請求項 4】

前記圧電アクチュエータは、前記振動膜の外縁に接合される支持部材をさらに有し、
前記支持部材と前記支持体とが接合されていることを特徴とする請求項 2 に記載の圧電音響素子。

【請求項 5】

前記支持体は、板状の支持板を有し、
前記少なくとも 2 つの圧電アクチュエータと、板状の支持板とで、
前記少なくとも一对の圧電アクチュエータが対向する空間を取り囲むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の圧電音響素子。

【請求項 6】

前記支持板は、前記少なくとも一对の圧電アクチュエータが対向する空間に連通する貫通孔を有することを特徴とする請求項 5 に記載の圧電音響素子。

【請求項 7】

前記圧電アクチュエータ及び前記支持体で形成される直方体形状を有し、
直方体形状の対向する 2 面には、前記少なくとも一对の圧電アクチュエータが配され、
残りの 4 面には、前記圧電アクチュエータ又は前記支持体の一部が配されることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の圧電音響素子。

【請求項 8】

前記少なくとも一对の圧電アクチュエータは、互いに周波数特性が異なることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の圧電音響素子。

【請求項 9】

前記圧電アクチュエータは、少なくとも 2 つの圧電素子を有するバイモルフ型であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の圧電音響素子。

【請求項 10】

前記信号入力装置は、前記少なくとも 2 つの圧電アクチュエータで囲まれた空間を同時に拡張及び縮小させるように、前記少なくとも 2 つの圧電アクチュエータの動作を同期させることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の圧電音響素子。

【請求項 11】

圧電音響素子を備える電子機器であって、
前記圧電音響素子は、少なくとも 2 つの圧電アクチュエータと、

10

20

30

40

50

前記少なくとも2つの圧電アクチュエータを支持する支持体と、

前記少なくとも2つの圧電アクチュエータをそれぞれ任意のタイミングで駆動させる信号入力装置と、を有し、

前記少なくとも2つの圧電アクチュエータのうち、少なくとも一对の圧電アクチュエータは、互いの音響放射面が所定の間隙を空けて対向するように配置されていることを特徴とする電子機器。

【請求項12】

筐体をさらに備える電子機器であって、

少なくとも1つの圧電アクチュエータが前記筐体と対向するように前記圧電音響素子が搭載されていることを特徴とする請求項11に記載の電子機器。

10

【請求項13】

筐体をさらに備える電子機器であって、

前記圧電アクチュエータが前記筐体と対向しないように前記圧電音響素子が搭載されていることを特徴とする請求項11に記載の電子機器。

【請求項14】

前記筐体は、前記筐体を貫通する貫通孔を少なくとも1つ有し、

前記支持体は、板状の支持板を有し、

前記少なくとも2つの圧電アクチュエータと、前記板状の支持板とで、

前記少なくとも一对の圧電アクチュエータが対向する空間を取り囲み、

前記支持板は、前記少なくとも一对の圧電アクチュエータが対向する空間に連通する貫通孔を有し、

20

前記筐体の前記貫通孔と、前記支持板の前記貫通孔とが対向するように前記圧電音響素子が搭載されていることを特徴とする請求項13に記載の電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の記載]

本発明は、日本国特許出願：特願2007-293519号(2007年11月12日出願)の優先権主張に基づくものであり、同出願の全記載内容は引用をもって本書に組み込み記載されているものとする。

30

本発明は、圧電素子を用いて音波を発生させる圧電音響素子、及び該圧電音響素子を備える電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、スピーカなどの音響素子の駆動源として、電磁式アクチュエータが利用されている。電磁式アクチュエータは、永久磁石とボイスコイルから構成されており、磁石を用いたステータの磁気回路の作用により振動を生じるものである。また、電磁式スピーカは、電磁式アクチュエータの振動部に固定された、有機フィルム等の低剛性な振動板が振動することにより音を発生するものである。

【0003】

40

近年、携帯電話機やノート型パーソナルコンピュータの需要が増えており、これに伴って、小型かつ省電力のアクチュエータの需要が高まりつつある。しかしながら、電磁式アクチュエータは、動作時にボイスコイルへ多くの電流を流す必要があることから、省電力性には問題がある上に、その構造上、小型薄型化にも不向きであった。加えて、電磁式アクチュエータでは、ボイスコイルからの漏洩磁束による弊害を防止するため、電子機器への適用に際しては電磁シールドを施す必要があり、この点からしても携帯電話機等の小型電子機器への使用には不向きである。さらに言えば、小型化に伴い、ボイスコイルが細線化し、その結果、線材への抵抗値が増すことから、ボイスコイルが焼損する可能性も多くなった。

【0004】

50

上記のような問題点に鑑み、電磁式アクチュエータに代わる薄型振動部品として、小型軽量、省電力、無漏洩磁束などの特徴を有する、圧電セラミックスなどの圧電素子を駆動源とした圧電アクチュエータが開発されている。圧電アクチュエータは、圧電素子の運動により機械的振動を発生させるものであり、例えば圧電セラミック素子（単に「圧電素子」ともいう）と台座とが接合された構造となっている。

【0005】

圧電アクチュエータの基本的な構成及び動作について、図58及び図59を参照して説明する。図58は、背景技術に係る圧電アクチュエータの構成を示す概略分解斜視図であり、図59は、図58の圧電アクチュエータの振動の態様を示す模式図である。

【0006】

図58に示すように、圧電アクチュエータ311は、圧電セラミックスからなる圧電素子312と、それが固定される台座313と、台座313の外周部を支持する棒状の支持部材314とを有している。圧電素子312に交流電圧を印加すると、圧電素子312は伸縮運動を行う。図59に示すように、台座313はこの伸縮運動に応じて、凸型のモード（実線にて示す）に変形したり、凹型のモード（破線にて示す）に変形したりする。このようにして台座313、支持部材314との接合部を固定端とし、台座313中央部を腹として、図示上下方向に振動することとなる。

【0007】

圧電アクチュエータは、薄型化には有利であるが、電磁式アクチュエータと比較して音響素子としての音響性能に劣るといえる一面がある。これは、圧電素子自体が高剛性で、機械Q値が高いため、電磁型アクチュエータに比べ、共振周波数近傍では大振幅を得ることができるが、共振周波数以外の帯域では振幅が小さいことに起因する。なお、アクチュエータの振幅が小さければ、音圧も小さくなるので、このことは音楽再生などで必要な広い周波数帯域においては、十分な音圧を得ることができないことを意味する。また、圧電アクチュエータでは、基本共振周波数以下の低周波数帯域での音圧が小さく、これを解決する手段として、音響放射面の大面積化があるが、携帯電子機器に搭載する観点から、好適な手段とは言えない。そこで、例えば特許文献1～5には、圧電アクチュエータの振動振幅を増大させるための手段が開示されている。

【0008】

特許文献1に記載の圧電アクチュエータは、第1のバイモルフと、第1のバイモルフの両端支持間より短く形成され、第1のバイモルフと同じ厚み方向に変位するよう、第1のバイモルフの位置面上に絶縁状態にてその一端が固定された第2のバイモルフとよりなる。

【0009】

特許文献2に記載の圧電アクチュエータにおいては、圧電体と弾性体とで構成される振動体の周縁部をバネ構造物によって支持固定している。

【0010】

特許文献3に記載の圧電アクチュエータにおいては、圧電体は弾性部材を介して支持部材に支持され、弾性部材の中側、弾性部材と支持部材との間、又は弾性部材と圧電体との間にスリットが形成されている。

【0011】

特許文献4に記載の圧電音響装置においては、圧電振動子の周辺部がリング状の支持部材の内周部に固定され、支持部材の外周部がケースの周壁に固定され、支持部材は、板状部材からなると共に、その内周部と外周部との間に、厚み方向に湾曲した湾曲部を有する。

【0012】

特許文献5に記載のパラメトリックスピーカ用電気音響変換器は、圧電アクチュエータと、圧電アクチュエータと重ねて接合され、圧電アクチュエータの撓み振動に伴って超音波を発生するように振動する振動板と、圧電アクチュエータの振動に伴って発生する超音波を共鳴させる共鳴器とを備え、共鳴器は、共鳴室と、共鳴室に連通する放音孔とを有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

特許文献 6 に記載の球体型圧電スピーカにおいては、厚み方向に分極され、内部が中空である球殻型の圧電セラミックスと、圧電セラミックスの外表面に形成された外部電極と、圧電セラミックスの内表面に形成された内部電極とを備え、外部電極と内部電極の間に駆動信号を入力して、圧電セラミックスを振動させることにより音を発生させる。

【 0 0 1 4 】

特許文献 7 に記載の圧電発音体においては、圧電振動体が、音声パネルの上に、その一方の端部を支持体によって支持され、自由端部となる他方の端部と音声パネルとの間に振動伝達材が固定されている。

【 0 0 1 5 】

【特許文献 1】特開昭 6 1 - 1 6 8 9 7 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 0 - 1 4 0 7 5 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 1 - 1 7 9 1 7 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 1 - 3 3 9 7 9 1 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 4 - 3 1 2 3 9 5 号公報

【特許文献 6】特開平 9 - 1 6 3 4 9 8 号公報

【特許文献 7】特開 2 0 0 7 - 9 6 4 2 3 号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 6 】

以上の特許文献 1 ~ 7 の全開示内容は、本書に引用をもって繰り込み記載されているものとする。以下に本発明による関連技術の分析を与える。

特許文献 1 ~ 3 に記載の圧電アクチュエータは、携帯電話機などに搭載されるパイプレータとして主に用いられるものであり、スピーカとして音楽や音声を再生させることは一切考慮されていない。つまり、パイプレータを用途とした場合、特定の周波数に限定して振幅を拡大すればよいが、スピーカとしての使用は、周波数特性までを考慮する必要がある。すなわち、音楽の再生に必要とされる周波数範囲、例えば 0 . 2 ~ 2 0 k H z といった周波数帯域において、所定レベル以上の音圧が得られるような構成とする必要がある。

【 0 0 1 7 】

特許文献 4 に記載の圧電音響装置においては、圧電振動子の厚み方向と径方向の双方の方向で振動が発生するため、振動エネルギーは分散され、音響放射方向への振動量が減衰する。このため、音響放射方向に対して所定の音圧レベルを得られるような構成を必要とする。

【 0 0 1 8 】

特許文献 5 に記載のパラメトリックスピーカ用電気音響変換器は、圧電アクチュエータ、振動板及び共鳴室を重ねて接合しているため、積層方向のサイズが大きくならざるを得ない。

【 0 0 1 9 】

特許文献 6 に記載の球体型圧電スピーカにおいては、落下等による衝撃に対して圧電アクチュエータが破損するおそれ大きい。

【 0 0 2 0 】

特許文献 7 に記載の圧電発音体においては、圧電振動体が片持ち梁構造となるので、落下等による衝撃に対して圧電振動体が破損するおそれ大きい。

【 0 0 2 1 】

圧電アクチュエータは、剛性が高く、機械 Q 値が高いため、共振周波数近傍での振動量は大きい。しかしながら、共振周波数以外の帯域では振幅量は減衰するため、共振周波数近傍（特に基本共振周波数）でしか十分な音圧レベルが得られない短所をもつ。このため、圧電アクチュエータを用いた圧電音響素子においては、音響素子として必要とされる周波数特性を考慮した場合、限られた周波数での音圧を増大させることだけでなく、所望の周波数範囲内で全般的に、いかに音圧を増大させるかが重要となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

また、圧電アクチュエータを用いた圧電音響素子を携帯電話機等のモバイル機器に搭載するためには、サイズの拡大化は回避しながらも、衝撃に対する安定性を高める必要がある。

【 0 0 2 3 】

本発明の目的は、大きな音圧が得られ、かつ広い周波数帯域で安定した音圧が得られると共に、強度の高い小型の圧電音響素子、及び該音響素子を備える電子機器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 4 】

本発明の第1視点によれば、少なくとも2つの圧電アクチュエータと、少なくとも2つの圧電アクチュエータを支持する支持体と、少なくとも2つの圧電アクチュエータをそれぞれ任意のタイミングで駆動させる信号入力装置と、を備え、少なくとも2つの圧電アクチュエータのうち、少なくとも一対の圧電アクチュエータは、互いの音響放射面が所定の間隙を空けて対向するように配置されている圧電音響素子を提供する。

10

【 0 0 2 5 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、圧電アクチュエータは、音響放射面に沿って伸縮運動する板状の少なくとも1つの圧電素子と、圧電素子の一方の面に接合された台座と、台座に接合され、台座より低弾性であり、かつ広面積である振動膜と、を有し、台座は、圧電素子の伸縮運動を、音波が発生するように振動膜に伝達する。

20

【 0 0 2 6 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、振動膜と支持体とが接合されている。

【 0 0 2 7 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、圧電アクチュエータは、振動膜の外縁に接合される支持部材をさらに有し、支持部材と支持体とが接合されている。

【 0 0 2 8 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、支持体は、板状の支持板を有し、少なくとも2つの圧電アクチュエータと、板状の支持板とで、少なくとも一対の圧電アクチュエータが対向する空間を取り囲む。

【 0 0 2 9 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、支持板は、少なくとも一対の圧電アクチュエータが対向する空間に連通する貫通孔を有する。

30

【 0 0 3 0 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、圧電アクチュエータ及び支持体で形成される直方体形状を有し、直方体形状の対向する2面には、少なくとも一対の圧電アクチュエータが配され、残りの4面には、圧電アクチュエータ又は支持体の一部が配される。

【 0 0 3 1 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、少なくとも一対の圧電アクチュエータは、互いに周波数特性が異なる。

【 0 0 3 2 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、圧電アクチュエータは、少なくとも2つの圧電素子を有するバイモルフ型である。

40

【 0 0 3 3 】

上記第1視点の好ましい形態によれば、信号入力装置は、少なくとも2つの圧電アクチュエータで囲まれた空間を同時に拡張及び縮小させるように、少なくとも2つの圧電アクチュエータの動作を同期させる。

