

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4768949号
(P4768949)

(45) 発行日 平成23年9月7日(2011.9.7)

(24) 登録日 平成23年6月24日(2011.6.24)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 R 1/00 (2006.01)

H O 4 R 1/00 3 1 0 F

H O 4 R 17/00 (2006.01)

H O 4 R 17/00

H O 4 R 15/00 (2006.01)

H O 4 R 15/00

H O 4 R 19/00 (2006.01)

H O 4 R 19/00

H O 4 R 1/22 (2006.01)

H O 4 R 1/22 3 1 0

請求項の数 44 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-553335 (P2001-553335)
 (86) (22) 出願日 平成13年1月22日(2001.1.22)
 (65) 公表番号 特表2003-520540 (P2003-520540A)
 (43) 公表日 平成15年7月2日(2003.7.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2001/000212
 (87) 国際公開番号 W02001/054450
 (87) 国際公開日 平成13年7月26日(2001.7.26)
 審査請求日 平成19年11月20日(2007.11.20)
 (31) 優先権主張番号 0001492.8
 (32) 優先日 平成12年1月24日(2000.1.24)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)
 (31) 優先権主張番号 0009705.5
 (32) 優先日 平成12年4月20日(2000.4.20)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 501304489
 ニュー トランスデューサーズ リミテッ
 ド
 イギリス ロンドン エスタブリュー3
 3 キューエイチ イクスワース プレイス
 37
 (74) 代理人 100059959
 弁理士 中村 稔
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100065189
 弁理士 宍戸 嘉一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

意図された作動周波数帯域を有し、力が付与される場所に取付けるように構成された電気力学的な力の変換器であって、前記作動周波数帯域内に複数の共振モードの周波数分布を有する共振素子と、変換器を力が付与される場所に取付けるための前記共振素子上に設けられた結合手段とを備え、前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記素子内の共振モードの前記分布を高めるように選択されており、前記結合手段は、前記共振素子の共振モード作動を前記場所に結合するのに有利な位置で前記共振素子に取付けられ、前記共振素子は能動型であり、前記共振素子は音響開口を備え、前記音響開口はそこからの音響放射を緩和するように寸法が小さいことを特徴とする変換器。

【請求項 2】

前記共振素子は、圧電素子、磁気歪み素子、電気歪み素子及びエレクトレット素子から成るグループから選択されることを特徴とする請求項 1 に記載の変換器。

【請求項 3】

前記共振素子は、予応力式圧電素子であることを特徴とする請求項 2 に記載の変換器。

【請求項 4】

前記共振素子は、プレート形状基材上に取付けられている圧電素子であり、前記基材の幅は、前記圧電素子の幅の少なくとも 2 倍であることを特徴とする請求項 2 に記載の変換器。

【請求項 5】

10

20

意図された作動周波数帯域を有し、力が付与される場所に取付けるように構成された電気力学的な力の変換器であって、前記作動周波数帯域内に複数の共振モードの周波数分布を有する共振素子と、変換器を力が付与される場所に取付けるための該共振素子上に設けられた結合手段とを備え、前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記素子内の共振モードの前記分布を高めるように選択されており、前記結合手段は、前記共振素子の共振モード作動を前記場所に結合するのに有利な位置で前記共振素子に取付けられ、前記共振素子は能動型であり、前記共振素子は、2つの実質的に垂直な軸に沿ってモード性があることを特徴とする変換器。

【請求項6】

意図された作動周波数帯域を有し、力が付与される場所に取付けるように構成された電気力学的な力の変換器であって、前記作動周波数帯域内に複数の共振モードの周波数分布を有する共振素子と、変換器を力が付与される場所に取付けるための前記共振素子上に設けられた結合手段とを備え、前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記素子内の共振モードの前記分布を高めるように選択されており、前記結合手段は、前記共振素子の共振モード作動を前記場所に結合するのに有利な位置で前記共振素子に取付けられ、前記共振素子は能動型であり、前記結合手段の寸法は、前記作動周波数帯域における波の波長と同等か、又はそれより小さいことを特徴とする変換器。

【請求項7】

意図された作動周波数帯域を有し、力が付与される場所に取付けるように構成された電気力学的な力の変換器であって、前記作動周波数帯域内に複数の共振モードの周波数分布を有する共振素子と、変換器を力が付与される場所に取付けるための前記共振素子上に設けられた結合手段とを備え、前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記素子内の共振モードの前記分布を高めるように選択されており、前記結合手段は、前記共振素子の共振モード作動を前記場所に結合するのに有利な位置で前記共振素子に取付けられ、前記共振素子は能動型であり、前記作動周波数帯域において、結合された前記共振素子は、前記能動素子に対して、周波数に関して実質的に一定の有効平均力を与えるのに十分な共振モード密度を有することを特徴とする変換器。

【請求項8】

前記共振素子の前記パラメータは、アスペクト比、撓み剛性の等方性、厚さ及び幾何学的寸法の等方性から成るグループから選択されることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項9】

前記共振素子は、プレート形状であることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項10】

前記共振素子は、ディスク形状であることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項11】

前記共振素子は、矩形であることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項12】

前記共振素子は、台形であることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項13】

前記共振素子は、不等辺四辺形であることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項14】

前記共振素子は、平面から湾曲した形状であることを特徴とする請求項7に記載の変換器。

【請求項15】

意図された作動周波数帯域を有し、力が付与される場所に取付けるように構成された電気力学的な力の変換器であって、前記作動周波数帯域内に複数の共振モードの周波数分布を有する共振素子と、変換器を力が付与される場所に取付けるための前記共振素子上に設けられた結合手段とを備え、前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記素子内の共振モードの前記分布を高めるように選択されており、前記結合手段は、前

記共振素子の共振モード作動を前記場所に結合するのに有利な位置で前記共振素子に取付けられ、前記共振素子は能動型であり、前記共振素子は、スロット又は切れ目が形成されており、複合共振システムを形成することを特徴とする変換器。

【請求項 1 6】

前記共振素子は、ビーム形状であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の変換器。

【請求項 1 7】

意図された作動周波数帯域を有し、力が付与される場所に取り付けるように構成された電気力学的な力の変換器であって、各々が前記作動周波数帯域内に複数の共振モードの周波数分布を有する複数の能動型共振素子と、前記複数の共振素子を互いに結合する少なくとも 1 つの素子結合手段と、変換器を力が付与される場所に取り付けるための前記共振素子上に設けられた結合手段とを備え、前記複数の共振素子のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記素子内の共振モードの前記分布を高めるように選択されており、前記複数の共振素子のそれぞれの共振モードは、前記作動周波数帯域においてインターリーブするよう配列され、前記結合手段は、前記共振素子の共振モード作動を前記場所に結合するのに有利な位置において前記共振素子に取り付けられることを特徴とする変換器。

10

【請求項 1 8】

前記共振素子を 2 個備え、該共振素子の各々は、周波数比が $1.27 : 1$ のビーム形状であることを特徴とする請求項 1 7 に記載の変換器。

【請求項 1 9】

前記共振素子を 3 個備え、該共振素子の各々は、周波数比が $1.315 : 1.147 : 1$ のビーム形状であることを特徴とする請求項 1 7 に記載の変換器。

20

【請求項 2 0】

前記共振素子を 2 個備え、該共振素子の各々は、周波数比が $1.1 \pm 0.02 : 1$ のディスク形状素子であることを特徴とする請求項 1 7 に記載の変換器。

【請求項 2 1】

前記共振素子を 2 個備え、該共振素子の各々は、周波数比が $3.2 : 1$ のディスク形状素子であることを特徴とする請求項 1 7 に記載の変換器。

【請求項 2 2】

前記複数の共振素子として、少なくとも 3 つのディスク形状素子を備えることを特徴とする請求項 1 7 に記載の変換器。

30

【請求項 2 3】

前記 3 つのディスク形状素子の周波数比は、 $3.03 : 1.63 : 1$ 、又は $8.19 : 3.20 : 1$ であることを特徴とする請求項 2 2 に記載の変換器。

【請求項 2 4】

前記請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の慣性式電気力学的変換器。

【請求項 2 5】

音響放射物と前記請求項 1 から 2 4 までのいずれか 1 項に記載の変換器とを備え、前記変換器は、前記音響放射物に結合されており、前記音響放射物を励振して音響出力を生成することを特徴とするラウドスピーカ。

【請求項 2 6】

前記結合手段のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記共振周波数のモード分布を制御するよう選択されることを特徴とする請求項 2 5 に記載のラウドスピーカ。

40

【請求項 2 7】

前記結合手段は、前記音響放射物に対して非対称に配置されたことを特徴とする請求項 2 5 又は 2 6 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 2 8】

前記結合手段は、取付け線を形成することを特徴とする請求項 2 5 から 2 7 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 2 9】

前記取付け線は、前記共振素子の対称線と一致しないことを特徴とする請求項 2 8 に記

50

載のラウドスピーカ。

【請求項 3 0】

前記取付け線は、前記音響放射物の対称軸と平行でないことを特徴とする請求項 2 8 又は 2 9 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 1】

前記共振素子の形状は、取付け線が、該共振素子の幾何学的中心から外れた位置であるが、前記素子の略質量中心に位置するように選択されることを特徴とする請求項 2 5 から 3 0 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 2】

前記変換器の形状は、台形であることを特徴とする請求項 2 5 から 3 1 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 3】

前記結合手段は、小さな局所取付け領域又は取付け点を形成することを特徴とする請求項 2 5 又は 2 7 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 4】

前記結合手段は、前記共振素子の中心から離れて配置されていることを特徴とする請求項 2 5 から 3 3 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 5】

前記結合手段は、前記共振素子のアンチノードに配置されることを特徴とする請求項 3 4 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 6】

前記結合手段は、前記共振素子と前記音響放射物との間に 2 つ以上の結合点を備えることを特徴とする請求項 3 3 から 3 5 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 7】

前記音響放射物は、その作動周波数の少なくとも一部にわたって、意図的にピストン式であることを特徴とする請求項 2 5 から 3 6 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 8】

前記音響放射物は、撓み波振動を支持でき、前記変換器は、前記音響放射物中に撓み波振動を励振して音響出力を生成することを特徴とする請求項 2 5 から 3 7 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 3 9】

