

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6293733号
(P6293733)

(45) 発行日 平成30年3月14日 (2018. 3. 14)

(24) 登録日 平成30年2月23日 (2018. 2. 23)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 R 17/00 (2006. 01)

H O 4 R 17/00

H O 1 L 41/053 (2006. 01)

H O 4 R 17/00 3 3 O A

H O 1 L 41/09 (2006. 01)

H O 4 R 17/00 3 3 O J

H O 1 L 41/053

H O 1 L 41/09

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2015-507593 (P2015-507593)
 (86) (22) 出願日 平成25年4月23日 (2013. 4. 23)
 (65) 公表番号 特表2015-520963 (P2015-520963A)
 (43) 公表日 平成27年7月23日 (2015. 7. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2013/051028
 (87) 国際公開番号 W02013/160669
 (87) 国際公開日 平成25年10月31日 (2013. 10. 31)
 審査請求日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)
 (31) 優先権主張番号 1207045. 4
 (32) 優先日 平成24年4月23日 (2012. 4. 23)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(73) 特許権者 514268442
 エヌブイエフ テック リミテッド
 イギリス国 ビーイー 19 8イービー
 ケンブリッジシャー セント ネオツ イ
 ートン ソコン フェニックス パーク
 テレク ハウス
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良されたインピーダンス整合を有する変換器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

動作周波数範囲に渡って機械インピーダンスを有し、前記動作周波数範囲に渡って負荷への所望のパワー結合を有する変換器であって、当該変換器は：

前記動作周波数範囲において複数のモードの周波数分散を有する、圧電デバイス；

前記圧電デバイスの少なくとも一部分を取り囲むように適用及び配置された層であり、該層は、前記圧電デバイスの主要な表面上の 30 以下のショア A 硬度の軟質ポリマーを有する、層；及び

ショア A 40 とショア D 100 の間の硬度の硬質ポリマー部分であり、該硬質ポリマー部分は、硬質エラストマーを有する、前記圧電デバイスを機械的基礎に取り付けるための手段を有するか、又は前記圧電デバイスを前記負荷に取り付けるための結合手段である、硬質ポリマー部分；

___を有し、

硬度を含む前記層のパラメータが、当該変換器の前記機械インピーダンスと前記負荷の機械インピーダンスとの間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されることにより、

当該変換器と前記負荷との間の所望のパワー結合がもたらされる、
 変換器。

【請求項 2】

前記層又は前記硬質ポリマー部分のポリマーはエラストマーを有する、請求項 1 記載の

変換器。

【請求項 3】

前記層は、横寸法及び前記横寸法に対して垂直であり、当該層の厚さを規定する寸法を有し、

前記層は、前記横寸法に対して垂直な方向において比較的高い剛性をもたらし、前記層は前記横寸法に対して平行な方向において比較的低い剛性をもたらし、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の変換器。

【請求項 4】

前記層は、前記圧電デバイスの面の全体又は実質的な部分に接合されている、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の変換器。

10

【請求項 5】

前記層は前記圧電デバイスを包む、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の変換器。

【請求項 6】

前記硬質ポリマー部分は、前記圧電デバイスを前記負荷に取り付けるための結合手段である、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の変換器。

【請求項 7】

前記硬質ポリマー部分は、硬質エラストマーを有する、前記圧電デバイスを機械的基礎に取り付けるための手段を有する、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の変換器。

【請求項 8】

当該変換器は、単純支持圧電アクチュエータである、請求項 1 に記載の変換器。

20

【請求項 9】

前記圧電デバイスを機械的基礎に取り付けるための手段は足部を有し、

前記足部は、向かい合う位置で前記圧電デバイスの外縁に取り付けられ、単純支持圧電アクチュエータを提供する、

請求項 7 に記載の変換器。

【請求項 10】

前記足部は 1 mm の厚さを有する、請求項 9 に記載の変換器。

【請求項 11】

当該変換器は、慣性圧電アクチュエータである、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の変換器。

30

【請求項 12】

前記硬質ポリマー部分は、前記圧電デバイスを前記負荷に取り付けるための結合手段である、請求項 11 に記載の変換器。

【請求項 13】

前記結合手段は、前記圧電デバイスの中心に取り付けられた足部を形成し、慣性圧電アクチュエータを提供する、請求項 11 又は請求項 12 に記載の変換器。

【請求項 14】

動作周波数範囲に渡って機械インピーダンスを有し、前記動作周波数範囲に渡って負荷への所望のパワー結合を有する変換器の製造方法であって、当該方法は：

前記動作周波数範囲において複数のモードの周波数分散を有する、圧電デバイスを提供するステップ；及び

40

前記圧電デバイスを少なくとも部分的に取り囲むように、前記デバイス上にインピーダンス整合手段を適用するステップであり、前記インピーダンス整合手段は、前記圧電デバイスの主要な表面上の 30 以下のショア A 硬度の軟質ポリマーの層、並びにショア A 40 とショア D 100 の間の硬度の硬質ポリマー部分であり、該硬質ポリマー部分は、硬質エラストマーを有する、前記圧電デバイスを機械的基礎に取り付けるための手段を有するか、又は前記圧電デバイスを前記負荷に取り付けるための結合手段である、硬質ポリマー部分、を有する、ステップ；