【 0 0 3 4 】

本発明の第2視点によれば、圧電音響素子を備える電子機器であって、圧電音響素子は、少なくとも2つの圧電アクチュエータと、少なくとも2つの圧電アクチュエータを支持する支持体と、少なくとも2つの圧電アクチュエータをそれぞれ任意のタイミングで駆動

50

させる信号入力装置と、を有し、少なくとも2つの圧電アクチュエータのうち、少なくとも一对の圧電アクチュエータは、互いの音響放射面が所定の間隙を空けて対向するように配置されている電子機器を提供する。

【0035】

上記第2視点の好ましい形態によれば、電子機器は、筐体をさらに備え、電子機器には、少なくとも1つの圧電アクチュエータが筐体と対向するように圧電音響素子が搭載されている。

【0036】

上記第2視点の好ましい形態によれば、電子機器は、筐体をさらに備え、電子機器には、圧電アクチュエータが筐体と対向しないように圧電音響素子が搭載されている。

10

【0037】

上記第2視点の好ましい形態によれば、筐体は、筐体を貫通する貫通孔を少なくとも1つ有し、支持体は、板状の支持板を有し、少なくとも2つの圧電アクチュエータと、板状の支持板とで、少なくとも一对の圧電アクチュエータが対向する空間を取り囲み、支持板は、少なくとも一对の圧電アクチュエータが対向する空間に連通する貫通孔を有し、電子機器には、筐体の貫通孔と、支持板の貫通孔とが対向するように圧電音響素子が搭載されている。

【発明の効果】

【0038】

本発明の圧電音響素子は、以下の少なくとも1つの効果を有する。

20

【0039】

本発明の圧電音響素子においては、複数の圧電アクチュエータを同時に駆動させる。これにより、1つの圧電アクチュエータからなる音響素子と比較して、複数倍の音響放射面積を有することになるので、音圧（特に、1つの圧電アクチュエータが再生する特定の周波数帯域の音圧）を増加させることができる。また、1つの圧電アクチュエータが破損した場合であっても、別の圧電アクチュエータから音は放射されるため、音響素子として機能を維持させることができる。さらに、1個の圧電音響素子で多チャンネルステレオ再生が可能となるので、音楽再生機能を有する電子機器への音響素子としての利便性が高くなる。

【0040】

本発明の圧電音響素子においては、薄型の圧電アクチュエータを立体的に配置することにより、体積を大幅に増加させることなく音響放射面積が増大されている。これにより、本発明の圧電音響素子は、小型携帯電子機器であっても、そのデッドスペースに搭載することができる。

30

【0041】

本発明の圧電音響素子においては、複数の圧電アクチュエータを同期させることができる。これにより、いわゆる呼吸球（膨張/伸縮する球体）のように、複数の方向に同一な波面で音波を伝播することが可能となる。多方向から音波を放射することで、無指向性で理想的な音源に近づき、原音を忠実に再生できる音響素子を実現することができる。

【0042】

本発明においては、振動膜によって、圧電素子及び台座と支持体（支持部材）とが接合されている。振動膜は、台座などよりも変形し易くしているので、振動振幅を大きくすることができる。これにより、振動の態様をよりピストン型（電磁式アクチュエータと同様の振動態様）に近づけることが可能となる。また、落下等による圧電音響素子への衝撃を振動膜によって吸収することができるので、圧電素子等の破損を防止することができる。

40

【0043】

本発明の圧電音響素子においては、周波数特性や共振周波数が異なる圧電アクチュエータを組み合わせることもできる。これにより、圧電音響素子の周波数特性を安定した音圧で平坦化することができると共に、周波数帯域も広帯域化することができる。

【0044】

50

本発明の電子機器によれば、本発明の圧電音響素子によって得られる音響効果（例えば、大きな音圧や幅広い周波数帯域）を得ることができる。また、本発明の圧電音響素子の小型化により、電子機器自体を小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図。

【図2】図1のII-II線における概略断面図。

【図3】本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子における圧電アクチュエータの分解斜視図。

【図4】本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子における圧電アクチュエータの概略断面図。 10

【図5】本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子における支持体の概略斜視図。

【図6】本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子の動作を説明するための概略断面図。

【図7】本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子の動作を説明するための概略断面図。

【図8】本発明の第2実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図。

【図9】図8のIX-IX線における概略断面図。

【図10】本発明の第3実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図。

【図11】図10のXI-XI線における概略断面図。

【図12】本発明の第4実施形態に係る圧電音響素子における支持体の概略斜視図。

【図13】本発明の第4実施形態に係る圧電音響素子における圧電アクチュエータの概略断面図。 20

【図14】本発明の第4実施形態に係る圧電音響素子の概略断面図。

【図15】本発明の第5実施形態に係る圧電音響素子の概略断面図。

【図16】本発明の第6実施形態に係る圧電音響素子の概略断面図。

【図17】本発明の第7実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図。

【図18】図17のXVIII-XVIII線における概略断面図。

【図19】本発明の第8実施形態に係る電子機器の一例を示す携帯電話機の概略平面図。

【図20】本発明の第8実施形態において電子機器の筐体に圧電音響素子を接合した状態を示す概略部分断面図。

【図21】本発明の第8実施形態において電子機器の筐体に圧電音響素子を接合した状態を示す概略部分断面図。 30

【図22】本発明の第8実施形態において電子機器に圧電音響素子を搭載したときの概略斜視図。

【図23】本発明の第8実施形態において電子機器の筐体に圧電音響素子を接合した状態を示す概略部分断面図。

【図24】実施例1に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図25】実施例2に係る圧電音響素子の概略斜視図。

【図26】実施例2に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図27】実施例3に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図28】実施例4及び5に係る圧電音響素子を説明するための概略斜視図。 40

【図29】実施例4に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図30】実施例5に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図31】実施例6に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図32】実施例7に係る圧電音響素子の概略斜視図。

【図33】実施例7に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図34】実施例8に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図35】実施例9に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図36】実施例10に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図37】実施例11に係る圧電音響素子の周波数特性図。

【図38】実施例12に係る圧電音響素子の周波数特性図。 50

- 【図39】実施例14に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図40】実施例15に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図41】実施例16に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図42】実施例17に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図43】実施例18に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図44】実施例20に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図45】実施例23に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図46】実施例26に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図47】実施例28に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図48】実施例30に係る圧電音響素子の周波数特性図。 10
 【図49】実施例35に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図50】実施例36に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図51】実施例39に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図52】実施例40に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図53】実施例42に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図54】比較例1に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図55】比較例2に係る電磁式音響素子の概略断面図。
 【図56】比較例2に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図57】比較例3に係る圧電音響素子の周波数特性図。
 【図58】背景技術に係る圧電アクチュエータの概略分解斜視図。 20
 【図59】背景技術に係る圧電アクチュエータの動作を説明するための模式図。
 【符号の説明】
 【0046】
- | | | |
|--------------------------------------|-----------|----|
| 1, 2 1, 3 1, 4 1, 5 1, 6 1, 7 1, 8 1 | 圧電音響素子 | |
| 2 (2 A ~ 2 D), 2 2 A ~ 2 2 B | 圧電アクチュエータ | |
| 3, 1 3 | 支持体 | |
| 3 a ~ 3 d, 1 3 a ~ 1 3 b | 支持板 | |
| 3 e, 1 3 e | 支持フレーム | |
| 1 3 f | 支持部材 | |
| 4 | 空間 | 30 |
| 6 (6 A ~ 6 D), 1 6 A ~ 1 6 B | 圧電素子 | |
| 6 a, 6 b | 主面 | |
| 7 (7 A ~ 7 D) | 台座 | |
| 7 a | 拘束部 | |
| 7 b | 非拘束部 | |
| 8 (8 A ~ 8 D) | 振動膜 | |
| 9 (9 A ~ 9 D) | 支持部材 | |
| 1 2 | 振動方向 | |
| 3 2 | 音孔 | |
| 2 0 1, 2 1 1 | 携帯電話機 | 40 |
| 2 0 2, 2 1 2 | 筐体 | |
| 2 0 3, 2 1 3 a ~ 2 1 3 c | 音孔 | |
| 2 1 4 | ディスプレイ | |
| 2 1 5 a ~ c | 音波放射 | |
| 3 0 1 | 電磁式音響素子 | |
| 3 0 2 | 永久磁石 | |
| 3 0 3 | 振動板 | |
| 3 0 4 | ボイスコイル | |
| 3 0 5 | 電気端子 | |
| 3 1 1 | 圧電アクチュエータ | 50 |

- 3 1 2 圧電素子
- 3 1 3 台座
- 3 1 4 支持部材

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下に説明する各実施形態の構成において、同一の構造部については同一の符号を付して示し、重複する説明は省略する。

【0048】

(第1実施形態)

本発明の第1実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図1に、第1実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図を示す。図2に、図1のII-II線における概略断面図を示す。図1においては、圧電素子6A～6Dの位置を点線で示してある。

【0049】

圧電音響素子1は、4つの圧電アクチュエータ2A～2D、支持体3及び信号入力装置(不図示)を備える。圧電アクチュエータ2の概略分解斜視図を図3に示し、圧電アクチュエータ2の概略断面図を図4に示す。また、支持体3の概略斜視図を図5に示す。

【0050】

圧電アクチュエータ2は、振動の駆動源となる圧電素子6と、該圧電素子6を支持する台座7と、該台座7を支持する振動膜8と、圧電素子6及び台座7を取り囲むと共に該振動膜8を支持する支持部材9と、を有する。圧電素子6、台座7及び振動膜8は、順に積層されている。圧電素子6、台座7はいずれも円形(円板状)で、振動膜8は四角形(好ましくは正方形)であり、これらの3つの部材は同一中心となるように(同心円状に)配置されている。圧電素子6及び台座7の形状は、円板状が好ましいが、これに限定されることなく他の形状でもよい。支持部材9は、四角形(好ましくは正方形)の枠状に形成され、振動膜8の外周部に接合されている。

【0051】

各圧電アクチュエータ2A～2Dには、それぞれの圧電アクチュエータを任意のタイミングで駆動させることが可能な信号入力装置(不図示)が接続されている。各圧電素子6には、信号入力装置の上部電極層及び下部電極層が接続されている。

【0052】

圧電アクチュエータ2A～2Dは、少なくとも一対の圧電アクチュエータが、所定の間隔をもって、音響放射面を対向させるように配置されている。すなわち、第1実施形態においては、圧電アクチュエータ2Aと圧電アクチュエータ2Cとが、また圧電アクチュエータ2Bと圧電アクチュエータ2Dとが、圧電素子面を対向させるように配置されている。

【0053】

圧電素子6は、2つの主面6a, 6bを有する圧電板(圧電セラミックス)からなり、圧電板の主面6a, 6bのそれぞれに、上部電極層および下部電極層(いずれも不図示)が形成されている。圧電板の分極方向は特に限定されるものではないが、本実施形態では、図4の図示上下方向(圧電素子6の厚み方向)に対して上向きとなっている。このように構成された圧電素子6は、上部電極層および下部電極層に交流電圧が印加され交番的な電界が付与されると、その両主面6a, 6bが同時に拡大または縮小するような、半径方向の伸縮運動(径拡がり運動)を行う。換言すれば、圧電素子6は、主面6a, 6bが拡大するような第1の変形モードと、主面6a, 6bが縮小するような第2の変形モードとを繰り返すような運動を行う。

【0054】

また、圧電素子6は、圧電材料層と電極層とが交互に積層された積層型構造であってもよい。

【0055】

10

20

30

40

50

台座 7 は、圧電素子 6 の上記伸縮運動を、音波が発生するように（振動膜 8 が面方向に対して運動するように）振動膜 8 へ変換伝達する機能を有する。台座 7 は、弾性体（伸縮性のある材料）で構成され、その材質としては、金属材料（例えばアルミ合金、リンセイ銅、チタン、チタン合金、又は鉄ニッケル合金）や、樹脂材料（例えばエポキシ、アクリル、ポリイミド、ポリカーボネート、又はポリエチレンテフタレート）など、圧電素子 6 を構成するセラミック材料より低弾性の材料を広く用いると好ましい。また、台座 7 は、圧電素子 6 より広面積であると好ましい。

【0056】

台座 7 の上面には、圧電素子 6 の主面 6 b（下部電極層）が固定されるようになっており、これにより、台座 7 が圧電素子 6 を拘束することになる。図 3 においては、台座 7 のうち圧電素子 6 が貼り付けられる領域を拘束部 7 a として示し、それ以外の領域（拘束部 7 a を包囲する領域）を非拘束部 7 b として示している。

10

【0057】

振動膜 8 は、音を発生させると共に、圧電アクチュエータ 2 の振動振幅を増大させるための膜部材であり、台座 7 よりも低弾性となっている。台座 7 と振動膜 8 の材質の組合せとしては、例えば、台座 7 が金属材料で、振動膜 8 が樹脂材料（例えばウレタン、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレン、ポリエチレンフィルムなど）であってもよい。あるいは、台座 7 と振動膜 8 とを同じ材質とし、振動膜 8 の膜厚を台座 7 より相対的に薄くすることにより、振動膜 8 が相対的に低弾性化されていてもよい。なお、振動膜 8 は、上記の他にも紙等であってもよい。振動膜 8 の厚みは、樹脂材料の場合で例えば 5 μm 以上 500 μm 以下であると好ましい。特に、振動膜 8 が平らなシート材の場合、より好ましくは 5 μm 以上 180 μm 以下である。なお、振動膜 8 と台座 7 の弾性率を比較する場合、ヤング率（縦弾性係数）を使用すると好ましい。このとき、各弾性率は、JIS Z 2280 に準拠して測定すると好ましい。

20

【0058】

振動膜 8 は、音を発生させるための振動フィルムとしての機能の他に、圧電アクチュエータの振動振幅を拡大させる機能を併せ持つ。さらに、圧電素子 6 及び台座 7 は、振動膜 8 を介して支持部材 9（又は支持体 3）に取り付けられているため、圧電音響素子を落下させてしまった場合であっても、その衝撃を振動膜 8 が吸収することができるので、圧電素子 6 の破損を抑制することができる。