前記音響放射物は、共振撓み波モードを支持し、前記変換器は、前記共振撓み波モードを励振することを特徴とする請求項 3 8 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 4 0】

前記音響放射物のパラメータは、前記作動周波数帯域における前記共振素子のモード分布を高めるように選択されることを特徴とする、請求項 3 9 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 4 1】

前記音響放射物のパラメータと前記共振素子のパラメータとは、前記作動周波数帯域における前記ラウドスピーカのモード分布を高めるように協働して選択されることを特徴とする請求項 3 9 又は 4 0 に記載のラウドスピーカ。

【請求項 4 2】

前記共振素子の領域は、前記音響放射物の領域に比べて小さいことを特徴とする請求項 2 5 から 4 1 のいずれか 1 項に記載のラウドスピーカ。

【請求項 4 3】

共振音響放射物と、請求項 1 から 2 4 のいずれか 1 項に記載の変換器とを備えるラウドスピーカを製造する方法であって、

前記共振素子及び前記音響放射物の機械的インピーダンスを解析する段階と、

前記共振素子及び / 又は前記ラジエータの所要のモダリティを達成し、前記素子と前記ラジエータとの間の所要の力の伝達を実現するように前記ラジエータ及び / 又は前記素子のパラメータを選択及び / 又は調整する段階と、

10

20

30

40

50

を含むことを特徴とするスピーカの製造方法。

【請求項 4 4】

音響入力を支持できる部材と、入射音響エネルギーに応じた電気出力をもたらすように前記部材に結合されている請求項 1 から 2 4 に記載の変換器とを備えることを特徴とするマイクロフォン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

本発明は、変換器、作動器、又は励振器に関し、詳細には、これらに限定されるものではないが、ラウドスピーカ及びマイクロフォン等の音響装置に使用される変換器に関する。

10

【0002】

(背景技術)

例えば、ラウドスピーカの音響放射物等の構造体に対して力を付与するための多くの変換器、励振器、又は作動器機構が開発されている。これら変換器の機構には、例えば、可動コイル、可動磁石、圧電、又は磁気歪み型等の種々の形式がある。一般に、コイル及び磁石型変換器を使用する電気力学スピーカでは、入力エネルギーの 99% を熱として損失するが、圧電変換器の損失はわずか 1% にしかすぎない。つまり、圧電変換器は高効率という理由で普及している。

【0003】

圧電変換器にはいくつかの問題点があり、例えば、本質的に真鍮箔に匹敵するほど剛性が非常に高く、そのため、音響放射物、特に空気に対して適合させるのが難しい。変換器の剛性が高くなると、固有共振モードが高周波数側へ移動する。つまり、圧電変換器は、2 つの作動領域をもつと考えることができる。第 1 の作動領域は、変換器の基本共振周波数より低い領域である。これは「剛性制御」領域であり、ここでは周波数に伴って速度が上昇し、通常は出力応答性を均等化する必要がある。このことは有効効率の低下をもたらす。第 2 の領域は、剛性領域を超える共振領域であるが、共振が非常に激しいので一般には回避される。

20

【0004】

更に、一般的な教示では、変換器における共振は抑制することになっているので、一般に、圧電変換器は、変換器の基本共振振動数以下の範囲でのみ使用される。基本共振振動数を超える範囲で圧電変換器を使用する場合には、制振を行って共振ピークを抑制する必要がある。

30

【0005】

圧電変換器に関するこの問題は、同様に他の「スマート」材料、即ち磁気歪み型、電気歪み型、及びエレクトレット型材料の変換器についても言える。

【0006】

Shinsei Corporation の欧州特許公開番号 EP 0 9 9 3 2 3 1 には、音響振動プレートの駆動素子がスピーカのフレームと音響振動プレートとの間に配置されている音響発生装置が開示されている。駆動素子は、所定距離にわたって互いに向き合って配置されている 1 組の圧電振動プレートで構成されている。圧電振動プレートの外側周縁部は、環状スペーサによって互いに結合されている。圧電振動プレートに駆動信号を印加すると、圧電振動プレートは曲げ動作を繰り返し、その中心部は交互に反対方向に曲がる。この時、各々の圧電振動プレートの曲がる方向は常に互いに反対向きとなる。

40

【0007】

Shinsei Corporation の欧州特許公開番号 EP 0 8 8 1 8 5 6 には、同様のものを使用した音響圧電振動子及びラウドスピーカが開示されており、圧電振動プレートの周縁部にはエラストマーから成る振動制御片が取付けられている。振動制御片は、圧電振動プレートの中心と振動制御片の重心とを結ぶ直線に対して垂直をなし、且つ圧電振動プレートの中心を通る軸線と振動制御片の質量中心線との間の距離が軸線に沿って変化するように、或いは、圧電振動プレートの中心と振動制御片の重心とを結ぶ直線に平

50

行な複数の直線によって分割された振動制御片の区分の各々の質量が、直線に垂直で、且つ圧電振動プレートの中心を通る軸線に沿って変化するような形状である。

【0008】

Murata Manufacturing Co., Limitedの米国特許第4,593,160号には、撓み波モードで振動する圧電振動子を備える圧電スピーカが開示されており、圧電振動子は、支持部材によって長手方向の中間位置で支持され、支持部材の両側の第1及び第2の部位がそれぞれ片持梁の形態で支持されている。圧電振動子は、ワイヤーで形成されている結合手段によってその両側近傍でダイアフラムに結合されているので、圧電振動子の撓み波振動は、ダイアフラムに伝達されてダイアフラムを駆動する。圧電振動子に対する支持部材の位置は、第1の部位の共振周波数が第2の部位の対応する共振周波数よりも低くなるように選定され、且つ第2の部位の一次共振周波数(f_1)が対数座標上で実質的に第1の部位の第1の共振周波数(F_1)と第2の共振周波数(F_2)との中心値となるように選定される。

10

【0009】

Sanyo Electric Co., Limitedの米国特許第4,401,857号には、複式構造の圧電型のコーン形スピーカが開示されており、複数の圧電素子及びそれらに個々に結合されているスピーカダイアフラムは、同軸又は多軸配置にされている。1つのダイアフラムと別のダイアフラムとの間には緩衝部材が配置されており、各々の素子は、他の素子の振動から隔離されている。

20

【0010】

Altec Corporationの米国特許第4,481,663号には、音響信号の電気信号を高周波数ラウドスピーカ用圧電セラミック駆動器に適合させるためのネットワークが開示されている。ネットワークは、全て帯域フィルタネットワーク素子から成るが、フィルタ出力段の並列結合のインダクタ及びコンデンサは、オートトランス又はオートインダクタに置き換えられ、これは圧電セラミック変換器の入力インピーダンスを並列な等価静電容量及び等価抵抗に変換し、これらはオートトランスのインダクタンスと共に、フィルタに関する負荷抵抗を与え、帯域ネットワークの出力段から省かれたコインデンサ及びインダクタに取って代わる。追加の分路抵抗器をオートトランスの出力側の両端に配置して、オートトランスの入力側で所望の有効負荷抵抗を得ることもできる。

30

【0011】

Sawafujiの英国特許公開番号GB2,166,022には、複数の圧電振動素子を有する圧電スピーカが開示されており、各々の素子は、圧電振動プレートと、その重心点の近傍に粘弾性層を介して結合されている重錘とを含み、圧電振動プレートの外縁端部から取り出すように設計されている起振力を有し、各々の素子は、周縁端部で結合器を介して互いに結合されており、1つの素子は、周縁端部でコーン形音響放射物に直接結合されて主として高周波数部分の起振力を付与し、隣接する残りの素子は、中間及び低周波数部分を分担するようになっている起振力を生成してコーン形音響放射物を励振する。

本発明の目的は改良された変換器を製造することである。

【0012】

(発明の開示)

40

本発明によれば、例えば、音響放射物を励振して音響出力を生成する力を付与するための電気力学的な力の変換器が提供され、変換器は、意図された作動周波数帯域を有し、作動領域における複数の共振モード(以下、「共振モード」を単に「モード」と呼ぶことがある)の周波数分布を有する共振素子と、変換器を力が付与される場所に取り付けるための共振素子上の結合手段とを備える。つまり、変換器は、意図的なモード変換器とみなすことができる。結合手段は、共振モード作動をその場所に結合するのに有利な位置で共振素子に取り付けることができる。

【0014】

本発明による共振素子は、能動型である。この共振素子は、圧電、磁気歪み、又はエレクトレット素子であってもよい。圧電型能動素子は、例えば、米国特許第5,632,

50

841号に説明されているような予応力が加えられていてもよく、又は電氣的に予応力又は付勢力が加えられていてもよい。

【0015】

能動素子は、バイモルフ、又は中央ベーン又は基板を有するバイモルフ、又はユニモルフであってもよい。能動素子は、薄い金属プレートであり能動素子と同じ剛性をもつことができる、支持プレート又はシムに固定することができる。支持シートは、能動素子よりも大きいことが好ましい。支持シートの直径又は幅は、能動素子の直径又は幅の2倍、3倍、又は4倍だけ大きい。支持プレートのパラメータは、変換器のモード密度を高めるように調整できる。支持プレートのパラメータと能動素子のパラメータとは、モード密度を高めるように協働して調整できる。

10

【0016】

共振部材には、不要な音響を放射しないように孔が開けられていてもよい。別の方法として、共振部材は、そこからの音響放射を緩和するように寸法が小さい音響開口を備えることができる。つまり、共振部材は実質的に音響的に不活性である。もしくは、共振部材は、組立体の作動に寄与することができる。

【0017】

結合手段の寸法は小さくてもよく、即ち、作動周波数帯域中の波の波長と同等であってもよい。これにより、そこからの音響結合が改善される。また、これにより、高周波の開口効果、即ち、おそらく高周波の結合又は結合領域からもたらされる撓み波が減少する。もしくは、共振部材の領域は、高周波の結合を制限するように、例えば、濾過機能をもたらしように選択できる。