を含み、

硬度を含む前記インピーダンス整合手段のパラメータが、前記変換器の前記機械インピ

50

ーダンスと前記負荷の機械インピーダンスとの間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されることにより、

前記変換器と前記負荷との間の所望のパワー結合がもたらされる、
方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書の以下の記述は、アクチュエータとも呼ばれる、変換器の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

10

図1は、架空の単純支持（単純に支持された）分散モードアクチュエータ（圧電アクチュエータ）10の説明のための図を示す。分散モードアクチュエータ（圧電アクチュエータ）10は、変換器（トランスデューサ）とも呼ばれる。圧電共振素子11は、架空の単純支持マウント（取り付け具）12内に保持されている。マウント12は、素子11の如何なる方向への如何なる並進運動をも抑制し、一方でビーム（横材）の端において回転点の回りの回転運動を許容する。この構造が架空の単純支持を構成する。変換器は、機械的基礎13に取り付けられて示され、パワー又は力若しくは速度14を図示されていない負荷へと結合させる。

【0003】

図2は、変換器とも呼ばれる、慣性圧電アクチュエータ20の説明のための図を示す。圧電共振素子21は、結合器22上に取り付けられている。結合器22自体は、駆動されるべき負荷23に取り付けられている。結合器22は、パワー又は力若しくは速度24を負荷23へと結合させる。

20

【0004】

図3は、図1又は図2のいずれかに示されるような典型的な変換器の速度及び力の説明を、負荷インピーダンスの関数として示す。結果として得られるパワーも共に示されている。負荷インピーダンスは、ゼロから最大値（無限大である）まで変化するが、ここでは最大値は1として示されている。

【0005】

典型的な変換器の共振素子の速度が示されている。この速度は、負荷インピーダンスがゼロで最大値を有し、自由速度と称される。速度は、最大又は無限大の負荷インピーダンスで最小値を有する。

30

【0006】

変換器の共振素子によって負荷に提供される力も示されている。これは、負荷インピーダンスがゼロで最小値を有し、最大又は無限大の負荷インピーダンスで最大値まで増大する。

【0007】

変換器から負荷へ結合されるために利用可能なパワーが示されている。パワーは力×速度の積である。

【0008】

40

理想的には、所望の力、速度及びパワーが変換器から負荷インピーダンスへ変換器の動作の周波数範囲に渡って結合されるために要求される。その周波数は、50, 000 Hz から有効に 0 Hz まで広がり得る。この範囲は可聴周波数範囲を含むが、これに限定されない。変換器から負荷インピーダンスへ結合されることができるパワーは、変換器に関する性能指数（figure of merit）として考えられることができる。また、変換器を負荷へ結合させることに関係する問題は、パワーを考慮したときに容易に理解され得る。

【0009】

いくつかの変換器の用途において、最大の速度を負荷へ結合させることが望まれるのに対して、いくつかの変換器の用途において、最大の力を負荷へ結合させることが望まれる。これらの状況の一方又は両方において、最大の可能なパワーを、特定の変換器設計のた

50

めに利用可能な負荷へ結合させ、それにより特定の用途のために変換器に要求される寸法を最小化させることが望まれ得る。

【 0 0 1 0 】

所望のパワーを変換器から負荷へ有効に結合させるために、対象の周波数範囲に渡って変換器の機械インピーダンスが負荷のインピーダンスに整合させられるべきである。インピーダンスを整合させることは、周波数と共にパワー、力及び速度が比較的滑らかに変化することにも結果する。

【 0 0 1 1 】

図 4 において、負荷と変換器との間のインピーダンス整合の説明が示されている。結果として得られる、変換器から負荷へ結合されるパワーも共に示されている。一つの理想的な状況において、傾斜した実線で表わされるように負荷インピーダンス及び変換器インピーダンスが整合させられ、「1」として示される任意のパワー伝達レベルで水平な実線によって表されるように、利用可能なパワーの関数としての最大のパワー伝達の原因となる。これは、複数のインピーダンスが整合した一つの理想的な状況において、利用可能なパワーの最大の量が変換器から負荷へ伝達され得ることを意味する。しかしながら、負荷インピーダンス及び変換器インピーダンスが整合させられない場合、例えば、変換器インピーダンスが負荷インピーダンスよりも大きい場合又は小さい場合は、その結果パワー伝達は有意に、例えば 1 桁分低下し得る。これは、複数のインピーダンスが整合しないこの状況において、利用可能なパワーの最大の量よりも小さな量が変換器から負荷へ伝達され得ることを意味する。これは、図 4 に表わされており、傾斜した点線は、負荷と変換器との間でインピーダンスの不整合が存在し、水平な点線によって示されるように大きく減少したパワー伝達に結果することを示す。