30

【0059】

支持部材 9 の材質は、特に限定されるものではなく、樹脂材料であってもよいし金属材料であってもよい。

【0060】

圧電素子 6 と台座 7 との接合、および、台座 7 と振動膜 8 との接合には、例えば、エポキシ系接着剤を利用可能である。接着剤層の厚みは特に限定されるものではないが、あまりに厚すぎると接着剤層に吸収される振動エネルギーが増大し十分な振動振幅が得られなくなる可能性もあるため、例えば 20 μm 以下であることが好ましい。

【0061】

支持体 3 は、圧電アクチュエータ 2 との接合により圧電音響素子 1 を形成させる部材である。支持体 3 は、直方体（例えば立方体）形状であり、対向する一対の面にそれぞれ支持板 3 a, 3 b が形成されている。すなわち、支持体 3 は、四角形（例えば正方形）の 2 つの支持板 3 a, 3 b の対向する頂点をそれぞれ支持フレーム 3 e で連結する形態となっている。支持板 3 a, 3 b と 4 本の支持フレーム 3 e とで形成された支持体 3 の 4 つの開口部にそれぞれ圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D が取り付けられ、圧電音響素子 1 が形成される。支持体 3 の材質は特に限定されるものではなく、樹脂材料であってもよいし金属材料であってもよい。また、支持体 3 の材料は、圧電アクチュエータ 2 を構成する支持部材 9 と同一の材料であってもよく、もしくは後述の実施形態で説明するように支持部材 9 と支持体 3 とが一体の構造であってもよい。

40

【0062】

50

圧電アクチュエータ 2 と支持体 3 との接合には、例えば、エポキシ系接着剤を利用可能である。接着剤層の厚みは特に限定されるものではないが、あまりに薄すぎると、接合部に隙が生じ、音波の放射の際に、この隙から漏れが生じる可能性もあるため、例えば 10 μm 以上であることが好ましい。

【0063】

支持体 3 の 4 つの開口に、それぞれ圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D を接合することにより、圧電音響素子 1 が構成される。圧電音響素子 1 においては、4 つの圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D 及び 2 つの支持板 3 a , 3 b より空間 4 が形成されている。空間 4 の容積は特に限定されるものではないが、対向する圧電アクチュエータ 2 A , 2 C 又は 2 B , 2 D 間の間隔が短すぎると、圧電アクチュエータ 2 動作時に、互いに接触する可能性があるため、例えば、その間隔は 0.25 mm 以上であることが好ましい。また、空間 4 は圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D と支持体 3 で遮蔽された空間であることに限定されず、後述の実施形態で説明するように、支持体 3 に開口部を形成することができる。この開口部の形成により、圧電アクチュエータ 2 動作時に生じる空間 4 からの空気抵抗が緩和され、良好な音響特性を実現することができる。

10

【0064】

図 6 及び図 7 に、第 1 実施形態に係る圧電音響素子の動作を説明するための概略断面図を示す。圧電音響素子 1 においては、複数の圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D が同時に駆動される。各々の圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D の駆動条件は特に限定されることなく、互いに異なる駆動電圧や、異なる位相であってもよいが、図 6 及び図 7 に示されるように、位相が互いに同一（正）となるように、同じ駆動電圧で動作させるのが好ましい。すなわち、圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D は、振動方向（音響放射方向）1 2 が対称になるように、動作が同期すると好ましく、具体的には、空間 4 を同時に拡張させるように（圧電音響素子 1 の外側方向へ）（図 6）、及び空間 4 を同時に縮小させるように（圧電音響素子 1 の内側方向へ）（図 7）運動すると好ましい。このように、位相が互いに同一になるように駆動することで、呼吸球、すなわち呼吸することで膨張/伸縮する球体のように、4 方向に同一な波面で音波を伝播することが可能となる。これにより、無指向性で理想的な音源を実現でき、原音に対して忠実な音の再生が可能となる。また、4 つの放射面から音を放射すること、すなわち音響放射面積が 4 倍になることから、大きな音圧を得ることが可能となる。なお、図 6 及び図 7 において、振動膜 8 A , 8 C の角縁部等の変形状態は、

20

30

【0065】

このように、4 つの圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D を立体的に配置することで、1 辺の音響放射方向に対するスペースを増加させることなく、音響素子全体の音響放射面積を拡大できることから、小型携帯機器への搭載が可能となる。

【0066】

なお、第 1 実施形態に係る圧電音響素子 1 では、圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D の構成は特に限定されず、4 つが互いに異なる構成の圧電アクチュエータを使用することができる。また、形状についても、特に限定されず、例えば、正方形と長方形の圧電アクチュエータを組み合わせることが可能である。

40

【0067】

（第 2 実施形態）

次に、本発明の第 2 実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図 8 に、第 2 実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図を示し、図 9 に、図 8 の IX - IX 線の概略断面図を示す。第 1 実施形態においては、圧電音響素子 1 は、4 つの圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D を有していたが、第 2 実施形態においては 2 つの圧電アクチュエータ 2 A , 2 B を有する。圧電アクチュエータ 2 A , 2 B は、音響放射面が互に対向するように配置されている。すなわち、直方体（又は立方体）形状の圧電音響素子 2 1 において、対向する 2 面に圧電アクチュエータ 2 A , 2 B が配され、その他の 4 面は支持体 3 の支持板 3 a ~ 3 d となっている。この他の形態は第 1 実施形態と同様である。支持体 3 は、円柱状であってもよ

50

く、その場合円柱状の一对の対向する端面部分に圧電アクチュエータ 2 A , 2 B を配することができる。

【 0 0 6 8 】

第 2 実施形態によれば、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B 間の間隔を任意に設定することができる。圧電アクチュエータ 2 A , 2 B 間の間隔を狭くすれば、音響放射方向の厚みを低減することができ、圧電音響素子 2 1 を薄型化することができる。また、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B 間の間隔の調整や後述する音孔を形成することにより、圧電音響素子 2 1 の音響特性（例えば、周波数特性、音圧レベル）を変化させることができる。

【 0 0 6 9 】

（第 3 実施形態）

次に、本発明の第 3 実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図 1 0 に、第 3 実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図を示し、図 1 1 に、図 1 0 の XI - XI 線の概略断面図を示す。圧電音響素子 3 1 は、第 2 実施形態と同様に、2 つの圧電アクチュエータが対向する形態であるが、異なる点は、支持体 3 の 1 つの支持板 3 a に空間 4 に通じる貫通孔（音孔）3 2 が形成されていることである。音孔 3 2 は、音波を伝播させる開口として機能する。音孔 3 2 が形成されている支持板 3 a は、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B が対向する空間に面している。音孔 3 2 は、支持板 3 a の中央に形成されると好ましい。音孔 3 2 の形状及び個数は、特に限定されるものではなく、複数個であってもよいし、その形状は矩形や円形などいずれの形状でもよい。また、音孔 3 2 の大きさは、支持板 3 a の範囲内であれば特に限定されることなく形成することができ、所望の音響性能に応じて適宜設定することができる。

【 0 0 7 0 】

本実施形態において、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B を同時に、同一位相で駆動させると、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B の各々の音響放射面と、支持板 3 a 配置される空間 4 に通じる音孔 3 2 との 3 つの方向から、同一な波面で音波を伝播することが可能となる。これにより、無指向性で理想的な音源を実現でき、原音に対して忠実な音の再生が可能となる。また、2 つの放射面から音を放射することで音響放射面積が 2 倍となり、音圧レベルを増加させることができる。また、支持板 3 a の音孔 3 2 から放射された音波と、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B から放射された音波とが同位相が干渉し、音圧が増加する場合もある。

【 0 0 7 1 】

圧電音響素子 3 1 においては、圧電アクチュエータ 2 A , 2 B を同時に、同一位相で、かつ音響放射面に対する振幅の向きを合わせて駆動させることで、音孔 3 2 から放射させる音圧を高めることができる。

【 0 0 7 2 】

（第 4 実施形態）

次に、本発明の第 4 実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図 1 2 に、第 4 実施形態に係る支持体の概略斜視図を示し、図 1 3 に、第 4 実施形態に係る圧電アクチュエータの概略断面図を示す。また、図 1 4 に、第 4 実施形態に係る圧電音響素子の概略断面図を示す。第 4 実施形態においては、支持部材と支持体が一体に形成されている。すなわち、支持体が支持部材を兼用している。図 1 2 に示す支持体 1 3 においては、支持板 1 3 a , 1 3 b の外周に、支持部材 1 3 f が一体的にフレーム（枠）状に形成されていると共に、支持板 1 3 a , 1 3 b 間を連結する支持フレーム 1 3 e にも支持部材 1 3 f が一体的に形成されている。したがって、図 1 3 に示すように、この支持体 1 3 に取り付けられる圧電アクチュエータ 2 は、支持体とは別個の支持部材を有していない。このように、支持部材 1 3 f を支持体 1 3 に一体的に形成することで、支持部材 1 3 f と支持体 1 3 との接合部の間隙の形成を防止することができ、さらに接着工程も削減できることから、製造安定性が向上する。

【 0 0 7 3 】

本実施形態は、第 1 実施形態を基に適用したものを示したが、他の実施形態にも適用可

10

20

30

40

50

能であることはいうまでもない。

【0074】

(第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図15に、第5実施形態に係る圧電音響素子の概略断面図を示す。第5実施形態においては、圧電音響素子51は、基本共振周波数が異なる2つの圧電アクチュエータ2A, 2Bを有している。基本共振周波数を異ならせる手段として、例えば、圧電アクチュエータ2Aと、圧電アクチュエータ2Bとで、各々膜厚が異なる振動膜8A, 8Bを使用している。なお、本実施形態では、圧電アクチュエータの基本共振周波数が異ならせる手段は特に限定されることなく、圧電アクチュエータを構成する部材の変更や、圧電アクチュエータの形状、例えば、円形と正方形といった異なる形状同士を組み合わせるものであってもよい。このように、互いに基本共振周波数が異なる圧電アクチュエータで構成させることで、音圧レベルが低かった帯域を互いに補完することが可能となり、周波数特性を平坦化することができると共に、再生周波数帯域において大きな音圧レベルが得られる圧電音響素子を実現することができる。

10

【0075】

本実施形態は、第2実施形態を基に適用したものを示したが、他の実施形態にも適用可能であることはいうまでもない。

【0076】

(第6実施形態)

次に、本発明の第6実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図16に、第6実施形態に係る圧電音響素子の概略断面図を示す。第6実施形態においては、圧電アクチュエータとして、バイモルフ型圧電アクチュエータを使用している。例えば、圧電アクチュエータ22Aは、台座7Aの両面に、圧電素子6A, 16Aを有する。圧電素子6A, 16Aの両面には、それぞれ上部電極層と下部電極層(不図示)が接続されている。振動膜8Aには貫通孔が形成されており、圧電素子16Aが露出するように挿嵌されている。

20

【0077】

本実施形態は、第2実施形態を基に適用したものを示したが、他の実施形態にも適用可能であることはいうまでもない。

【0078】

(第7実施形態)

次に、本発明の第7実施形態に係る圧電音響素子について説明する。図17に、第7実施形態に係る圧電音響素子の概略斜視図を示し、図18に、図17のXVIII-XVIII線の概略断面図を示す。第7実施形態において、圧電音響素子71は、3つの圧電アクチュエータ2A, 2B, 2Cを有し、支持板3aに音孔32が形成されている。圧電アクチュエータ2A, 2Bは、音響放射面が互に対向するように配置されている。すなわち、直方体(又は立方体)形状の圧電音響素子71において、対向する2面に圧電アクチュエータ2A, 2Bが配置されている。圧電アクチュエータ2Cは圧電アクチュエータ2A, 2Bと垂直になるように配置されている。その他の3面は支持板3a~3cとなっており、音孔32は、圧電アクチュエータ2A, 2B, 2Cに垂直な支持板3aに形成されている。この他の形態は第3実施形態と同様である。支持体3は、円柱状であってもよく、その場合、円柱状の一对の対向する端面部分に圧電アクチュエータ2A, 2Bを配置することができる。

30

40

【0079】

第7実施形態によれば、圧電アクチュエータ2A, 2B間の間隔を任意に設定することができる。圧電アクチュエータ2A, 2B間の間隔を狭くすれば、音響放射方向の厚みを低減することができ、圧電音響素子71を薄型化することができる。また、圧電アクチュエータ2A, 2B間の間隔及び音孔の形状・大きさを調整することにより、圧電音響素子71の音響特性(例えば、周波数特性、音圧レベル)を変化させることができる。

【0080】

50

(第8実施形態)

次に、本発明の第8実施形態に係る電子機器について説明する。本発明の電子機器は、第1実施形態～第7実施形態において説明したような圧電音響素子を音響素子として有する。図19に、本発明の電子機器の一例として携帯電話機の概略平面図を示す。例えば、圧電音響素子は、電子機器である携帯電話機201の筐体202の内面に貼り付けて搭載することができる。このとき、圧電音響素子を取り付ける筐体部分には、筐体内外を貫通する少なくとも1つの貫通孔(音孔)203が形成されていると好ましい。この筐体の音孔の形状、大きさ、個数等の形態は、所望の音響性能に応じて適宜設定することができる。本発明の電子機器としては、本発明の圧電音響素子を搭載できるものであればいずれの電子機器でもよく、例えば、携帯電話機の他に、ノート型パソコン等のモバイル機器を挙げることができる。

10

【0081】

図20及び図21に、携帯電話機の筐体に圧電音響素子を接合した状態を示す概略部分断面図を示す。例えば、図20に示すように、圧電音響素子21は、圧電音響素子21の一方の圧電アクチュエータ2Aの振動膜8Aを携帯電話機201の筐体202の内面(好ましくは音孔203)に対向させて、接着剤等によって携帯電話機201に接合することができる。別の形態としては、図21に示すように、圧電音響素子31は、圧電音響素子31の1つの支持板3aを携帯電話機201の筐体202の内面(好ましくは音孔203)に対向させて、接着剤等によって携帯電話機201に接合することができる。