20

【0018】

共振素子のアスペクト比、撓み剛性の等方性、厚さ及び幾何学的寸法の等方性等のパラメータは、作動周波数帯域における共振素子の複数の共振モードの分布を高めるように選択できる。パラメータを選択するために、例えば、F E A又はモデル化を使用するコンピュータシミュレーション解析を使用できる。

【0019】

この分布は、能動素子の第1の共振モードが対象物の最低作動周波数近傍にあることを保証することによって高めることができる。また、この分布は、作動周波数帯域における十分なモード、例えば、高密度のモードを保証することによって高めることができる。モード密度は、能動素子に対して、周波数に関して実質的に一定である有効平均力を与えるのに十分であることが好ましい。良好なエネルギー伝達は、モード共振の好都合な平滑化をもたらす。

30

【0020】

対照的に、スマートな材料を備え、従来技術の変換器の基本共振周波数未満で作動するように設計された従来技術の変換器に関しては、周波数が低くなると出力が低下するであろう。このことは、周波数に関して一定の出力を保つために入力電圧を高めることを必要とする。

【0021】

別の方法又は追加的に、共振撓み波モードを周波数に関して実質的に均一に分布させること、即ち、モードの「集群」又は群化に起因する周波数応答のピークを滑らかにすることによってモード分布を高めることができる。そのような変換器は、分布モード変換器又はDMTとして知られている。

40

【0022】

モードを分布させることによって、共振素子の通常の支配的な高振幅共振が低減し、結果的に共振素子のピーク振幅も低減する。つまり、潜在的な変換器の疲労が減り、運転寿命は大幅に延びるであろう。更に、変位式変換器からの均一な応答性に関する潜在能力により電氣的要求が緩和され、励振システムのコストが下がる。

【0023】

変換器は、各々が複数のモードの分布をもつ複数の共振素子を備えることができ、共振

50

素子の複数の共振モードは、作動周波数帯域においてインターリーブして装置全体として変換器の共振モードの分布を高めるように、すなわち助長するように、配列されている。これら共振素子は、別々の基本周波数を有するものであることが好ましい。つまり、共振素子の負荷、寸法、又は撓み剛性等のパラメータは異なってもよい。

【0024】

各共振素子は、結合手段によって任意の好都合の方法で、例えば、各素子の間の一般に剛性の高いスタブ上に結合される。共振素子は、変換器のモード特性を高めるか、及び/又は、力が付与される場所での結合を高める結合点において結合されることが好ましい。結合手段のパラメータは、共振素子のモード分布を高めるように選択することができる。

【0025】

共振素子は、積み重ねて配置できる。結合点は、軸方向に位置合わせできる。共振素子は、受動素子、能動素子、又は複合変換器を形成する受動素子及び能動素子を組合せたものであってもよい。

【0026】

共振素子はプレート形状であってもよく、又は平面の外に湾曲していてもよい。プレート形状共振素子は、スロット又は切れ目が形成され、複合共振システムを形成するようになっていてもよい。共振素子は、ビーム形、台形、超楕円形であってもよく、又は略ディスク形状であってもよい。もしくは、共振素子は矩形であってもよく、対称の短軸に沿った軸の周りで矩形の平面の外に湾曲していてもよい。そのような平坦なストリップ形状は、

米国特許第5,632,841で教示されている。

【0027】

共振素子は、2つの実質的に垂直な軸に沿ってモード性であってもよく、各々の軸は、関連する基本周波数をもつ。2つの基本周波数比は、最適なモード分布を得るために、例えば9:7(1.286:1)に調整できる。

例示的に、そのようなモード変換器の構成は以下のものであってもよい。平坦な圧電ディスク;少なくとも2つ、好適には少なくとも3つの平坦な圧電ディスク;2つの同一の圧電ビーム;複数の同一圧電ビームの組合せ;湾曲形状の圧電プレート;複数の湾曲形状の圧電プレート又は2つ同一の湾曲形状の圧電ビームの組合せである。

【0028】

各々の共振素子のモード分布のインターリーブは、共振素子の周波数比、即ち、各々の共振素子の各々の基本共振周波数の周波数比を最適化することによって高めることができる。つまり、相互に関連する各々の共振素子のパラメータは、変換器の全体モード分布を高めるように変更できる。

ビーム形状の2つの能動共振素子を使用する場合、2つのビームの周波数比(即ち、基本周波数比)は1.27:1である。3つのビームを有する変換器に関しては、周波数比は1.315:1.147:1である。2つのディスクを有する変換器に関しては、高次モード密度を最適化するための周波数比は1.1±0.02:1であり、低次モード密度を最適化するための周波数比は3.2:1である。3つのディスクを有する変換器に関しては、周波数比は3.03:1.63:1、又は8.19:3.20:1である。

【0029】

変換器は慣性式電気力学的変換器であってもよい。変換器は、音響放射物に結合され、音響放射物を励振して音響出力を生成することができる。

従って、本発明の第2の態様によれば、音響放射物と前述のモード変換器とを有するラウドスピーカが提供され、変換器は、結合手段を介して音響放射物に結合され、音響放射物を励振して音響出力を生成する。結合手段のパラメータは、作動周波数帯域における共振素子のモード分布を高めるように選択できる。結合手段は、制御された接着層等の痕跡である。

【0030】

結合手段は、音響放射物に対して非対称に配置でき、変換器は、音響放射物に対して非対称に結合される。非対称は、種々の方法によって達成でき、例えば、音響放射物又は変換

10

20

30

40

50

器の対称軸に対する音響放射物上の変換器の位置又は方向を調整することによって達成できる。

【0031】

結合手段は、取付け線を形成できる。もしくは、結合手段は、取付け点又は小さな局所取付け領域を形成でき、取付け領域は、共振素子の寸法に比べて小さい。結合手段は、スタブ形態であってもよく、直径は、例えば3から4mmと小さくてもよい。結合手段は、低質量であってもよい。

【0032】

結合手段は、共振素子と音響放射物との間に、2つ以上の結合点を備えることができる。結合手段は、取付け点及び/又は取付け線の組合せを備えることができる。例えば、2つの取付け点又は小さな局所取付け領域が使用でき、1つは能動素子の中心点近傍に、1つは能動素子の端部に配置される。このことは、一般に剛性が高く、固有共振周波数が高いプレート形状変換器には有用である。

10

【0033】

もしくは、単一の結合点を与えることもできる。これは、マルチ共振素子アレイの場合に利点をもたらすことができ、全ての共振素子の出力が単一の結合手段によって合計されるので、ラウドスピーカラジエータ等の負荷によって出力を合計する必要がなくなる。ところが、このような合計は、共振パネルラジエータでは可能であるが、ピストン式ダイアフラムには当てはまらない。

結合手段は、共振素子上のアンチノードに配置されるように選択でき、周波数に関して一定の平均力を与えるように選択できる。結合手段は、共振素子の中心から離して配置できる。

20

【0034】

取付け線の位置及び/又は方向は、共振素子のモード密度を最適化するように選択できる。取付け線は、共振素子の対称線と一致しないことが好ましい。例えば、矩形の共振素子に関しては、取付け線は、共振素子の対称短軸(即ち中心線)からオフセットできる。取付け線は、音響放射物の対称軸と平行でない方向にあってもよい。

【0035】

共振素子の形状は、共振素子のほぼ質量中心にあり、中心を外れた取付け線をもたらすよう選択できる。この実施形態の1つの利点は、変換器がその質量中心に取付けられるので、慣性不均衡がない点にある。これは不等辺四辺形又は台形である非対称形状の共振素子によって達成される。

30

ビーム形状又は略矩形の共振素子に関しては、取付け線は共振素子の幅方向にわたって延びることができる。共振素子の領域は、音響放射物の領域に比べて小さくてもよい。

【0036】

変換器は、任意の構造体を駆動するために使用できる。つまり、ラウドスピーカは、少なくともその作動周波数帯域の一部にわたって、意図的にピストン式であってもよく、又は撓み波ラウドスピーカであってもよい。音響放射物のパラメータは、作動周波数帯域の共振素子のモード分布を高めるように選択できる。

【0037】

ラウドスピーカは、音響放射物と、共振撓み波モードを励振するために該音響放射物に取付けられている変換器とを有する共振撓み波モードラウドスピーカである。そのようなラウドスピーカは、国際特許出願WO97/09842、及び他の特許出願及び文献に説明されており、分布モードラウドスピーカと呼ばれている。

40

音響放射物は、パネル形態であってもよい。パネルは、平坦で軽量であってもよい。音響放射物の材料は、非対称又は対称であってもよい。

【0038】

音響放射物の特性は、共振撓み波モードが周波数に関して実質的に均一に分布するように、即ちモードの「集群」又は群化に起因する周波数応答のピークを滑らかにするように選択できる。特に、音響放射物の特性は、低周波数共振撓み波モードが周波数に関して実質

50

的に均一に分布するように選択できる。低周波数共振撓み波モードは、音響放射物の周波数共振撓み波モードよりも10から20倍低いことが好ましい。

【0039】

変換器位置は、音響放射物中の共振撓み波モード、特に、低周波数共振撓み波モードに実質的に均一に結合するように選択できる。換言すれば、変換器は、音響放射物の振動的にアクティブな共振アンチノードの数が比較的多く、逆に共振ノードの数が比較的少ない位置に取付けることができる。任意のそのような位置を使用できるが、最も好都合な位置は、音響放射物の長さ方向と幅方向軸の各々に沿って38%から62%の間の中心部近傍であるが、中心部を外れた位置である。特定の又は好適な位置は、軸に沿って3/7、4/9、又は5/13の距離の位置であり、長さ方向の軸と幅方向の軸に関しては、異なった比率が好ましい。アスペクト比が1:1.13又は1:1.41の等方性パネルの好適な比率は、長さ方向で4/9、幅方向で3/7である。

10

【0040】

作動周波数帯域は、比較的広い周波数帯域にわたり、可聴周波数帯域及び/又は超音波領域であってもよい。また、分布モード変換器の作動の効力によって広い帯域幅及び/又は起こりうる高出力が好都合であろう、音波及び音響測距及び画像化に関する用途がある。つまり、変換器の単一の支配的な固有共振によって規定される帯域よりも広い帯域にわたる作動を達成できる。

【0041】

作動周波数帯域の最低周波数は、ほぼ変換器の基本共振周波数である所定の下限值より大きいことが好ましい。

20

例えば、ビーム形状の能動共振素子に関しては、力はビーム中心から引き出すことができ、能動共振素子が取付けられている音響放射物のモード形状に適合することができる。このようにして、作用と反作用とは協働して周波数に関して一定の出力を与える。共振素子を共振素子のアンチノードにて音響放射物へ連結することによって、音響素子の一次共振は、低インピーダンスになると思われる。このようにして、音響放射物は、共振素子の共振を増幅しないであろう。

【0042】

本発明の第3の実施形態により、音響入力を支持できる部材と、入射音響エネルギーに応じた電気出力をもたらすように前記部材に結合されている前述の変換器とを備えるマイクロフォンが提供される。

30

本発明の第4の実施例により、前述のモード作動素子を備える骨導補聴器が提供される。

【0043】

本発明の第5の実施例により、共振音響放射物と前述のモード変換器とを備えるラウドスピーカの製造方法は、共振素子及び音響放射物の機械的インピーダンスを解析する段階と、共振素子及び/又はラジエータの所要のモダリティを達成し、素子とラジエータとの間の所要の力の伝達を実現するようにラジエータ及び/又は素子のパラメータを選択及び/又は調整する段階とを含む。

【0044】

本発明の第6の実施例により、共振音響放射物と前述した変換器とを備えるラウドスピーカの製造方法は、所定のモード作動音響システムに関する速度及び力の変動を解析及び/又は比較する段階と、選択された力の伝達を実現するために速度と力の各値の組合せを選択する段階とを含む。

40

本発明は、例示的に、添付図面に図示されている。

【0045】

(発明を実施するための最良の形態)

図1は、WO97/09842に教示されているような、共振パネル(12)形態の音響放射物と、パネル(12)中の撓み波振動を励振するためにパネル(12)上に取付けられている変換器(14)とを備える、パネル形状ラウドスピーカ(10)を示す。WO97/09842に教示されているような共振撓み波パネル形状スピーカは、DM又はDM

50

LSピーカとして知られている。変換器(14)は、パネル上に、パネル長さ方向の4/9、幅方向の3/7の位置で、中心を外れて結合手段(16)上に取付けられている。WO97/09842によって教示されるように、この位置は、パネルに力を付与するのに最適な位置である。

【0046】

変換器(14)は、米国特許第5,632,841号(国際特許公開番号WO96/31333)に開示されている形式の、予応力式圧電作動器であり、PAR Technologies Incにより商標名NASDRIVEで製造販売されている。つまり、変換器(14)は能動共振素子である。

【0047】

図1及び図1aに示すように、変換器(14)は、面外湾曲を有する矩形である。変換器(14)の湾曲とは、結合手段(16)が取付け線となっていることを意味する。つまり、変換器(14)は、線A-Aに沿ってのみパネル(12)に取付けられる。変換器は、中心で取付けられる、即ち、取付け線は、変換器の対称の短軸に沿った長さの半分のところにある。取付け線は、パネルの長い側面に対して約120度だけ非対称的に配向される。つまり、取付け線はパネルの対称軸に対して平行ではない。

【0048】

取付け線の配向角度 θ は、中心で取付けられている変換器を、2つの「バッドネス指標」を使用してモデル化することによって、最適角度を見つけて選択できる。例えば、応答性のログ(dB)振幅の標準偏差は、「ラフネス」指標である。それら性能係数/バッドネスについては、本出願人の国際出願WO99/41839に検討されている。

【0049】

モデル化に関して、パネル寸法は、514.0mm×462.0mmに設定され、モデルを単純化するために、パネル材料は、パネル寸法に最適になるよう選定される。モデル化の結果、中心で取付けられている変換器に対しては、180度の角度変化では効果がなく、ラウドスピーカの性能は、角度に対して過度に敏感でないことが明らかになった。しかし、90度から120度までの配向角度は、両方法によって比較的良好なスコアが得られ、改善をもたらす。従って、変換器(14)は、パネル(12)の長い側面に対して30度以下に配向される必要がある。

【0050】

変換器は、取付け線に沿って、短軸に沿う中心を通過してパネルに取付けられると、変換器の2つのアームの共振周波数は一致する。

【0051】

能動共振素子形態の変換器のパラメータ決定モデルを図2に示す。このモデルでは、能動共振素子の長さ(L):幅(W)の比率と、変換器に沿った取付け点(16)の位置(X)とは変更できる。能動共振素子は、長さが76mmの矩形である。図2aは、中心にない取付け線に沿ってパネル(12)に取付けられているモデル変換器(14)を示す。

【0052】

図3及び図4は、解析結果を示す。図3は、最適支持点が共振素子の長さ方向に沿って43%から44%に取付け線をもつこと、即ち、コスト関数(又は「バッドネス」指標)がこの値において最小になり、これは長さ方向の4/9における取付け点の推定値に対応することを示す。更に、コンピュータモデリングは、この取付け点が変換器の幅範囲に関して有効であることを示した。また、共振素子の長さ方向に沿った33%から34%の第2の支持点も適切であると思われる。

【0053】

図4は、長さに沿って44%の位置に取付けられている共振素子に関する、アスペクト比($AR = W / 2L$)に対するコスト(又はrms中心比)のグラフを示す。最適アスペクト比は 1.06 ± 0.01 から1までであるが、この値でコスト関数は最小になっている。

【0054】

前述のように、パネル（１２）に対する最適取付け角度 θ は、最適化された変換器に関して、即ちモデル化を使用してアスペクト比が１．０６：１であり、取付け点が４４％である変換器に関して決定できる。角度０度では、変換器の長手部分は下を向く。この修正実施例において、取付け線（１６）の回転は、著しい効果を有し、取付け位置はもはや対称ではない。約２７０度の角度、即ち、長手端部が左側に面する約２７０度の角度であってもよい。

【００５５】

完全を期すために、図５に示すように、長手方向の４４％及び５０％に取付けられている変換器の周波数応答性を測定した。ライン（２０）に示す４４％オフセットは、ライン（２２）に示す中間に取付けられた変換器よりも、高い周波数での少し多いリップルと引き

10

【００５６】

オフセット駆動のモード密度の増加は、矩形変換器の質量中心にない取付け位置に起因する慣性不均衡と引き換えであることが分かる。従って、固有の不均衡が改善されたモダリティを失うことなく改善されるか否かを検討した。

【００５７】

図６ａ及び図６ｂは、第２の実施例、即ち、台形断面を有する共振素子形態の非対称形状変換器（１８）を示す。台形形状は、２つのパラメータ、即ちＡＲ（アスペクト比）及びＴＲ（傾斜比）によって支配される。ＡＲ及びＴＲは、例えば、ラインのいずれかの側の等価質量等の特定の制約を満足するように、第３のパラメータ λ を決定する。

20

【００５８】

等価質量（又は等価面積）の制約式は以下の通りである。

【数１】

$$\int_0^\lambda \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \xi\right)\right) d\xi = \int_\lambda^1 \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \xi\right)\right) d\xi$$

上の式は、独立変数としてのＴＲ又は λ のいずれかに関して以下の式で容易に解くことができる。

【数２】

$$TR = \frac{1 - 2\lambda}{2\lambda(1 - \lambda)}$$

30

又は、

【数３】

$$\lambda = \frac{1 + TR - \sqrt{1 + TR^2}}{2TR} \approx \frac{1}{2} - \frac{TR}{4}$$

慣性モーメントを等しくするための、又は全慣性モーメントを最小化するための等価式は容易に得られる。

等価慣性モーメント（又は面積の等価二次モーメント）に関する制約式は以下の通りである。

40

【数４】

$$\int_0^\lambda \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \xi\right)\right) (\lambda - \xi)^2 d\xi = \int_\lambda^1 \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \xi\right)\right) (\xi - \lambda)^2 d\xi$$

【数５】

$$TR = \frac{(\lambda^2 - \lambda + 1)(2\lambda - 1)}{2\lambda^4 - 4\lambda^3 + 2\lambda - 1}$$

又は、

50

【数 6】

$$\lambda \approx \frac{1}{2} - \frac{TR}{8}$$

最小全慣性モーメントに関する制約式は以下の通りである。

【数 7】

$$\frac{d}{d\lambda} \left(\int_0^1 \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \lambda \right) \right) (\lambda - \xi)^2 \right) = 0$$

【数 8】

$$TR = 3 - 6\lambda$$

又は

【数 9】

$$\lambda = \frac{1}{2} - \frac{TR}{6}$$

【0059】

コスト関数（バッドネス指標）は、0.9から1.25までの範囲のAR、0.1から0.5までの範囲のTR、等価質量に対して拘束されるλでの40個のFEAの結果に関してプロットした。つまり、変換器は、質量中心に取付けられている。結果は以下のように表に示し、ARとTRに対するコスト関数を図7のグラフに示す。

【0060】

【表 1】

t r	λ	0.9	0.95	1	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25
0.1	47.51%	2.24%	2.16%	2.16%	2.24%	2.31%	2.19%	2.22%	2.34%
0.2	45.05%	1.59%	1.61%	1.56%	1.57%	1.50%	1.53%	1.66%	1.85%
0.3	42.66%	1.47%	1.30%	1.18%	1.21%	1.23%	1.29%	1.43%	1.59%
0.4	40.37%	1.32%	1.23%	1.24%	1.29%	1.25%	1.29%	1.38%	1.50%
0.5	38.20%	1.48%	1.44%	1.48%	1.54%	1.56%	1.58%	1.60%	1.76%

【0061】

図7及び表の結果から、約43%のλを与える、AR=1、TR=0.3をもつ最適な形状（図7の28で示す）が存在することが分かる。従って、台形変換器の1つの利点は、重心/質量中心にあるが、対称線ではない取付け線に沿って変換器を取付け可能な点にある。つまり、そのような変換器の利点は、慣性的に不釣り合いにすることなく、モード分布を改善できる点にある。

【0062】

従って、最良の配向を見いだすために、最適化された台形変換器のモデルを前述と同様のパネルモデルに適用した。つまり前述のように、パネルの寸法は524.0mm×462.0mmに設定し、パネル材料は寸法に対して最適になるよう選択した。先に利用した2つの比較法では、配向の最適な角度として再度270度から300度までを選定する。