20

【0082】

このとき、圧電音響素子21が、第1実施形態や第2実施形態のように、音孔を有さない形態の圧電音響素子である場合に、図20に示すように、いずれかの圧電アクチュエータ2Aの振動膜8Aが電子機器201の筐体202に面するように圧電音響素子21を搭載すると好ましい。特に、電子機器201の筐体202に音孔203が形成されている場合、圧電音響素子21は、振動膜と筐体の音孔とが対向するように搭載すると好ましい。なお、図20に示すように、圧電アクチュエータ2Aと筐体202とが対向するように接合する場合、圧電アクチュエータ2Aの周縁部のみで筐体と接合して、振動膜8Aの自由度を確保すると好ましい。

【0083】

また、圧電音響素子31が、第3実施形態のように、音孔を有する形態の圧電音響素子である場合に、図21に示すように、音孔32が形成された支持板3aが電子機器201の筐体202に面するように搭載すると好ましい。特に、電子機器201の筐体202に音孔(貫通孔)203が形成されている場合、圧電音響素子31は、圧電音響素子31の音孔32と電子機器201の音孔203とが対向するように搭載すると好ましい。これにより、音孔203から効率よく音波を発生させることができる。また、2つの圧電アクチュエータ2A, 2Bをステレオ再生できるように駆動信号を制御することで、1個の音響素子でありながら、2チャンネルの再生が可能となり、ステレオ等の立体音響を実現することができる。このため、複数のスピーカを配置する必要がなく、実装面積の削減が可能となり、電子機器の小型化を促進することができる。

30

【0084】

図22に、圧電アクチュエータを折り畳み式携帯電話機に搭載したときの概略透視図を示す。図23に、携帯電話機の筐体に圧電音響素子を接合した状態を示す概略部分断面図を示す。圧電音響素子31が、第3実施形態のように、音孔32を有する形態の圧電音響素子である場合に、図23に示すように、圧電アクチュエータ2A, 2Bの振動膜8A, 8Bが電子機器(折り畳み式携帯電話機)211の筐体212に面するように圧電音響素子31を搭載することもできる。特に、電子機器211の筐体212の正面、背面及び側面に第1～第3音孔213a～213cが形成されている場合、圧電音響素子31は、振動膜8Aと第1音孔213aとが対向するように、振動膜8Bと第2音孔213bとが対向するように、そして音孔32と第3音孔213cとが対向するように搭載してもよい。このように圧電音響素子31を搭載すると、圧電アクチュエータ2A, 2Bの音響放射面

40

50

8 A , 8 B 及び音孔 3 2 の 3 方向、すなわち筐体 2 1 2 の正面、背面及び側面から音波を放射することが可能となる。例えば、図 2 2 に示すような折り畳み式携帯電話機においては、開状態にして TV 等を視聴することがある。この場合、ディスプレイ 2 1 4 の面方向と同一方向（正面）からの音波放射 2 1 5 a により、ディスプレイ 2 1 4 の映像と連動して違和感なく音を聞くことができる。また、2 つの圧電アクチュエータ 2 A , 2 B をステレオ再生できるように駆動信号を制御することで、1 個の音響素子でありながら、2 チャンネルの再生が可能となり、ステレオ等の立体音響を実現することができる。このため、複数のスピーカを配置する必要がなく、実装面積の削減が可能となり、電子機器の小型化を促進することができる。一方、閉状態の場合は、電子機器 2 1 1 の音孔 2 1 3 が塞がれることになるが、着信音等は、背面側からの音波放射 2 1 5 b 及び側面側からの音波放射 2 1 5 c によって、音圧レベルを低下させることなく発生させることができる。

10

【 0 0 8 5 】

以下、実施例 1 ~ 4 8 において、本発明の圧電音響素子の特性評価試験を実施した。また、比較例 1 ~ 3 において比較試験を実施した。試験結果を表 1 ~ 表 4 に示す。

【 実施例 1 】

【 0 0 8 6 】

実施例 1 に係る圧電音響素子として、図 1 に示すような、4 つの圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D を備える第 1 実施形態に係る圧電音響素子 1 を作製した。各圧電アクチュエータ 2 A ~ 2 D は、図 3 ~ 4 に示すような構成を有する。圧電素子 6 は、外径 = 1 6 mm、厚み = 5 0 μ m (0 . 0 5 mm) の圧電板であり、その両面に、それぞれ厚み 8 μ m の上部電極層および下部電極層を形成した。台座 7 は、外径 = 1 8 mm、厚み = 3 0 μ m (0 . 0 3 mm) のリン青銅で形成した。振動膜 8 は、縦 × 横 = 2 1 × 2 1 mm、厚み = 8 0 μ m のウレタン製の膜で形成した。支持部材 9 は、縦 × 横 (外周) = 2 1 × 2 1 mm、縦 × 横 (内周) = 2 0 × 2 0 mm、厚み (高さ) = 0 . 5 mm の SUS 3 0 4 で形成した。支持体 3 は、縦 × 横 × 幅 = 2 1 × 2 1 × 2 1 mm の立方体形状であり、厚さ 0 . 5 mm の SUS 3 0 4 で形成した。立方体形状の 6 面のうち、対向する一対の 2 面以外の面には、縦 × 横 = 2 0 × 2 0 mm の開口部を形成した。圧電素子 6 及び台座 7 は、振動膜 8 の中央に同心円状に配置した。圧電板には、ジルコン酸チタン酸鉛系セラミックを用い、電極層には銀 / パラジウム合金 (重量比 7 0 % : 3 0 %) を使用した。この圧電素子 6 の製造はグリーンシート法で行い、大気中で 1 1 0 0 - 2 時間にわたって焼成し、その後、圧電材料層に分極処理を施した。圧電素子 6 と台座 7 の接着、台座 7 と振動膜 8 の接着、及び支持部材 9 と振動膜 8 との接着は、いずれもエポキシ系接着剤を用いて行った。また、圧電アクチュエータ 2 と支持体 3 の接着はエポキシ系接着剤を使用した。

20

30

【 0 0 8 7 】

作製した圧電音響素子 1 について、以下の試験 1 ~ 試験 3 を実施した。

(試験 1) 圧電アクチュエータの特性評価として、各圧電アクチュエータに交流電圧 1 V を入力した時の基本共振周波数を測定した。

(試験 2) 圧電音響素子の特性評価として、交流電圧 1 V 入力時の音圧レベルを、素子から 1 0 cm 離れた位置 (図 1 を用いて説明すると支持板 3 a の中心から 1 0 cm 離れた位置) に配置したマイクロホンにより、測定周波数 1 k H z 、 3 k H z 、 5 k H z 、 及び 1 0 k H z でそれぞれ測定した。なお、圧電音響素子における複数の圧電アクチュエータは、位相が同一で、各々の音響放射面に対する振動方向が同一になる (同時に圧電音響素子の拡張動作及び縮小動作をする) ように駆動させた。

40

(試験 3) 落下衝撃安定性評価として、圧電音響素子を搭載した携帯電話機を 5 0 cm 直上から 5 回自然落下させて、割れ等の破壊を目視で確認すると共に、試験前後の音圧特性を比較した。表 1 においては、1 k H z での音圧レベル差 (試験前の音圧レベルと試験後の音圧レベルとの差のことを指す) が 3 d B 以内を とし、3 d B 以上を × とした。

【 0 0 8 8 】

図 2 4 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子は、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z の広い

50

周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有した。また、本実施例の圧電音響素子は、音響の谷のない良好な音響特性を有することが実証された。さらに、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例2】

【0089】

実施例2に係る圧電音響素子として、図25に示すような、3つの圧電アクチュエータ2A~2Cを備える圧電音響素子71を作製した。圧電アクチュエータ2A~2Cの構成は、実施例1と同様である。圧電音響素子71の構成は、圧電アクチュエータの数、及び支持体において支持板が3面に形成されている点以外は実施例1と同様である。

【0090】

実施例1と同様に試験1~試験3を実施した。図26に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子71によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1~10kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例3】

【0091】

実施例3に係る圧電音響素子として、図8~図9に示すような、2つの圧電アクチュエータ2A~2Bを備える第2実施形態に係る圧電音響素子21を作製した。圧電アクチュエータの構成は、実施例1と同様である。圧電音響素子の構成は、圧電アクチュエータの数、及び支持体において支持板が2面に形成されている点以外は実施例1と同様である。

【0092】

実施例1と同様に試験1~試験3を実施した。図27に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1~10kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例4】

【0093】

実施例4に係る圧電音響素子として、実施例3と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例3に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電音響素子間の間隔が狭くなっていることである。本実施例における支持体の寸法は、縦×横×幅=21×21×5mmであり、圧電アクチュエータ間の支持体寸法は、図28における間隔d=5mmとなっている(実施例3では21mm)。

【0094】

実施例1と同様に試験1~試験3を実施した。図29に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1~10kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例5】

【0095】

実施例5に係る圧電音響素子として、実施例3と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例3に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電音響素子間の間隔が狭くなっていることである。本実施例における支持体の寸法は、縦×横×幅=21×21×1.5mmであり、圧電アクチュエータ間の支持体寸法は、図28における間隔d=1.5mmになっている。

【0096】

実施例1と同様に試験1~試験3を実施した。図30に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本

10

20

30

40

50

共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。また、本実施例の圧電音響素子は、厚み2 mm以下の小型音響素子であり、携帯機器への搭載に有用であることが実証された。

【実施例6】

【0097】

実施例6に係る圧電音響素子として、2つの圧電アクチュエータを備える第3実施形態に係る圧電音響素子を作製した。本実施例における圧電音響素子の構成は、支持板の1つの面に音孔が形成されている以外は実施例3に係る圧電音響素子の構成と同様である。音孔は、1つの支持板の中央に形成された3×3 mmの孔である。

10

【0098】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図31に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例7】

【0099】

実施例7に係る圧電音響素子として、実施例6と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例6に係る圧電音響素子と異なる点は、図32に示すように、音孔32を形成した支持板が2つある点である。音孔32は、対向する支持板に形成した。

20

【0100】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図33に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例8】

【0101】

実施例8に係る圧電音響素子として、2つの圧電アクチュエータを備える第5実施形態に係る圧電音響素子を作製した。本実施例に係る圧電音響素子の構成は、実施例3に係る圧電音響素子と同様であるが、実施例3と異なる点は、2つの圧電アクチュエータの基本共振周波数を異ならせている点である。すなわち、実施例8に係る圧電音響素子においては、一方の圧電アクチュエータの振動膜の厚さを50 μm、他方の圧電アクチュエータの振動膜の厚さを80 μmと、振動膜の厚さを異ならせることにより、2つの圧電アクチュエータの基本共振周波数を異ならせた。この点以外は、実施例3に係る圧電音響素子と同様である。

30

【0102】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図34に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

40

【実施例9】

【0103】

実施例9に係る圧電音響素子として、実施例8と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例8に係る圧電音響素子と異なる点は、一方の振動膜の厚さをさらに薄くしている点である。本実施例においては、一方の振動膜の厚さを30 μmとし、他方の振動膜の厚さを80 μmとした。

【0104】

50

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 3 5 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例 10】

【0105】

実施例 10 に係る圧電音響素子として、実施例 3 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 3 に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電アクチュエータ及び支持体の寸法である。本実施例においては、圧電素子の外径 = 12 mm、台座の外径 = 13 mm、振動膜の寸法 (縦 × 横) = 15 × 15 mm、支持部材の寸法 (縦 × 横 (外)) = 15 × 15 mm、寸法 (縦 × 横 (内)) = 14 × 14 mm、支持体の寸法 = 15 × 15 × 15 mm とした。

10

【0106】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 3 6 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例 11】

【0107】

実施例 11 に係る圧電音響素子として、実施例 3 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 3 に係る圧電音響素子と異なる点は、振動膜の材質である。実施例 3 においては、振動膜としてウレタンを使用したが、本実施例においてはポリエチレンを使用した。

20

【0108】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 3 7 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

30

【実施例 12】

【0109】

実施例 12 に係る圧電音響素子として、2 つのバイモルフ型圧電アクチュエータを備える第 6 実施形態に係る圧電音響素子を作製した。外径 = 18 mm、厚み = 30 μm (0.03 mm) のリン青銅の台座の両面に、外径 = 16 mm、厚み = 50 μm (0.05 mm) の圧電板の両面にそれぞれ厚み 8 μm の上部電極層および下部電極層を形成した圧電素子を、同心円状に接合した。振動膜は、外径 = 21 × 21 mm、厚み = 80 μm のポリエチレン製の膜であり、一方の圧電板を貫通させるための = 17 mm の開口部を有する。

【0110】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 3 8 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

40

【実施例 13】

【0111】

実施例 13 に係る圧電音響素子として、実施例 6 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 6 に係る圧電音響素子と異なる点は、音孔の開口寸法である。実施例 6 においては 3 mm × 3 mm の孔であったが、本実施例においては開

50

口寸法を2 mm × 2 mmの正方形とした。

【0112】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子は、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有した。また、本実施例の圧電音響素子は、音響の谷のない良好な音響特性を有することが実証された。さらに、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例14】

【0113】

実施例14に係る圧電音響素子として、図17～図18に示すような、3つの圧電アクチュエータ2A～2Cを備える第7実施形態に係る圧電音響素子71を作製した。圧電アクチュエータ2A～2Cの構成は、実施例1と同様である。圧電音響素子71の構成は、圧電アクチュエータの数以外は実施例13と同様である。

10

【0114】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図39に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子71によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例15】

【0115】

実施例15に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電音響素子間の間隔が狭くなっていることである。本実施例における支持体の寸法は、縦×横×幅=21×21×5 mmであり、圧電アクチュエータ間の支持体寸法は、図28（音孔が無い点は異なる）における間隔d=5 mmとなっている（実施例13では21 mm）。

20

【0116】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図40に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

30

【実施例16】

【0117】

実施例16に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電音響素子間の間隔が狭くなっていることである。本実施例における支持体の寸法は、縦×横×幅=21×21×1.5 mmであり、圧電アクチュエータ間の支持体寸法は、図28における間隔d=1.5 mmになっている。

【0118】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図41に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzのほとんどの周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。また、本実施例の圧電音響素子は、厚み2 mm以下の小型音響素子であり、携帯機器への搭載に有用であることが実証された。

40

【実施例17】

【0119】

実施例17に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、図31に示すように、音孔32を形成した支持板が2つある点である。音孔32は、対向する支

50

持板に形成した。

【 0 1 2 0 】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 4 2 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z のほとんどの周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【 実施例 1 8 】

【 0 1 2 1 】

実施例 1 8 に係る圧電音響素子として、2 つの圧電アクチュエータを備える第 5 実施形態に係る圧電音響素子を作製した。本実施例に係る圧電音響素子は、実施例 1 3 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子であるが、実施例 1 3 と異なる点は、2 つの圧電アクチュエータの基本共振周波数を異ならせている点である。すなわち、実施例 1 8 に係る圧電音響素子においては、一方の圧電アクチュエータの振動膜の厚さを 5 0 μ m、他方の圧電アクチュエータの振動膜の厚さを 8 0 μ m と、振動膜の厚さを異ならせることにより、2 つの圧電アクチュエータの基本共振周波数を異ならせた。この点以外は、実施例 1 3 に係る圧電音響素子と同様である。

10

【 0 1 2 2 】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 4 3 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

20

【 実施例 1 9 】

【 0 1 2 3 】

実施例 1 9 に係る圧電音響素子として、実施例 1 8 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 1 8 に係る圧電音響素子と異なる点は、一方の振動膜の厚さをさらに薄くしている点である。本実施例においては、一方の振動膜の厚さを 3 0 μ m とし、他方の振動膜の厚さを 8 0 μ m とした。

【 0 1 2 4 】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

30

【 実施例 2 0 】

【 0 1 2 5 】

実施例 2 0 に係る圧電音響素子として、実施例 1 3 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 1 3 に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電アクチュエータ及び支持体の寸法である。本実施例においては、圧電素子の外径 = 1 2 m m、台座の外径 = 1 3 m m、振動膜の寸法（縦 × 横） = 1 5 m m × 1 5 m m、支持部材の寸法（縦 × 横（外周）） = 1 5 m m × 1 5 m m、寸法（縦 × 横（内周）） = 1 4 m m × 1 4 m m、支持体の寸法 = 1 5 m m × 1 5 m m × 1 5 m m とした。

40

【 0 1 2 6 】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 4 4 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、圧電アクチュエータを小さくしても、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 8 5 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【 実施例 2 1 】

【 0 1 2 7 】

実施例 2 1 に係る圧電音響素子として、実施例 1 3 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 1 3 に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電ア

50

クチュエータ及び支持体の寸法である。本実施例においては、圧電素子の外径 = 10 mm、台座の外径 = 11 mm、振動膜の寸法（縦×横） = 15 mm × 15 mm、支持部材の寸法（縦×横（外周）） = 15 mm × 15 mm、寸法（縦×横（内周）） = 14 mm × 14 mm、支持体の寸法 = 15 mm × 15 mm × 15 mmとした。

【0128】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、圧電アクチュエータを小さくしても、基本共振周波数が1 kHz以下で、5 kHz及び10 kHzでは90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例22】

【0129】

実施例22に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、圧電アクチュエータ及び支持体の寸法である。本実施例においては、圧電素子の外径 = 8 mm、台座の外径 = 9 mm、振動膜の寸法（縦×横） = 15 mm × 15 mm、支持部材の寸法（縦×横（外周）） = 15 mm × 15 mm、寸法（縦×横（内周）） = 14 mm × 14 mm、支持体の寸法 = 15 mm × 15 mm × 15 mmとした。

【0130】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、圧電アクチュエータを小さくしても、基本共振周波数が1 kHz以下で、5 kHzで90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例23】

【0131】

実施例23に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、振動膜の材質である。実施例13においては、振動膜としてウレタンを使用した。本実施例においてはポリエチレンを使用した。

【0132】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図45に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例24】

【0133】

実施例24に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、振動膜の材質である。実施例13においては、振動膜としてウレタンを使用した。本実施例においてはポリエチレンテレフタレートを使用した。

【0134】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzのほとんどの周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例25】

【0135】

実施例25に係る圧電音響素子として、2つのバイモルフ型圧電アクチュエータを備える第6実施形態に係る圧電音響素子を作製した。外径 = 18 mm、厚み = 30 μm (0.03 mm) のリン青銅の台座の両面に、外径 = 16 mm、厚み = 50 μm (0.05

10

20

30

40

50

mm)の圧電板の両面にそれぞれ厚み8 μ mの上部電極層および下部電極層を形成した圧電素子を、同心円状に接合した。振動膜は、外径=21 \times 21mm、厚み=80 μ mのウレタン製の膜であり、一方の圧電板を貫通させるための ϕ =17mmの開口部を有する。また、実施例13と同様に、支持板に2mm \times 2mmの1つの音孔が開けられている。

【0136】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1～10kHzの広い周波数帯域で90dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

10

【実施例26】

【0137】

実施例26に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の数である。実施例13においては、音孔の数は1個であったが、本実施例では2個とした。なお、音孔の寸法は実施例13と同様に2mm \times 2mmである。

【0138】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図46に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1～10kHzの広い周波数帯域で90dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

20

【実施例27】

【0139】

実施例27に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の数である。実施例13においては、音孔の数は1個であったが、本実施例では3個とした。なお、音孔の寸法は実施例13と同様に2mm \times 2mmである。

【0140】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1～10kHzの広い周波数帯域で90dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

30

【実施例28】

【0141】

実施例28に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の数である。実施例13においては、音孔の数は1個であったが、本実施例では4個とした。なお、音孔の形状は実施例13と同様に2mm \times 2mmである。

【0142】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図47に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1kHz以下で、1～10kHzの広い周波数帯域で90dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

40

【実施例29】

【0143】

実施例29に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の開口寸法である。実施例13においては、音孔の開口寸法は縦 \times 横=2m

50

m × 2 mmであったが、本実施例では縦 × 横 = 1 mm × 1 mmとした。

【0144】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例30】

【0145】

実施例30に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の開口寸法である。実施例13においては、音孔の開口寸法は縦 × 横 = 2 mm × 2 mmであったが、本実施例では縦 × 横 = 4 mm × 4 mmとした。

【0146】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。図48に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例31】

【0147】

実施例31に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の開口寸法である。実施例13においては、音孔の開口寸法は縦 × 横 = 2 mm × 2 mmであったが、本実施例では縦 × 横 = 5 mm × 5 mmとした。

【0148】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzのほとんどの周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例32】

【0149】

実施例32に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持板3a上の音孔の開口形状である。実施例13においては、音孔の開口形状は縦 × 横 = 2 mm × 2 mmの正方形であったが、本実施例では2 mmの円形とした。

【0150】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

【実施例33】

【0151】

実施例33に係る圧電音響素子として、実施例13と同様の2つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例13に係る圧電音響素子と異なる点は、支持部材3a上の音孔の開口形状である。実施例13においては、音孔の開口形状は縦 × 横 = 2 mm × 2 mmの正方形であったが、本実施例では一辺2 mmの正三角形とした。

【0152】

実施例1と同様に試験1～試験3を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が1 kHz以下で、1～10 kHzの広い周波数帯域で90 dBを超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いこと

10

20

30

40

50

が実証された。

【実施例 3 4】

【0 1 5 3】

実施例 3 4 に係る圧電音響素子として、実施例 1 3 と同様の 2 つの圧電アクチュエータを備える圧電音響素子を作製した。実施例 1 3 に係る圧電音響素子と異なる点は、支持部材 3 a 上の音孔の開口形状である。実施例 1 3 においては、音孔の開口形状は縦 × 横 = 2 × 2 mm の正方形であったが、本実施例では 2 mm × 1 mm の長方形とした。

【0 1 5 4】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。その結果、本実施例の圧電音響素子によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz のほとんどの周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃に対する安定性が高いことが実証された。

10

【実施例 3 5】

【0 1 5 5】

実施例 3 5 に係る電子機器として、第 8 実施形態に係る電子機器を作成した。詳細には、実施例 3 に係る圧電音響素子を、筐体の表面側に 2 つの音孔を有する図 1 9 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載して、音響試験を実施した。実施例 3 に係る圧電音響素子は音孔を有していないので、圧電音響素子は、図 2 0 に示すように、圧電音響素子の一方の圧電アクチュエータの振動膜と携帯電話機の筐体に形成した音孔とが対向するように、携帯電話機に搭載した。

20

【0 1 5 6】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 4 9 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 91 dB であった。

【実施例 3 6】

【0 1 5 7】

実施例 3 6 においては、実施例 3 5 と同様の試験を実施した。実施例 3 5 と異なる点は、圧電音響素子として実施例 5 に係る圧電音響素子を使用した点である。圧電音響素子は図 2 0 に示すように携帯電話機に搭載した。

30

【0 1 5 8】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 5 0 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域でほぼ 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子の割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 92 dB であった。

【実施例 3 7】

【0 1 5 9】

実施例 3 7 に係る電子機器として、第 8 実施形態に係る電子機器を作成した。詳細には、実施例 6 に係る圧電音響素子を、筐体の表面側に 2 つの音孔を有する図 1 9 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載して、音響試験を実施した。実施例 6 に係る圧電音響素子は音孔を有しているので、圧電音響素子は、図 2 1 に示すように、圧電音響素子の音孔と携帯電話機の筐体に形成した音孔とが対向するように、携帯電話機に搭載した。

40

【0 1 6 0】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子の割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 93 dB であった。

50

【実施例 38】

【0161】

実施例 38 においては、実施例 35 と同様の試験を実施した。本実施例においては、実施例 8 に係る圧電音響素子を携帯電話機に搭載した。圧電音響素子は図 20 に示すように携帯電話機に搭載した。

【0162】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子の割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 91 dB であった。

【実施例 39】

【0163】

実施例 39 に係る電子機器として、第 8 実施形態に係る電子機器を作成した。詳細には、実施例 15 に係る圧電音響素子を、筐体の表面側に 2 つの音孔を有する図 19 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載して、音響試験を実施した。実施例 15 に係る圧電音響素子を、図 20 に示すように、圧電音響素子の一方の圧電アクチュエータの振動膜と携帯電話機の筐体に形成した音孔とが対向するように、携帯電話機に搭載した。

【0164】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 51 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 91 dB であった。

【実施例 40】

【0165】

実施例 40 に係る電子機器として、第 8 実施形態に係る電子機器を作成した。詳細には、実施例 15 に係る圧電音響素子を、筐体の表面側に 2 つの音孔を有する図 19 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載して、音響試験を実施した。実施例 15 に係る圧電音響素子を、図 21 に示すように、音孔と携帯電話機の筐体に形成した音孔とが対向するように、携帯電話機に搭載した。

【0166】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 52 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz のほとんどの周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 91 dB であった。

【実施例 41】

【0167】

実施例 41 に係る電子機器として、第 8 実施形態に係る電子機器を作成した。詳細には、実施例 15 に係る圧電音響素子を、筐体の表面側に 2 つの音孔を有する図 19 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載して、音響試験を実施した。実施例 15 に係る圧電音響素子を、図 20 に示すように、圧電音響素子の一方の圧電アクチュエータの振動膜と携帯電話機の筐体に形成した音孔とが対向するように、携帯電話機に搭載した。

【0168】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 kHz 以下で、1 ~ 10 kHz の広い周波数帯域で 90 dB を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 kHz) も 91 dB であった。

10

20

30

40

50

【実施例 4 2】

【0 1 6 9】

実施例 4 2 に係る電子機器として、実施例 1 8 に係る圧電音響素子を、筐体の表面側に 2 つの音孔を有する図 1 9 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載した電子機器を作製した。実施例 1 8 に係る圧電音響素子を、図 2 1 に示すように、圧電音響素子の音孔と携帯電話機の筐体に形成した音孔とが対向するように、携帯電話機に搭載した。

【0 1 7 0】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。図 5 3 に、周波数変化に対する音圧変化を示す本実施例の音響特性図を示す。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 k H z) も 9 1 d B であった。

10

【実施例 4 3】

【0 1 7 1】

実施例 4 3 に係る電子機器として、実施例 1 3 に係る圧電音響素子を、筐体の 3 方向に音孔を有する図 2 2 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載した電子機器を作製した。実施例 1 3 に係る圧電音響素子は、図 2 3 に示すように、2 つの圧電アクチュエータの振動膜と貫通口とが携帯電話機の筐体に形成した音孔に対向するように、携帯電話機に搭載した。

20

【0 1 7 2】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。試験 2 については、主となるディスプレイ (L C D) の正面側、背面側及び側面側の 3 方向でそれぞれ実施した。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 k H z) も 9 1 d B であった。

【実施例 4 4】

【0 1 7 3】

実施例 4 4 に係る電子機器として、実施例 1 8 に係る圧電音響素子を、筐体の 3 方向に音孔を有する図 2 2 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載した電子機器を作製した。実施例 1 8 に係る圧電音響素子は、図 2 3 に示すように、2 つの圧電アクチュエータの振動膜と貫通口とが携帯電話機の筐体に形成した音孔に対向するように、携帯電話機に搭載した。

30

【0 1 7 4】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。試験 2 については、主となるディスプレイ (L C D) の正面側、背面側及び側面側の 3 方向でそれぞれ実施した。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z のほとんどの周波数帯域で 8 5 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 k H z) も 9 1 d B であった。

40

【実施例 4 5】

【0 1 7 5】

実施例 4 5 に係る電子機器として、実施例 2 0 に係る圧電音響素子を、筐体の 3 方向に音孔を有する図 2 2 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載した電子機器を作製した。実施例 2 2 に係る圧電音響素子は、図 2 3 に示すように、2 つの圧電アクチュエータの振動膜と貫通口とが携帯電話機の筐体に形成した音孔に対向するように、携帯電話機に搭載した。

【0 1 7 6】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。試験 2 については、主となるディスプレ

50

イ (L C D) の正面側、背面側及び側面側の 3 方向でそれぞれ実施した。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 k H z) も 9 1 d B であった。

【実施例 4 6】

【 0 1 7 7 】

実施例 4 6 に係る電子機器として、実施例 2 5 に係る圧電音響素子を、筐体の 3 方向に音孔を有する図 2 2 に示すような携帯電話機の筐体内に搭載した電子機器を作製した。実施例 2 5 に係る圧電音響素子は、図 2 3 に示すように、2 つの圧電アクチュエータの振動膜と貫通口とが携帯電話機の筐体に形成した音孔に対向するように、携帯電話機に搭載した。