【0063】

変換器のモダリティを最適化する別の方法は、2つの同一の圧電ビーム等の2つの能動素

子を有する変換器を使用することである。ビームは、ビームの寸法及び材料特性によって定義される、基本モードから始まるモードセットを有している。モードは非常に広く間隔があげられており、共振周波数を超える変換器を使用するラウドスピーカの忠実度を制限する。従って、第1のビームのモード分布に対して周波数インターリーブされたモード分布を備える第2のビームを選定する。

【0064】

分布をインターリーブすることによって、変換器の全出力を最適化できる。評価基準は検討中のタスクに応じて選定される。例えば、2つのビーム変換器の通過帯域が二次モードまでの場合、最初の3又は4のモードの最適化を害する場合があるので、最初の10のモードのインターリーブを最適化することは賢明ではない。

10

【0065】

1つの実施例として、長さ36mm×幅12mm、全厚350ミクロン、基本撓み共振周波数960Hzのバイモルフ型の第1の圧電素子を検討した。第1のモードは、表1のとおりである。

【0066】

【表2】

表1

No.	周波数 (Hz)
1	957
2	2460
3	5169
4	8530

20

【0067】

第1の変換器は、小型パネル上に取付けられ、図8に周波数応答性をプロットした。830Hz及び3880Hzにおいて大きな出力(38)があり、1.6kHz及び7.15kHzにおいてディップが存在する。圧電材料の機械的特性を正確に予測するのが難しいので、共振周波数は予測値以下であろう。

30

【0068】

応答性には非常に多くの有効な幅広いディップが見られるので、ディップ(40)の周りの領域では出力を高める必要がある。従って、補足的な周波数セットを備える、即ち、第1の変換器のために、ディップが存在する場所にピークを有する周波数応答性を生成するセットを備えるビームが理想的である。

【0069】

圧電素子は、長さが短いほど高い基本共振周波数をもつことになる。そのような短い28mmのビームのモードを以下の表2に示す。

40

【0070】

【表3】

表2

No.	周波数 (Hz)
1	1 5 8 4
2	4 3 6 1
3	8 5 3 1
4	1 4 0 6 2

10

【0071】

図9に示すように、2つのビームは組み合わせられて二重ビーム変換器(42)を形成する。変換器(42)は第1の圧電ビーム(43)を有し、その上面には、両方のビームの中心に配置されているスタブ(48)形態の結合手段によって第2の圧電ビーム(51)が取付けられている。各々のビームはバイモルフ型である。第1のビーム(43)は、異なる圧電材料の2つの層(44、46)を有し、第2のビーム(51)は、2つの層(50、52)を有する。圧電材料の各々の層の極方向は、矢印(49)によって示される。各々の層(44、50)は、バイモルフ中の別の層(46、52)に対して反対の極方向をもつ。

20

【0072】

第1の圧電ビーム(44、46)は、撓み波ラウドスピーカ等の構造体(54)上に、第1のビームの中心に配置されているスタブ(56)形態の結合手段によって取付けられている。それらのビームは、DMLパネルのいずれかの面上で、おそらく別の位置で利用できる。

【0073】

第1のビームの中心で取付けると、偶数次モードのみが出力を生成できる。第2のビームを第1のビームの上面に配置し、両ビームをスタブ手段によって中心部で結合することによって、両ビームは、同軸上又は同一の位置を駆動していると考えることができる。

30

【0074】

各素子を一体結合すると、各々の素子が他のモードを変更するので、得られたモード分布は、周波数の別々のセットの合計にはならない。図10の周波数は、単一ビーム(60)を有する変換器と、一体で使用される2つのビーム(62)を有する変換器との間の差異を示す。2つのビームは、それら個々のモード分布がインターリーブされて、変換器の全体的なモダリティを高めるように設計されている。2つのビームは一体化され、対象の周波数帯域にわたって有効な出力を生成する。個々の偶数次モードにおける各圧電ビームの間の干渉のために、局部的に狭いディップが発生する。

【0075】

第2のビームは、2つのビームの基本共振周波数比を使用して選定することができる。材質及び厚さが同じ場合、周波数比は長さの比の2乗に等しい。高い f_0 (基本共振周波数)を単純に他の大型ビームの f_0 と f_1 との間に定めると、小型ビームの f_3 と、下側のビームの f_4 とは一致する。

40

【0076】

図11aは、理想値が1.27:1である、即ち、点(58)においてコスト関数が最小化されている2つのビームの周波数比に対するコスト関数のグラフである。周波数比は、 $W097/09482$ に説明されている「黄金」アスペクト比($f_{02}:f_{20}$ の比)に対応する。

【0077】

変換器のモダリティを改善する方法は、変換器中に3個の圧電ビームを使用することによ

50

って拡大適用できる。図 1 1 b は、3 個のビームに関する周波数比に対するコスト関数のグラフである。理想的な比は 1 . 3 1 5 : 1 . 1 4 7 : 1 である。

【 0 0 7 8 】

ビーム等の能動素子を一体化する方法は、圧電ディスクを使用することに拡大適用できる。2 つのディスクを使用する場合、2 つのディスクの寸法比は、いくつかのモードを考慮したかに依存する。高次モード密度では、約 1 . 1 ± 0 . 0 2 から 1 までの基本共振周波数比は、良好な結果を与える。低次モード密度（即ち、最初の数モード、又は最初の 5 モード）では、約 3 . 2 : 1 の基本共振周波数比が良好である。最初のギャップは、大型ディスクの第 2 のモードと第 3 のモードとの間に生じる。

【 0 0 7 9 】

各々のディスクの第 1 の半径方向モードと第 2 の半径方向モードの間には大きなギャップがあるので、2 枚のディスクよりは 3 枚のディスクでもって更に良好なインターリーブを得ることができる。2 層ディスク変換器に第 3 のディスクを追加する場合、明白な第 1 の目標は、前述の場合の大型ディスクの第 2 のモードと第 3 のモードとの間のギャップを埋める点にある。しかし、幾何数列は、これが唯一の解決法ではないことを示している。基本共振周波数 f_0 、 $\alpha \cdot f_0$ 、 $\alpha^2 \cdot f_0$ を使用して、図 1 1 c において $rms(\alpha, \alpha^2)$ （自乗平均）をプロットすると、 α に関して 2 つの重要な最適値が存在する。その値は、グラフ上の 2 つの極小値（65）が表われる約 1 . 7 2 及び 2 . 9 0 であり、後者の値は、明白なギャップ充填方法に対応している。

【 0 0 8 0 】

基本共振周波数 f_0 、 $\alpha \cdot f_0$ 、 $\beta \cdot f_0$ を両スケーリングが自由なように使用し、前記 α 値をシード値として使用すると、僅かに良好な最適値が得られる。パラメータ対（ α 、 β ）は、（1 . 6 3、3 . 0 3）及び（3 . 2 0、8 . 1 9）である。これら最適値は非常に浅く、パラメータ値の 1 0 %、又は 2 0 % の変動でさえ許容範囲にある。

【 0 0 8 1 】

組み合わせられる種々のディスクを決定する別の方法は、3 個のディスクの半径比を関数とするコストを考慮することである。図 1 1 d は、半径比に対する 3 つの別々のコスト関数をプロットした F E A 解析結果を示す。図 1 1 d において、3 枚のディスクは一体的に結合されているが、3 枚のディスクを個々に解析しても同じ結果が得られることに留意されたい。

【 0 0 8 2 】

3 つのコスト関数は、それぞれライン（64）、（66）、（68）で示される、R S C D（中心差分の和の比）、S R C D（中心差分の比の和）、S C R（中心比の和）である。モード周波数 f_0 、 f_1 、 f_n 、 $\dots$ 、 f_N のセットに関して、これらの関数は以下のように定義される。

R S C D（中心差分の和の比）

【数 1 0】

$$RSCD = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} (f_{n+1} + f_{n-1} - 2f_n)^2}{f_0}$$

S R C D（中心差分の比の和）

【数 1 1】

$$SRCD = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} \left(\frac{f_{n+1} + f_{n-1} - 2f_n}{f_0} \right)^2$$

S C R（中心比の和）

【数 1 2】

10

20

30

40

$$SCR = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} \left(\frac{f_{n+1} \cdot f_{n-1}}{(f_n)^2} \right)$$

【 0 0 8 3 】

最適半径比、即ち、コスト関数が最小になるのは、図 1 1 d の全ての 3 本のラインにおいて 1 . 3 である。これら 3 つの同一の材料及び厚さのディスクに関して、半径比の自乗が周波数比に等しいので、 $1 . 3 \times 1 . 3 = 1 . 6 9$ であり、解析結果の 1 . 6 7 は十分に満足なものである。

【 0 0 8 4 】

他の方法として又は追加的に、受動素子を変換器に組み込んで全体的なモダリティを改善することができる。能動及び受動素子は縦列配置にできる。図 1 2 a 及び図 1 2 b は、能動及び受動素子のモードがインターリーブされるように、薄い金属プレート等の 2 つの受動共振素子 (7 4) 上に積み重ねられている 2 つの能動圧電素子 (7 2) を備える多層ディスク変換器 (7 0) を示す。素子は、能動及び受動素子の中心に配置されているスタブ (7 8) 形態の結合手段によって結合されている。素子は、同軸に配置される。各々の素子は、それぞれ異なる寸法を有し、スタックの最上層及び最下層には、最小及び最大のディスクが配置されている。変換器 (7 0) は、最大ディスクである第 1 の受動素子の中心に配置されているスタブ (7 8) 形態の結合手段により、パネル等の負荷素子 (7 6) 上に取付けられている。

【 0 0 8 5 】

変換器のモダリティを改善する方法は、圧電プレート形態の 2 つの能動素子を有する変換器に拡大適用できる。寸法が $(1 \times \alpha)$ 及び $(\alpha \times \alpha^2)$ の 2 枚のプレートは、 $(3/7, 4/9)$ の位置に結合されている。図 1 3 は、アスペクト比 (α) に対するコスト関数のグラフを示し、 α に関する最適値 (7 5) は、1 . 1 4 である。従って、周波数比は、約 1 . 3 : 1 $(1 . 1 4 \times 1 . 1 4 = 1 . 2 9 9 6)$ である。