10

【 0 1 7 8 】

実施例 1 と同様に試験 1 ~ 試験 3 を実施した。試験 2 については、主となるディスプレイ (L C D) の正面側、背面側及び側面側の 3 方向でそれぞれ実施した。その結果、本実施例の携帯電話機によれば、基本共振周波数が 1 k H z 以下で、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを有することが実証された。また、落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電音響素子に割れは見られなかった。また、落下衝撃試験後の音圧レベル (1 k H z) も 9 1 d B であった。

【実施例 4 7】

20

【 0 1 7 9 】

実施例 4 7 においては、実施例 3 に係る圧電音響素子を搭載したノート型パーソナルコンピュータ (不図示) を作製した。具体的には、携帯電話の場合と同じように、パーソナルコンピュータの筐体内側に、圧電音響素子を貼り付ける構成とした。

【 0 1 8 0 】

このノート型パソコンについて、素子から 3 0 c m 離れた位置に配置したマイクロホンにより、音圧レベルと周波数特性とを測定した。また、上記試験 3 と同様の落下衝撃試験も行なった。なお、落下衝撃試験においては、圧電音響素子を搭載したノート型パソコンを落下させた。

【 0 1 8 1 】

30

落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電素子の割れは見られず、試験後、音圧レベル (1 k H z) を測定したところ 9 2 d B であった。

【実施例 4 8】

【 0 1 8 2 】

実施例 4 8 においては、実施例 1 3 に係る圧電音響素子を搭載したノート型パーソナルコンピュータ (不図示) を作製した。具体的には、携帯電話の場合と同じように、パーソナルコンピュータの筐体内側に、圧電音響素子を貼り付ける構成とした。上記試験 3 と同様の落下衝撃試験を行なった。なお、落下衝撃試験においては、圧電音響素子を搭載したノート型パソコンを落下させた。

【 0 1 8 3 】

40

落下衝撃試験においては、5 回落下後においても圧電素子の割れは見られず、試験後、音圧レベル (1 k H z) を測定したところ 9 2 d B であった。

[比較例 1]

【 0 1 8 4 】

比較例 1 においては、実施例 1 において使用した 1 つの圧電アクチュエータを圧電音響素子として、実施例 1 と同様の試験 1 ~ 試験 3 を実施した。なお、振動膜の材質はポリエチレン製である。図 5 4 に、周波数変化に対する音圧変化を示す比較例 1 の音響特性図を示す。その結果、比較例 1 の圧電音響素子によれば、1 ~ 1 0 k H z の周波数帯域で 9 0 d B を超える音圧レベルを得ることができなかつた。すなわち、本実施例によれば、比較例 1 よりも全体的に音圧レベルが高い圧電音響素子が得られることが分かる。また、音が

50

聞こえる音圧レベルを60 dBと設定すると、全体的に音圧レベルの高い本実施例の方が、比較例1に比べて、周波数帯域が広がっていることが分かる。これより、本発明の圧電音響素子は、高い音圧レベル及び広い周波数帯域を有していることが実証された。

[比較例2]

【0185】

比較例2に係る音響素子として、図55に示すような電磁式音響素子301を作製した。図55に示す音響素子は、永久磁石302と、ボイスコイル304と、振動板303とを有し、電気端子305を通じてボイスコイル304に電流を流すことで磁力が発生し、発生した磁力により、振動板303に吸引と反発とを繰り返させて音を発生するものである。なお、この音響素子301の外形形状は、外形=20mmの円形であり、高さ=4.0mmである。

10

【0186】

この音響素子301に対し、素子から30cm離れた位置に配置したマイクロホンにより、音圧レベルと周波数特性とを測定した。図56に、周波数変化に対する音圧変化を示す比較例2の音響特性図を示す。その結果、比較例2の電磁式音響素子によれば、1~10kHzの周波数帯域で85dBを超える音圧レベルを得ることができなかった。すなわち、本実施例によれば、比較例2よりも全体的に音圧レベルが高い圧電音響素子が得られることが分かる。また、音が聞こえる音圧レベルを60dBと設定すると、全体的に音圧レベルの高い本実施例の方が、比較例2に比べて、周波数帯域が広がっていることが分かる。これより、本発明の圧電音響素子は、高い音圧レベル及び広い周波数帯域を有していることが実証された。

20

[比較例3]

【0187】

比較例3においては、実施例35と同様の試験を実施した。本実施例においては、比較例1に係る圧電音響素子を携帯電話機に搭載した。

【0188】

実施例1と同様に試験1~試験3を実施した。図57に、周波数変化に対する音圧変化を示す比較例3の音響特性図を示す。その結果、比較例3の携帯電話機によれば、1~10kHzの周波数帯域で音圧レベルは約80dBであり、70dB台の帯域もあった。すなわち、本実施例によれば、比較例3よりも全体的に音圧レベルが高い電子機器が得られることが分かる。また、音が聞こえる音圧レベルを60dBと設定すると、全体的に音圧レベルの高い本実施例の方が、比較例3に比べて、周波数帯域が広がっていることが分かる。これより、本発明の電子機器は、高い音圧レベル及び広い周波数帯域を有していることが実証された。また、比較例3の落下衝撃試験においては、2回落下後において圧電素子の割れが見られ、この時点で音圧レベルを測定したところ50dB以下であった。

30

【0189】

【表 1】

	基本共振 周波数 /Hz	音圧レベル (1 kHz) /dB	音圧レベル (3 kHz) /dB	音圧レベル (5 kHz) /dB	音圧レベル (10 kHz) /dB	落下 衝撃 安定性
実施例 1	855	98	100	107	105	○
実施例 2	840	95	98	104	103	○
実施例 3	845	93	94	99	99	○
実施例 4	910	95	94	97	96	○
実施例 5	980	99	97	95	94	○
実施例 6	820	92	95	97	98	○
実施例 7	810	93	94	98	99	○
実施例 8	840 750	94	99	104	95	○
実施例 9	840 650	98	97	97	97	○
実施例 10	990	102	95	96	93	○
実施例 11	925	97	105	108	97	○
実施例 12	975	103	110	104	102	○

10

【0190】

20

【表 2】

	基本共振 周波数 ／Hz	音圧レベ ル (1 kH z) ／d B	音圧レベ ル (3 kH z) ／d B	音圧レベ ル (5 kH z) ／d B	音圧レベ ル (10 k H z) ／d B	落下 衝撃 安定性
実施例 1 3	8 4 5	9 3	9 4	9 9	9 9	○
実施例 1 4	9 1 0	9 5	9 4	9 7	9 6	○
実施例 1 5	9 8 0	9 9	9 7	9 5	9 4	○
実施例 1 6	8 2 0	9 2	9 5	9 7	9 8	○
実施例 1 7	8 3 5	9 3	9 4	9 8	9 9	○
実施例 1 8	8 4 0 7 5 0	9 4	9 9	1 0 4	9 5	○
実施例 1 9	8 4 0 6 5 0	9 8	9 7	9 7	9 7	○
実施例 2 0	8 2 0	9 1	8 7	9 1	8 7	○
実施例 2 1	8 1 5	8 7	8 4	9 2	9 1	○
実施例 2 2	8 0 0	8 5	8 6	9 1	8 4	○
実施例 2 3	8 6 0	9 4	9 6	1 0 2	1 0 1	○
実施例 2 4	8 6 5	9 8	9 2	8 8	9 4	○
実施例 2 5	8 9 0	1 0 5	9 7	1 0 6	9 4	○
実施例 2 6	8 4 0	9 2	9 3	1 0 0	9 8	○
実施例 2 7	8 2 5	9 4	9 1	9 7	9 9	○
実施例 2 8	8 1 0	9 0	9 2	9 6	9 5	○
実施例 2 9	8 3 0	9 1	9 0	9 5	9 3	○
実施例 3 0	8 0 5	8 7	8 9	9 2	8 9	○
実施例 3 1	8 0 0	8 6	9 1	9 3	9 5	○
実施例 3 2	8 6 0	9 7	9 8	9 2	1 0 3	○
実施例 3 3	8 5 5	9 4	9 7	9 1	1 0 6	○
実施例 3 4	8 7 0	9 8	9 2	8 9	8 7	○

10

20

30

【 0 1 9 1 】

【表 3】

		基本共振 周波数 /Hz	音圧レベ ル (1 kH z) / d B	音圧レベ ル (3 kH z) / d B	音圧レベ ル (5 kH z) / d B	音圧レベ ル (10 k Hz) / d B	落下 衝撃 安定性
実施例 3 5		8 3 0	9 2	9 1	9 3	9 2	○
実施例 3 6		8 7 5	9 2	9 1	9 4	9 0	○
実施例 3 7		8 5 5	9 3	9 4	9 4	9 2	○
実施例 3 8		7 2 0	9 1	9 5	9 9	1 0 1	○
実施例 3 9		8 1 0	9 2	9 0	9 5	9 1	○
実施例 4 0		8 2 0	9 6	9 7	9 0	8 9	○
実施例 4 1		8 4 0	9 0	9 2	9 4	9 0	○
実施例 4 2		8 2 5	9 1	8 9	8 7	9 3	○
実施 例 4 3	正面	8 4 5	9 3	9 4	9 9	9 9	○
	背面	8 4 5	9 3	9 4	9 9	9 9	
	側面	8 4 5	9 3	9 4	9 9	9 9	
実施 例 4 4	正面	8 3 0	8 3	8 5	8 9	9 7	○
	背面	8 1 0	8 4	8 7	9 4	1 0 1	
	側面	8 0 5	8 2	9 4	8 7	8 9	
実施 例 4 5	正面	7 9 5	8 5	8 4	8 7	9 0	○
	背面	7 7 0	8 3	8 6	8 8	9 3	
	側面	7 6 5	8 7	8 4	8 4	8 8	
実施 例 4 6	正面	8 6 0	9 4	8 9	9 5	1 0 1	○
	背面	8 4 5	9 3	8 8	9 2	8 9	
	側面	8 5 0	9 1	9 2	9 4	9 4	
実施例 4 7		8 1 5	9 2	9 0	9 3	9 1	○

10

20

【 0 1 9 2 】

30

【表 4】

		基本共振 周波数 /Hz	音圧レベ ル (1 kH z) / d B	音圧レベ ル (3 kH z) / d B	音圧レベ ル (5 kH z) / d B	音圧レベ ル (10 k Hz) / d B	落下 衝撃 安定性
比較例 1		8 4 0	8 4	8 3	8 7	8 4	○
比較例 2		8 1 0	8 3	8 5	8 4	8 1	—
比較例 3		8 5 0	8 2	8 0	8 1	7 8	×

40

【 0 1 9 3 】

(まとめ)

実施例 1 ~ 1 2 の圧電音響素子は、比較例 2 (電磁式アクチュエータ) の周波数特性に近い周波数特性を示しており、1 ~ 1 0 k H z の広い周波数帯域での音圧レベルが高い。一方、比較例 1 の従来型の圧電アクチュエータでは、周波数特性のグラフに激しい凹凸が見られた。この点からしても、本発明によれば音響素子の周波数特性が改善されることが実証された。また、本発明に係る音響素子の周波数帯域が拡大したこと、音圧が高いことが実証された。さらに、携帯電話機に実装した実施例 3 5 ~ 4 6 では、比較例 3 と比べて、その音圧レベルの向上も図られていた。

【産業上の利用可能性】

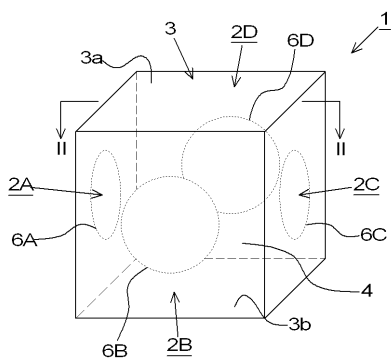
【 0 1 9 4 】

50

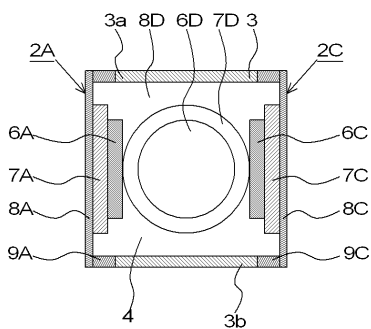
本発明に係る圧電音響素子は、電子機器（例えば、携帯電話機、ノート型パーソナルコンピュータ、小型ゲーム機器など）の音源としても利用可能とすることができる。

本発明の全開示（請求の範囲を含む）の枠内において、さらにその基本的技術思想に基づいて、実施形態ないし実施例の変更・調整が可能である。また、本発明の請求の範囲の枠内において種々の開示要素の多様な組み合わせないし選択が可能である。