【 0 0 8 6 】

他の方法として又は追加的に、変換器のモダリティ特性を変更するために、変換器が取付けられるパネル等の対象物のパラメータは、変換器のモダリティに適合するように変更できる。例えば、パネルに取付けられている能動共振素子形態の変換器を考えると、図 1 4 及び図 1 5 には、それぞれ変換器の厚さ及びパネルの厚さに対して周波数応答性がどのように相違するかが示されている。能動素子は圧電ビームの形態である。図 1 4 には、それぞれ 1 7 7 ミクロン、2 0 0 ミクロン、及び 1 5 0 ミクロンのビームに関する 3 つの周波数応答性 (8 4)、(8 6)、(8 8) が示されている。図 1 5 には、それぞれ厚さ 1 . 1 mm、0 . 8 mm、及び 1 . 5 mm のパネルに関する 3 つの周波数応答性 (9 0)、(9 2)、(9 4) が示されている。

【 0 0 8 7 】

図 1 4 及び図 1 5 は、1 . 1 mm パネルの周波数応答性が 1 7 7 ミクロン厚さのビームの周波数応答性に一致することを示している。従って、1 . 1 mm パネルのモダリティは、1 7 7 ミクロンビームのパネルのモダリティと一致する。

【 0 0 8 8 】

変換器はモダリティ型であるが、平均応力及び速度は、任意の負荷又はパネルインピーダンスに対して推定できる。応力と速度との積が最大の場合に最大の機械的出力を利用できる。変換器は、任意の負荷を励振するために使用でき、最適負荷値は、図 1 6 に示すように、速度 (1 7 0)、応力 (1 7 2)、及び負荷抵抗に対する機械的出力 (1 7 4) をプロットすることにより見出すことができる。最大出力 (1 7 6) は、負荷抵抗が約 1 2 N s / m の場合に生じ、負荷抵抗が小さい場合には、速度は増加するが応力は減少し、負荷抵抗が大きい場合には、速度は減少するが応力は増加する。

【 0 0 8 9 】

図 1 7 は、図 1 8 に示すように結合手段 (1 0 5) を有する圧電変換器 (1 0 6) の端部に小さな質量 (1 0 4) を付加した結果を示す。図 1 7 において、質量体をもたない変換

器、0.67グラムの質量体を2つ備えるビーム、2グラムの質量体を2つ備える変換器のそれぞれの周波数応答性(108、110、112)が示されている。周波数応答性(110)は、質量をもたないか又は0.67グラムの質量を備える変換器の周波数応答性(108、112)よりも中間領域において変化が少ないので、2グラムの質量体を2つ備えるビームは理論的に一致する。

【0090】

図19及び図20において、変換器(114)は、例えば、W097/09842に説明されているような、能動素子(115)を形成するボイスコイルと、モードプレート(118)形態の受動共振素子とを有する、慣性電気力学式可動コイル励振器である。能動素子(115)は、モードプレート(118)上で且つモードプレートの中心を外れて取付けられている。モードプレート(118)は、カブラ(120)によってパネル(116)上に取付けられている。カブラは、能動素子の軸(117)に位置合わせされているが、パネル(116)平面に垂直な軸(Z)には位置合わせされていない。従って、変換器は垂直軸(Z)に一致しない。能動素子は、電線(122)を介して電気信号に接続されている。

10

【0091】

図20に示すように、モードプレート(118)は、孔が開けられており、そこからの音響放射を低減するようになっている。能動素子は、モードプレート(118)の中心を外れて、例えば、最適取付け位置、即ち、(3/7、4/9)に配置される。更に、変換器(114)は、パネル(116)上に、中心を外れて、例えば、同様の最適取付け位置、即ち、(3/7、4/9)に配置される。つまり、変換器(114)は、パネル(116)平面内の2つの垂直な軸(X、Y)のどちらにも一致しない。

20

【0092】

図21a及び図21bは、スタブ形態の結合手段(126)によってパネル(128)に取付けられている能動圧電共振素子を備える変換器(124)を示す。変換器(124)及びパネル(128)の両者の幅：長さ比は1：1.13である。結合手段(126)は、変換器又はパネルの軸(130、X、Y、Z)のいずれとも位置合わせされていない。更に、結合手段は、変換器(124)及びパネル(128)の両者に対して中心を外れた最適位置に配置されている。

30

【0093】

図22は、ビーム形態の能動圧電共振素子形態の変換器(132)を示す。変換器(132)は、スタブ形態の2つの結合手段(136)によってパネル(134)に結合されている。1つのスタブは、ビームの端部(138)方向に配置され、他のスタブは、ビームの中心方向に配置されている。

【0094】

図23は、結合手段(144)によって結合されている2つの能動共振素子(142、143)と、結合手段(144)及び共振素子(142)を取り囲むエンクロージャ(148)とを備える変換器(140)を示す。つまり、変換器は、耐衝撃性及び耐衝突性がある。エンクロージャは、変換器の作動を妨げないように、機械的インピーダンスが低いラバー又は類似のポリマーで作られている。ポリマーが耐水性であれば変換器(140)は防水性になる。

40

【0095】

上側共振素子(142)の寸法は、スタブ形態の結合手段を介してパネル(145)に結合されている下側共振素子(143)よりも大きい。スタブは、下側共振素子(143)の中心に配置される。各々の能動素子用の出力カブラ(150)は、エンクロージャから延びており、負荷装置(図示せず)への良好な音響接続が可能となる。

【0096】

図24は、ピストン式ラウドスピーカのダイアフラムに対して力を付与する、本発明による変換器(152)を示す。ダイアフラムの形状は、変換器が取付けられる頂点を有するコーン(154)形である。コーン(154)は弾性端部(158)でバッフル(156

50

）に支持されている。

【 0 0 9 7 】

図 2 5 a 及び図 2 5 b は、プレート形状能動共振素子形態の変換器（ 1 6 0 ）を示す。共振素子には、フィンガー（ 1 6 4 ）を形成してマルチ共振システムを形成する、スロット（ 1 6 2 ）が形成されている。共振素子は、スタブ（ 1 6 6 ）形態の結合手段によってパネル（ 1 6 8 ）上に取付けられている。

【 0 0 9 8 】

本発明は、変換器が分布モードの対象物として設計されている点で、例えば、W O 9 7 / 0 9 8 4 2 に説明されている分布モードパネルとは相反するものとして理解できる。更に、変換器からの力は、一般に分布モードの駆動点（例えば、最適点（ 3 / 7、4 / 9 ））として使用されることになる地点から引き出される。

【 0 0 9 9 】

（産業上の利用可能性）

従って、本発明は、改善された性能をもつ変換器と、この変換器を使用するラウドスピーカ又はマイクロフォンを提供する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明を具現化するパネル形状ラウドスピーカの概略図である。

【図 1 a】 図 1 の線 A - A に垂直な断面図である。

【図 2】 本発明による変換器のパラメータモデルの概略平面図である。

【図 2 a】 図 2 の変換器の取付け線に垂直な断面図である。

【図 3】 図 2 の変換器に関する支持長さ（ % L ）に対するコストのグラフである。

【図 4】 長さ方向に沿って 4 4 % の位置に取付けられている図 2 の変換器に関する、アスペクト比に対するコストのグラフである。

【図 5】 変換器が長さ方向に沿って 4 4 % と 5 0 % の位置に取付けられている、図 1 のパネル形状ラウドスピーカに関する周波数応答性の F E A シミュレーショングラフである。

【図 6 a】 本発明の別の態様による変換器の概略平面図である。

【図 6 b】 本発明の別の態様による変換器の概略平面図である。

【図 7】 図 6 a 及び 6 b の変換器に関する A R 及び T R に対するコスト関数のグラフである。

【図 8】 単一圧電ビーム変換器に関する周波数応答性である。

【図 9】 本発明の実施形態による二重ビーム変換器の側面図を示す。

【図 1 0】 図 8 及び図 9 の変換器の周波数応答性を示すグラフである。

【図 1 1 a】 二重ビーム変換器に関するコスト対 α （周波数比）のグラフである。

【図 1 1 b】 三重ビーム変換器に関するコスト対 α （周波数比）のグラフである。

【図 1 1 c】 三重ディスク変換器に関するコスト対 α （周波数比）のグラフである。

【図 1 1 d】 本発明の別の態様による三重ディスク変換器に関するコスト対半径率のグラフである。

【図 1 2 a】 本発明の別の態様によるマルチ素子変換器の側面図である。

【図 1 2 b】 図 1 2 a の変換器の平面図である。

【図 1 3】 2 つのプレートを有する変換器に関するコスト関数対アスペクト比のグラフである。

【図 1 4】 パネル上に取付けられている、厚さが異なる 3 つの変換器に関する周波数応答性（音圧（ d B ）対周波数（ H z ））である。

【図 1 5】 3 枚の別のパネル上に取付けられている、本発明による変換器に関する周波数応答性（音圧（ d B ）対周波数（ H z ））である。

【図 1 6】 変動負荷に対する応力、速度、及び出力のグラフである。

【図 1 7】 付加減衰質量体あり / なしのパネル上に取付けられている、本発明による変換器に関する周波数応答性である。

【図 1 8】 図 1 7 による変換器の側面図である。

【図 19】 本発明の別の態様による変換器の側面図である。

【図 20】 図 19 の変換器の平面図である。

【図 21 a】 本発明の別の態様による変換器の側面図である。

【図 21 b】 本発明の別の態様による変換器の平面図である。

【図 22】 本発明の別の態様による変換器の側面図である。

【図 23】 本発明の別の態様によるカプセル化された変換器の側面図である。

【図 24】 ピストン式ラウドスピーカのコーン上に取付けられている、本発明による変換器の側面図である。

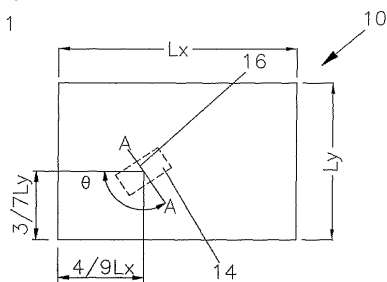
【図 25 a】 本発明の別の態様による変換器の側面図である。

【図 25 b】 本発明の別の態様による変換器の平面図である。

10

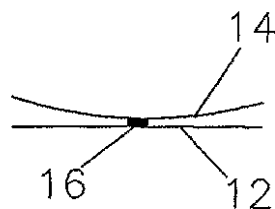
【図 1】

Fig 1



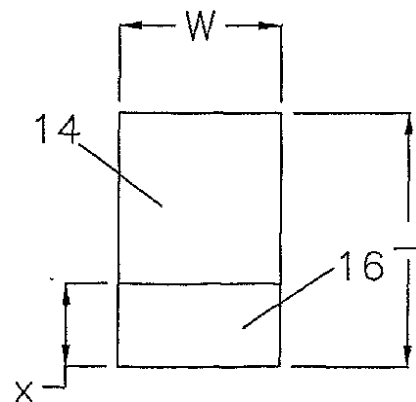
【図 1 a】

Fig 1a



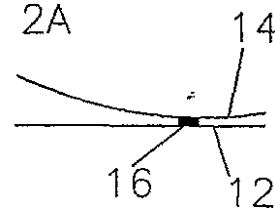
【図 2】

Fig 2

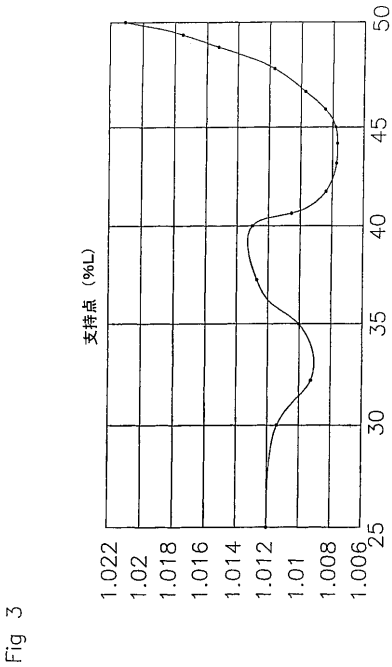


【図 2 a】

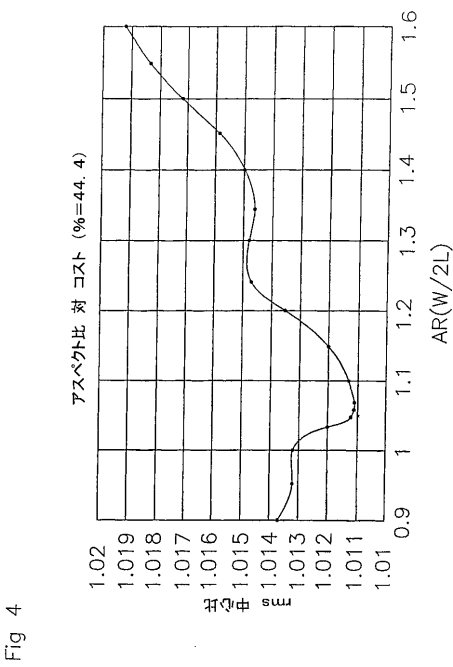
Fig 2A



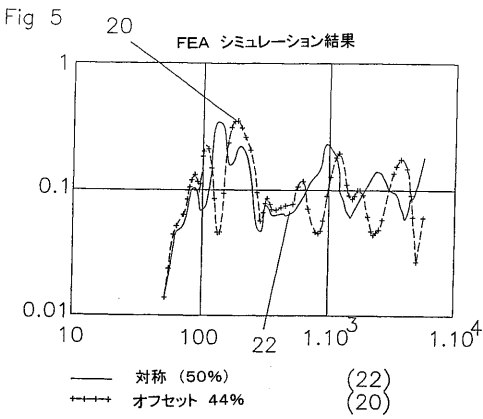
【図 3】



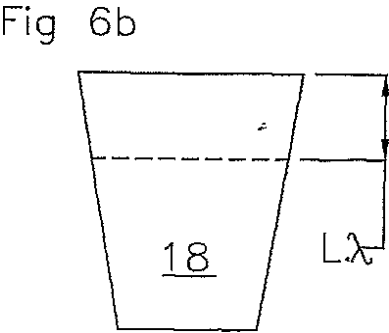
【図 4】



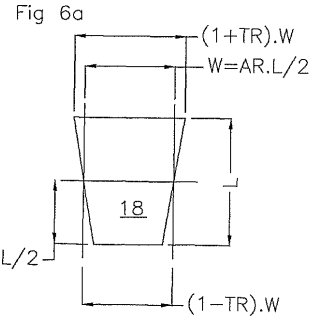
【図 5】



【図 6 b】

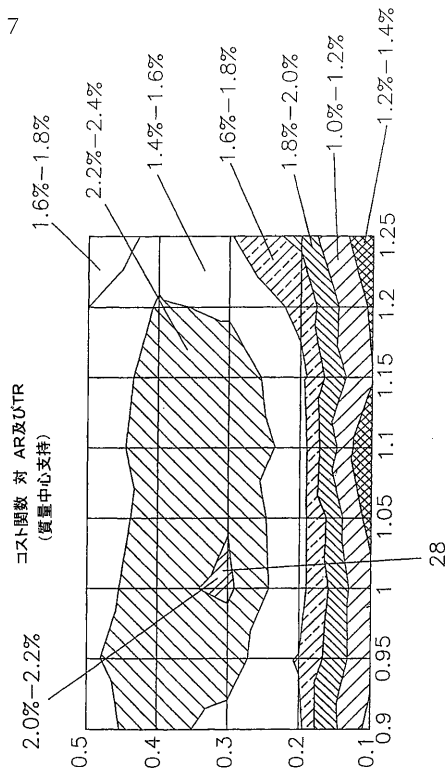


【図 6 a】



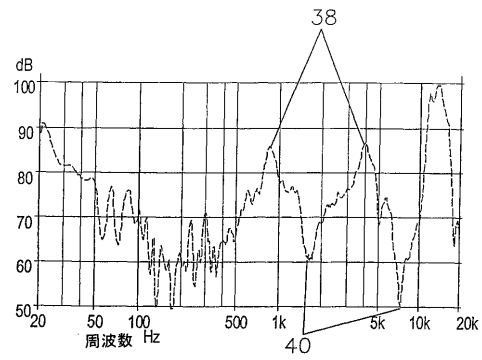
【図 7】

Fig 7



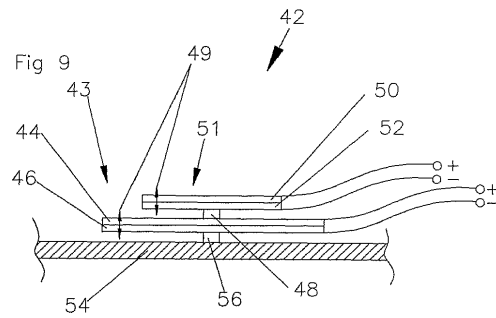
【図 8】

Fig 8



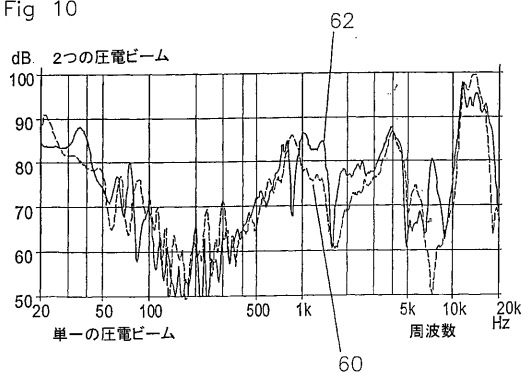
【図 9】

Fig 9



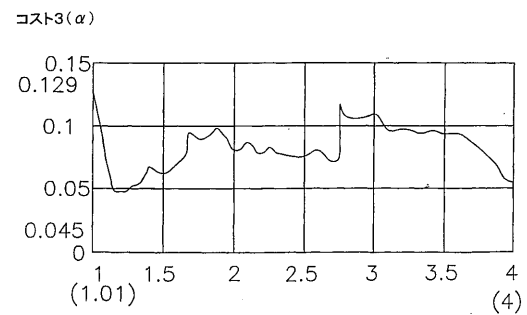
【図 10】

Fig 10



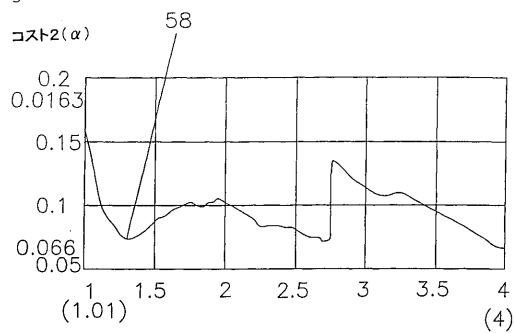