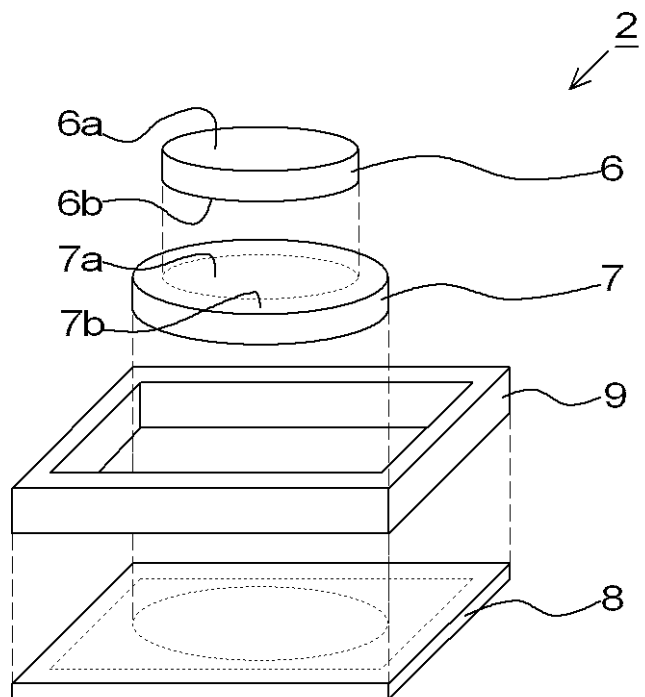
【 図 1 】



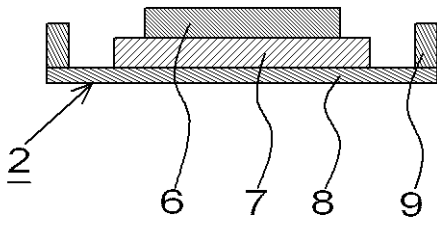
【 図 2 】



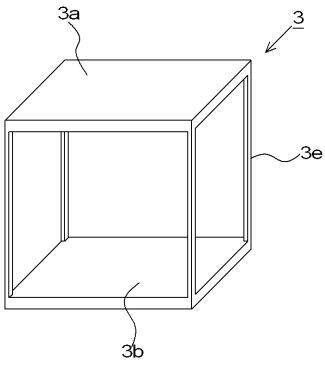
【 図 3 】



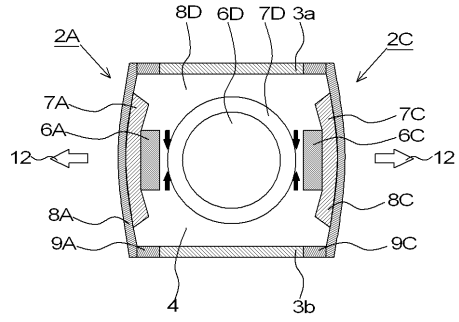
【 図 4 】



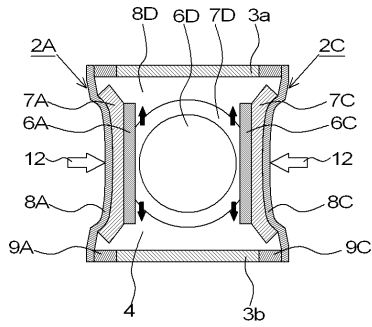
【 図 5 】



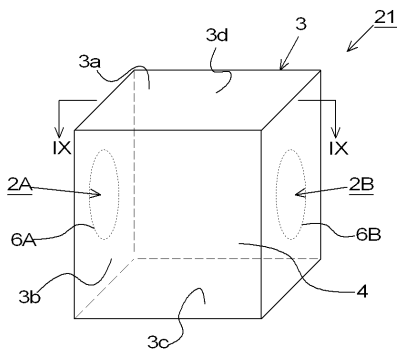
【 図 6 】



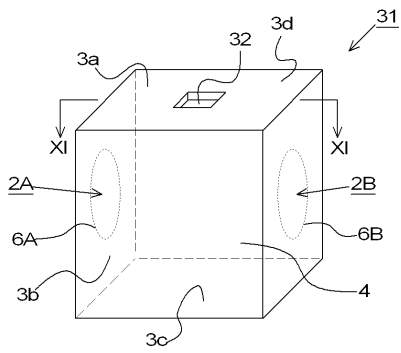
【 図 7 】



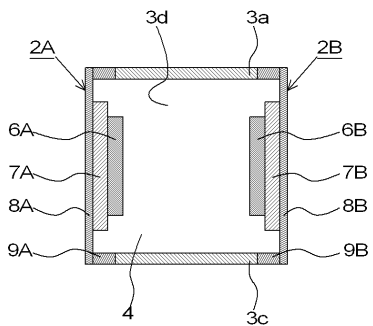
【 図 8 】



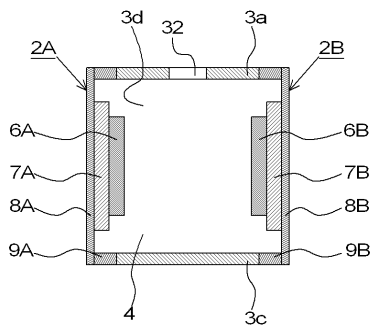
【 図 10 】



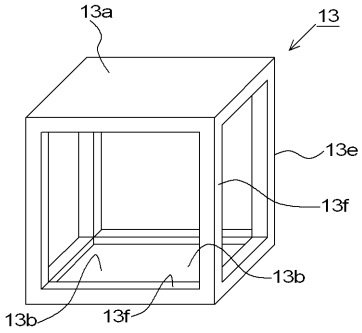
【 図 9 】



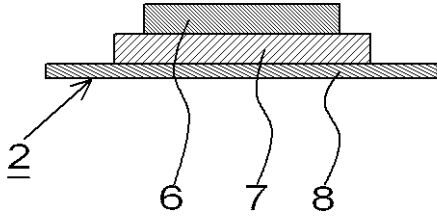
【 図 11 】



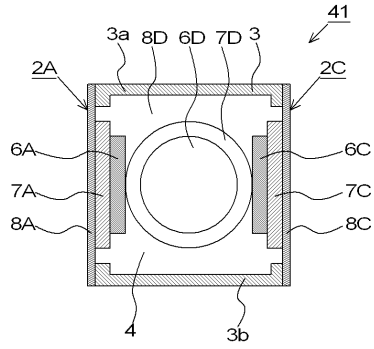
【 図 1 2 】



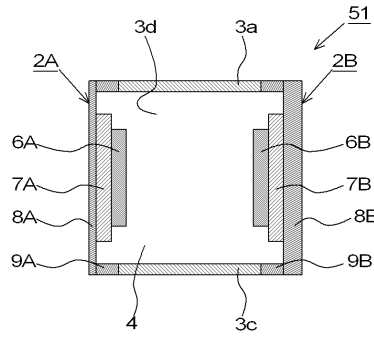
【 図 1 3 】



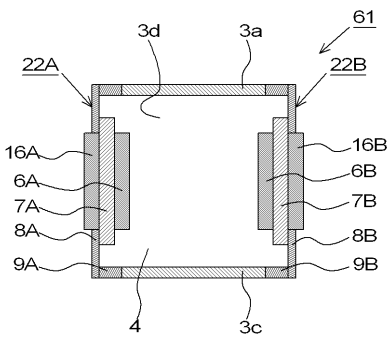
【 図 1 4 】



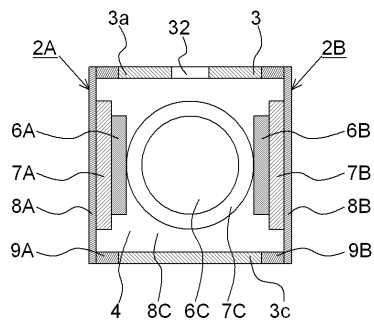
【 図 1 5 】



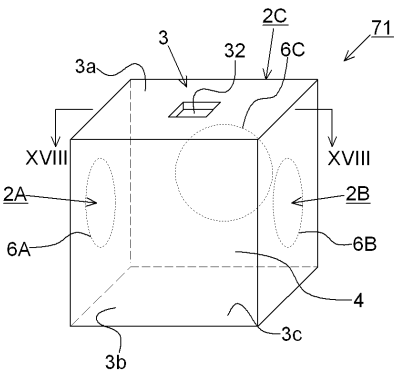
【 図 1 6 】



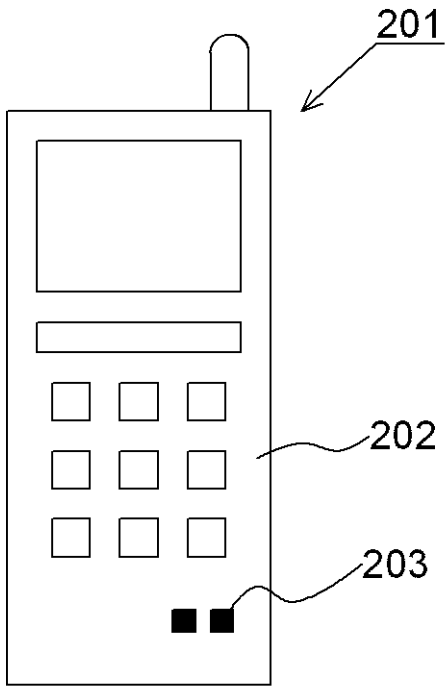
【 図 1 8 】



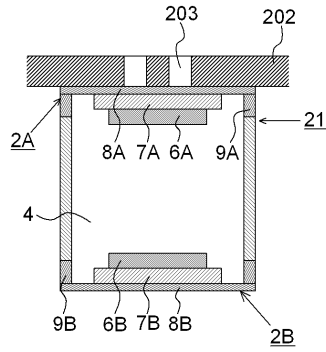
【 図 1 7 】



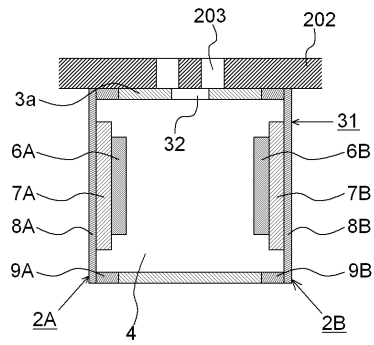
【図 19】



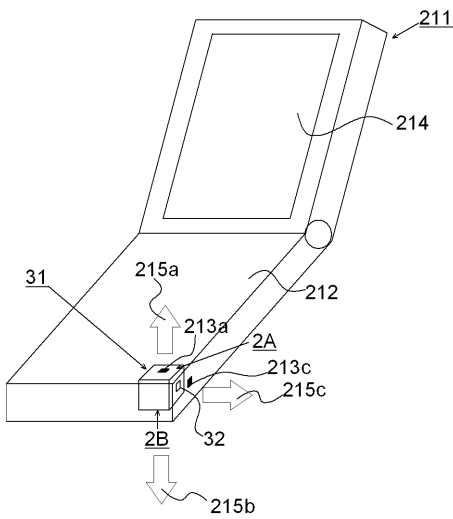
【図 20】



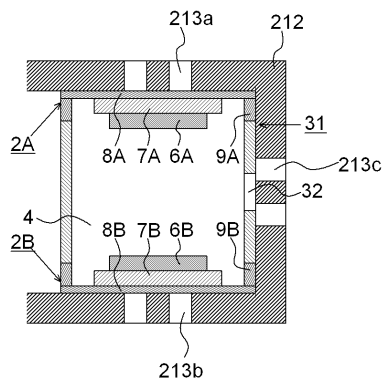
【図 21】



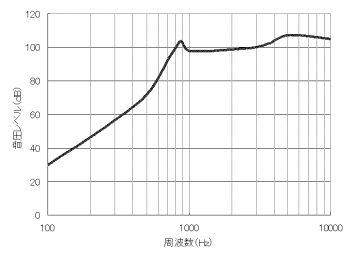
【図 22】



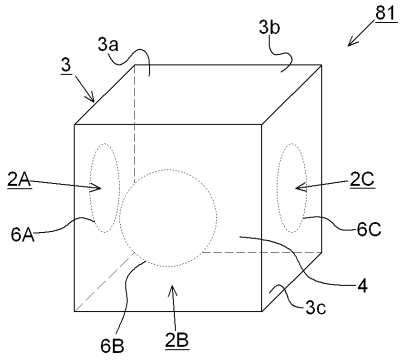
【図 23】



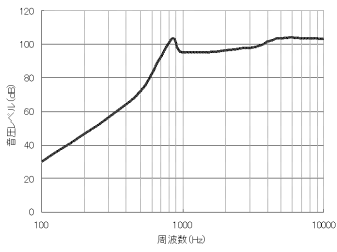
【図 24】



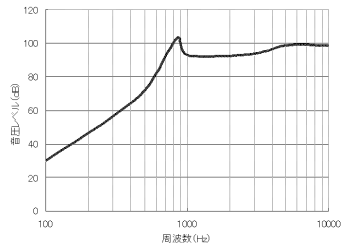
【 図 2 5 】



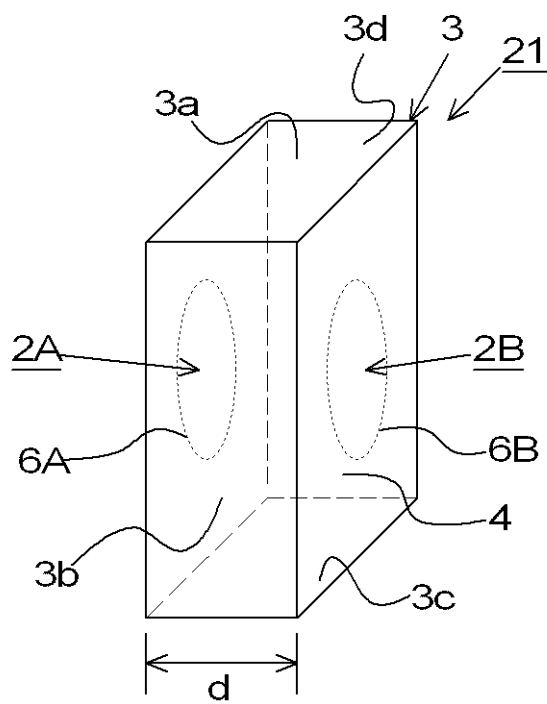
【 図 2 6 】



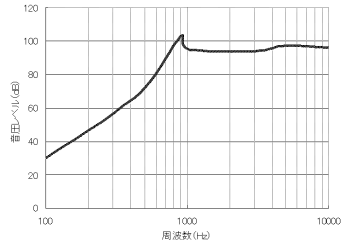
【 図 2 7 】



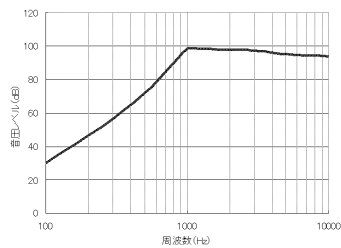
【 図 2 8 】



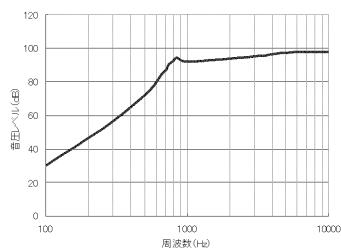
【 図 2 9 】



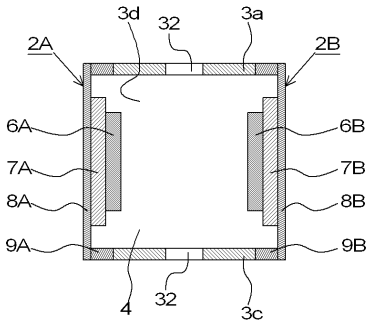
【 図 3 0 】



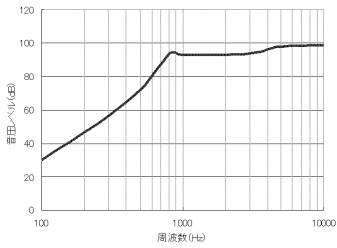
【 図 3 1 】



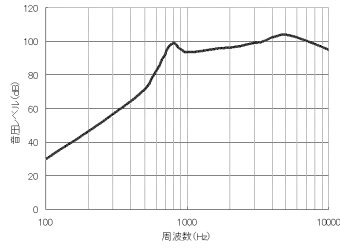
【図 3 2】



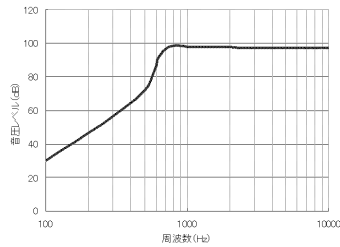
【図 3 3】



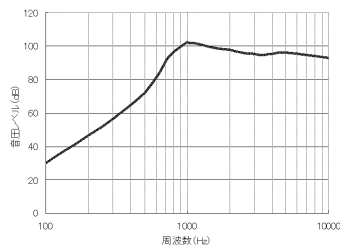
【図 3 4】



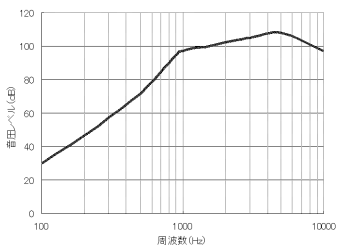
【図 3 5】



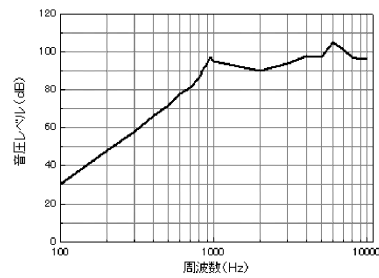
【図 3 6】



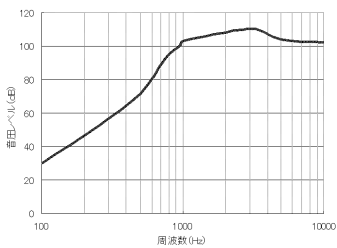
【図 3 7】



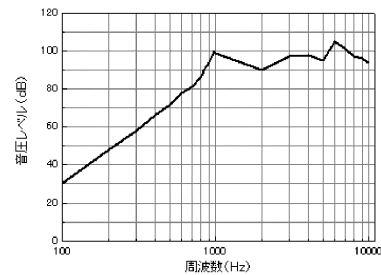
【図 3 9】



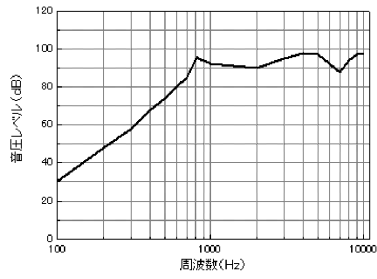
【図 3 8】



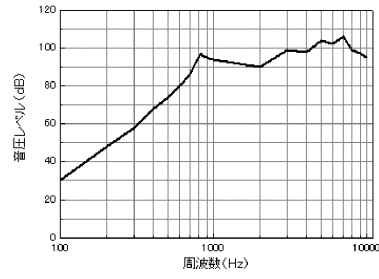
【図 4 0】



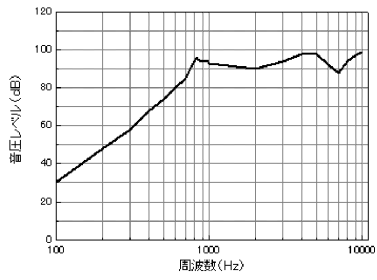
【 図 4 1 】



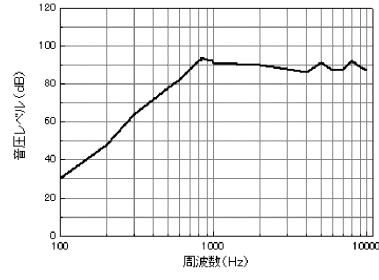
【 図 4 3 】



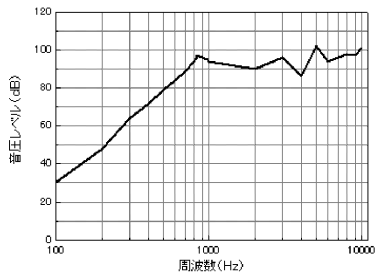
【 図 4 2 】



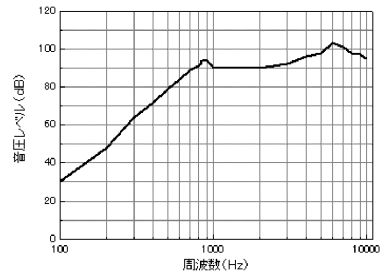
【 図 4 4 】



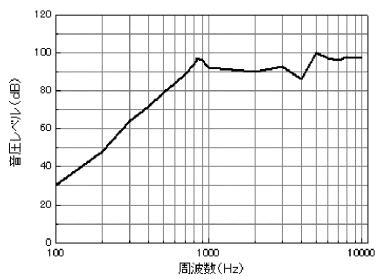
【 図 4 5 】



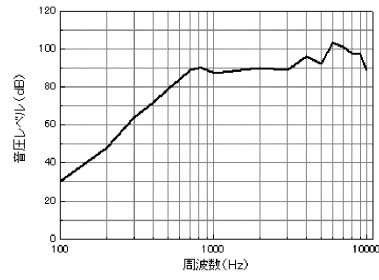
【 図 4 7 】



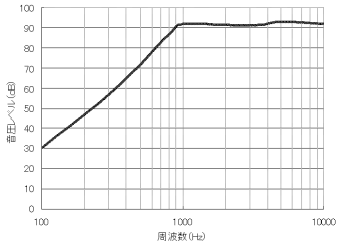
【 図 4 6 】



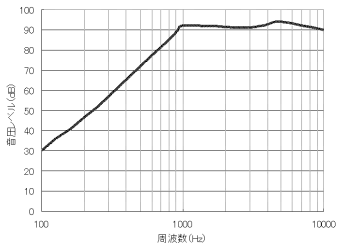
【 図 4 8 】



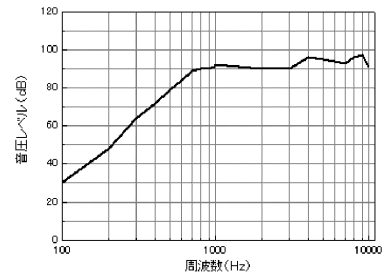
【図 49】



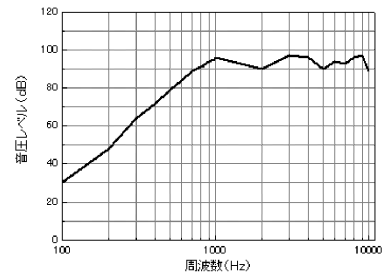
【図 50】



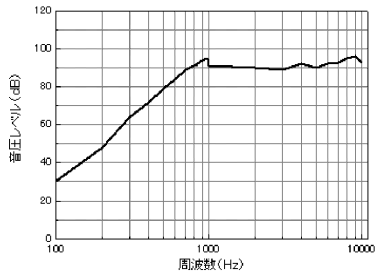
【図 51】



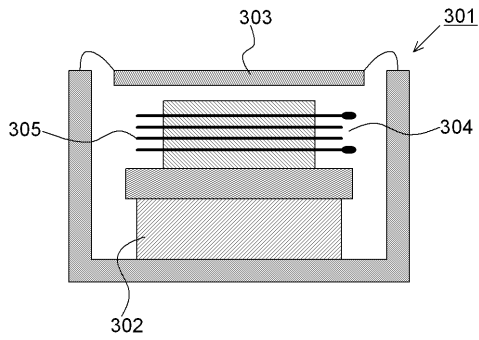
【図 52】



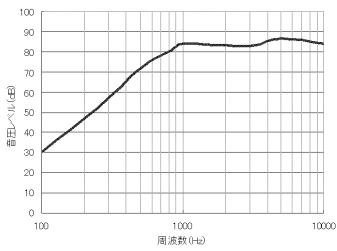
【図 53】



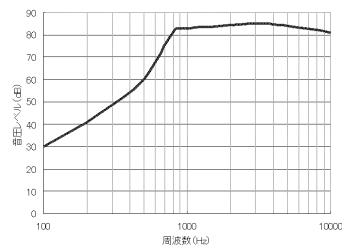
【図 55】



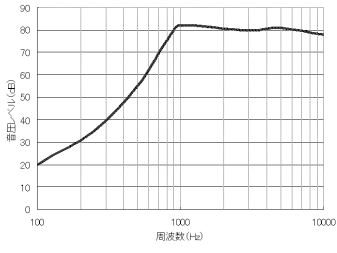
【図 54】



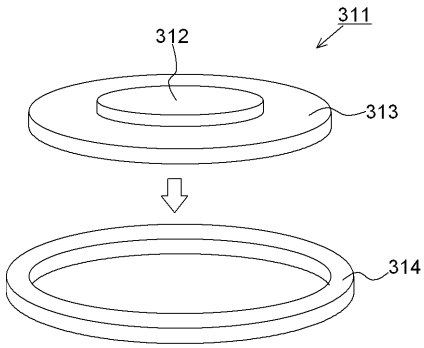
【図 56】



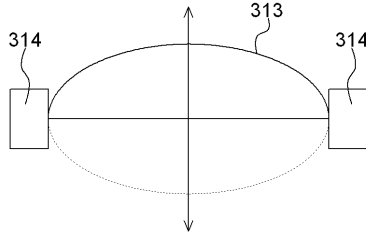
【 図 5 7 】



【 図 5 8 】



【 図 5 9 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2008/070587
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H04R17/00 (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) H04R17/00 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 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-327091 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 16 December, 1997 (16.12.97), Par. Nos. [0013] to [0033] & US 006064746 A1 & EP 000812124 A2	1, 5-7, 9-10
X	JP 11-4495 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 06 January, 1999 (06.01.99), Par. Nos. [0013] to [0029] & US 006108429 A1 & EP 000873039 A2 & CN 001214605 A	1, 5-7, 9-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 December, 2008 (24.12.08)		Date of mailing of the international search report 13 January, 2009 (13.01.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/070587