【図 11 b】

Fig 11b



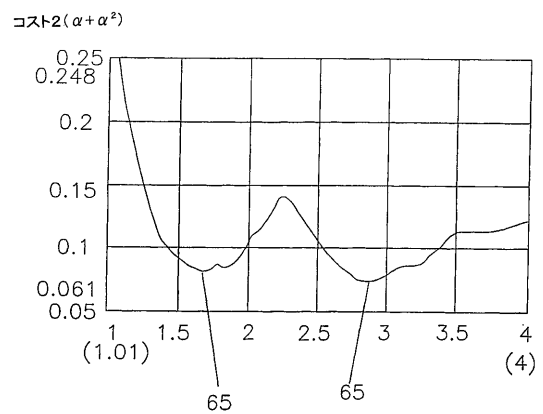
【図 11 a】

Fig 11A



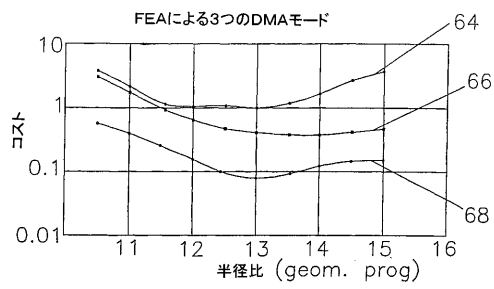
【図 11 c】

Fig 11C



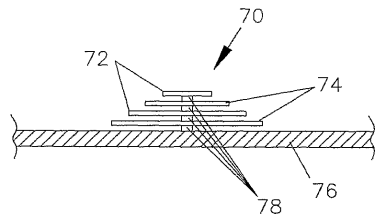
【図 11 d】

Fig 11d



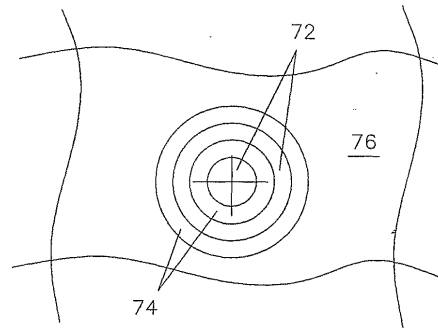
【図 12 a】

Fig 12a



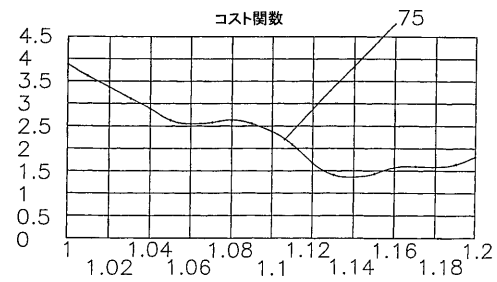
【図 12 b】

Fig 12b



【図 13】

Fig 13



【図 14】

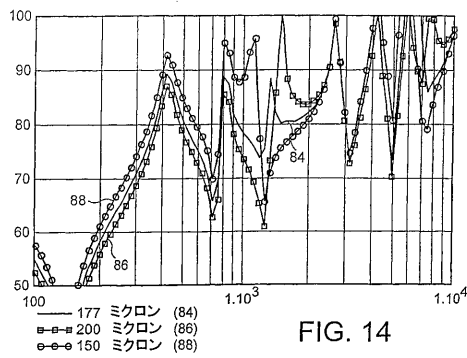


FIG. 14

【図 15】

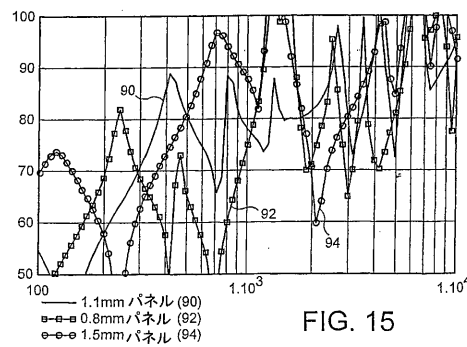
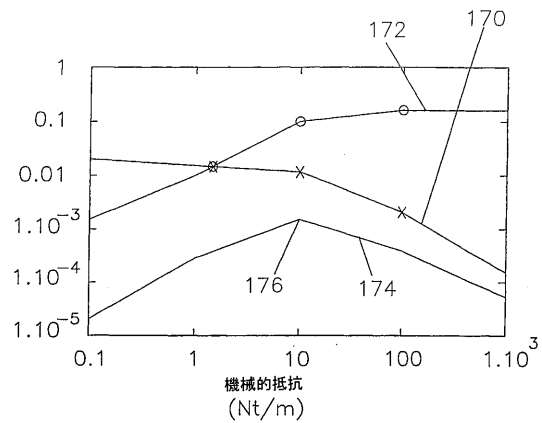


FIG. 15

【図 16】

Fig 16



【図 17】

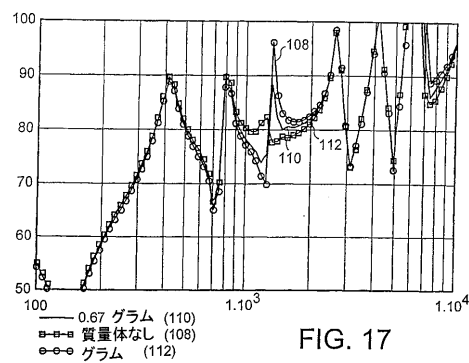
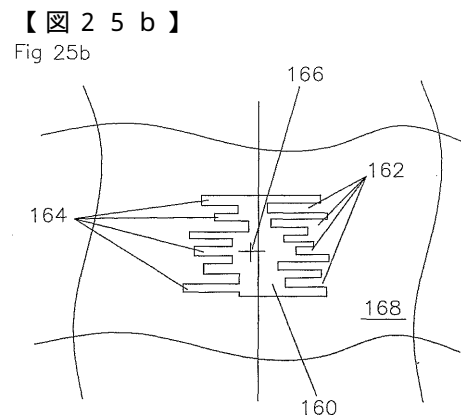
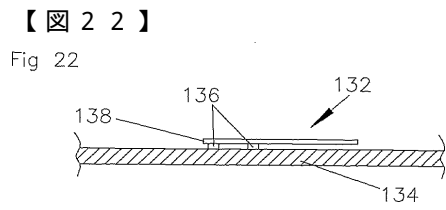
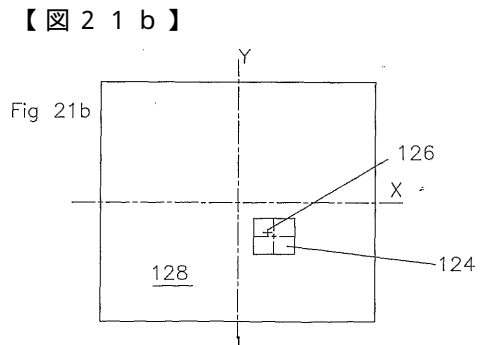
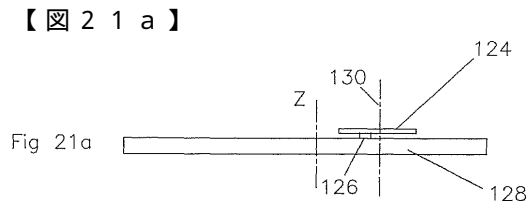
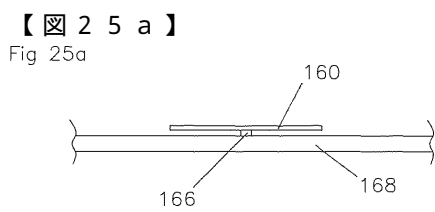
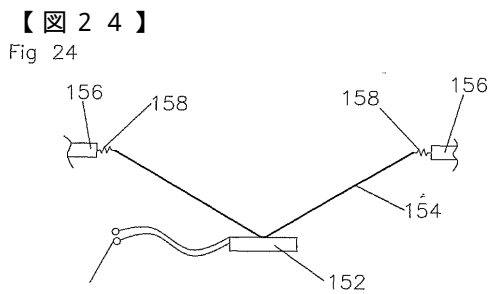
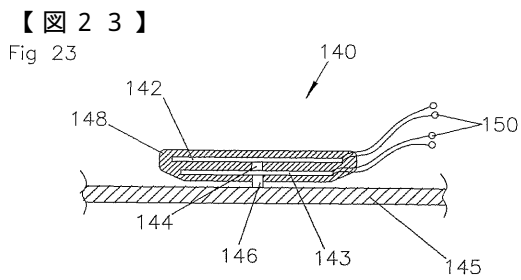
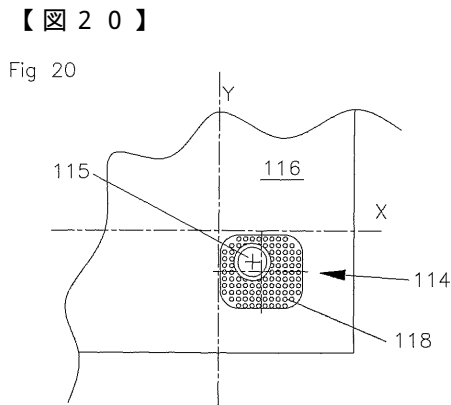
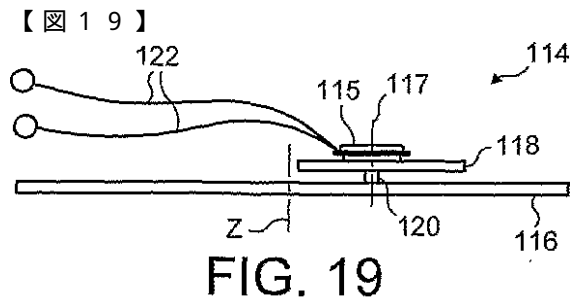
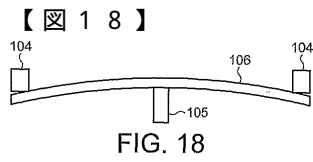


FIG. 17



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 R 1/22 3 2 0

(31)優先権主張番号 0011602.0

(32)優先日 平成12年5月15日(2000.5.15)

(33)優先権主張国 英国(GB)

(74)代理人 100096194

弁理士 竹内 英人

(74)代理人 100074228

弁理士 今城 俊夫

(74)代理人 100084009

弁理士 小川 信夫

(74)代理人 100082821

弁理士 村社 厚夫

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100084663

弁理士 箱田 篤

(72)発明者 ハリス ニール

イギリス ケンブリッジ シービー2 4エヌエル ウィットレスフォード ステーション ロード 2

(72)発明者 バンク グラハム

イギリス サフォーク アイピー12 4エルエス ウッドブリッジ マートルシャム フィンロード 8

(72)発明者 コロームス マーティン

イギリス ロンドン エヌダブリュー2 2ディーエイ パージェス ヒル 22

審査官 武田 裕司

(56)参考文献 特開昭63-263900(JP,A)

特開昭63-312800(JP,A)

特開平09-093696(JP,A)

特表平11-503272(JP,A)

特開昭60-214200(JP,A)

実開昭60-068799(JP,U)

特開昭63-042299(JP,A)

特表平11-512249(JP,A)

特開平09-215093(JP,A)

実開昭63-169796(JP,U)

国際公開第98/018291(WO,A1)

特開昭59-139799(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H04R 1/00

H04R 1/22

H04R 15/00

H04R 17/00

H04R 19/00