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 89754/1990 (Laid-open No. 46798/1992) (Kabushiki Kaisha Megasea, Nihon Cement Co., Ltd.), 21 April, 1992 (21.04.92), Page 2, line 10 to page 3, line 16 (Family: none)	1, 8
X	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 64801/1992 (Laid-open No. 29300/1994) (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 15 April, 1994 (15.04.94), Par. Nos. [0008] to [0013] (Family: none)	1, 10-11, 13
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 122184/1988 (Laid-open No. 44499/1990) (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 27 March, 1990 (27.03.90), Page 6, line 8 to page 7, line 18; page 8, line 10 to page 10, line 10; Figs. 1, 4 (Family: none)	1, 11-12
Y	WO 2007/083497 A1 (NEC Corp.), 26 July, 2007 (26.07.07), Par. Nos. [0018] to [0044], [0080] to [0087] (Family: none)	2-4

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2008/070587									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H04R17/00(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)) Int.Cl. H04R17/00											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2008年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2008年	日本国実用新案登録公報	1996-2008年	日本国登録実用新案公報	1994-2008年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2008年										
日本国実用新案登録公報	1996-2008年										
日本国登録実用新案公報	1994-2008年										
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) WPI											
C. 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 請求の範囲の番号									
X	JP 9-327091 A (株式会社村田製作所) 1997.12.16, 段落【0013】-【0033】 & US 006064746 A1 & EP 000812124 A2	1, 5-7, 9-10									
X	JP 11-4495 A (株式会社村田製作所) 1999.01.06, 段落【0013】-【0029】 & US 006108429 A1 & EP 000873039 A2	1, 5-7, 9-10									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」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 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」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) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」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 「X」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 「Y」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 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 24.12.2008		国際調査報告の発送日 13.01.2009									
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) 武田 裕司	5Z 8947								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3541									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 7 0 5 8 7
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 請求の範囲の番号
	&CN 001214605 A	
X	日本国実用新案登録出願2-89754号(日本国実用新案登録出願公開4-46798号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム(株式会社メガセラ, 日本セメント株式会社)1992.04.21, 第2ページ第10行-第3ページ第16行(ファミリーなし)	1, 8
X	日本国実用新案登録出願4-64801号(日本国実用新案登録出願公開6-29300号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM(住友金属工業株式会社)1994.04.15, 段落【0008】-【0013】(ファミリーなし)	1, 10-11, 13
X	日本国実用新案登録出願63-122184号(日本国実用新案登録出願公開2-44499号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム(松下電器産業株式会社)1990.03.27, 第6ページ第8行-第7ページ第18行, 第8ページ第10行-第10ページ第10行, 第1図, 第4図(ファミリーなし)	1, 11-12
Y	WO 2007/083497 A1 (日本電気株式会社) 2007.07.26, 段落【0018】-【0044】, 【0080】-【0087】(ファミリーなし)	2-4

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, 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, NO, 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

(72)発明者 森 右京
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 黒田 淳
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 土岐 望
埼玉県児玉郡神川町大字元原字豊原300番18 埼玉日本電気株式会社内

(72)発明者 横山 幸男
埼玉県児玉郡神川町大字元原字豊原300番18 埼玉日本電気株式会社内

Fターム(参考) 5D004 AA01 AA02 AA09 AA13 BB01 CC03 CD09 DD01 FF08 FF09
5K023 AA07 BB03 EE07 QQ02 QQ05 QQ06 RR08

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。