【 0 0 1 2 】

変換器インピーダンス及び負荷インピーダンスはしばしば動作の周波数範囲に渡って整合させられず、パワー伝達、速度又は力の低下の原因となり、また周波数と共に滑らかに変化しない、パワー、力又は速度の変化の原因となる。

【 0 0 1 3 】

本発明は、これらの課題を解決するための試みにおいてなされた。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

一つの態様において、以下に変換器が提供される。変換器は、動作周波数範囲に渡って機械インピーダンスを有し、動作周波数範囲に渡って負荷への所望のパワー結合を有し、変換器は、

- 動作周波数範囲において複数のモードの周波数分散を有する、圧電デバイス、及び
- 外側被覆を有し、
- 外側被覆は前記圧電デバイスの少なくとも一部分を取り囲むように配置され、外側被覆のパラメータが、変換器の機械インピーダンスと負荷の機械インピーダンスとの間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されることにより、
- 変換器と負荷との間の所望のパワー結合がもたらされる。

【 0 0 1 5 】

他の態様において、変換器が提供される。変換器は、動作周波数範囲を有し、動作周波数範囲に渡って負荷への所望のパワー結合を有し、変換器は、

- 動作周波数範囲において複数のモードの周波数分散を有する、圧電デバイス、及び
- 圧電デバイスの外縁の少なくとも一部の個別の部分保持するための取り付け手段、を有し、
- 取り付け手段のパラメータが、圧電デバイスの外縁のために要求される境界条件をもたらすように選択されることにより、
- 変換器と負荷との間の所望のパワー結合がもたらされる。

【 0 0 1 6 】

10

20

30

40

50

他の態様において、変換器が提供される。変換器は、動作周波数範囲に渡って機械インピーダンスを有し、前記動作周波数範囲に渡って負荷への所望のパワー結合を有し、変換器は、

- 動作周波数範囲において複数のモードの周波数分散を有する、圧電デバイス、及び
- 圧電デバイスを少なくとも部分的に取り囲む、インピーダンス整合手段、を有し、
- インピーダンス整合手段のパラメータが、変換器の機械インピーダンスと負荷の機械インピーダンスとの間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されることにより、
- 変換器と負荷との間の所望のパワー結合がもたらされる。

【0017】

他の態様において、変換器の製造方法が提供される。変換器は、動作周波数範囲に渡って機械インピーダンスを有し、動作周波数範囲に渡って負荷への所望のパワー結合を有し、方法は、

- 動作周波数範囲において複数のモードの周波数分散を有する、圧電デバイスを提供するステップ、及び
- 圧電デバイスを少なくとも部分的に取り囲むように、デバイス上にインピーダンス整合手段を外側から被覆するステップ、を含み、
- インピーダンス整合手段のパラメータが、変換器の機械インピーダンスと負荷の機械インピーダンスとの間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されることにより、
- 変換器と負荷との間の所望のパワー結合がもたらされる。

【0018】

他の態様において、変換器が提供される。変換器は、

- パネルの形式の圧電デバイス、及び
- 支持部を有し、
- 支持部は、弾性要素及び機械的基礎を有し、弾性要素はデバイスの外縁の少なくとも一部分でデバイスを支持し、デバイスの少なくとも一部分は弾性要素を通して機械的基礎の溝の内へ延びる。

【0019】

上述の変換器及び方法の複数の実施形態は、ほんの一例として、添付の図面を参照してこれから記述される。圧電アクチュエータについて言及すれば、これは、例えばモーダルアクチュエータ、分散モードアクチュエータ(DMA s)並びにその他の種類のアクチュエータ及び変換器のような、アクチュエータ又は変換器(トランスデューサ)を含む。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、架空の単純支持圧電アクチュエータの模式図を示す。

【図2】図2は、架空の慣性圧電アクチュエータの模式図を示す。

【図3】図3は、図1又は図2のいずれかに示された典型的な変換器の速度及び力の説明を、負荷インピーダンスの関数として示す。結果として得られるパワーも共に示されている。

【図4】図4は、変換器インピーダンスによって特徴付けられる変換器と負荷インピーダンスによって特徴付けられる負荷との間のパワー伝達の説明を示し、負荷インピーダンス及び変換器インピーダンスの不整合の説明を示す。

【図5】図5は、自由速度(負荷インピーダンスを伴わない場合)及びブロック力(無限大の負荷インピーダンスを伴う場合)を、架空の単純支持圧電アクチュエータについて周波数の関数として示す。

【図6】図6は、自由速度(負荷インピーダンスを伴わない場合)及びブロック力(無限大の負荷インピーダンスを伴う場合)を、慣性圧電アクチュエータについて周波数の関数として示す。

【図7】図7は、いずれの場合も5 N s / mの負荷インピーダンスを駆動する場合の、変

10

20

30

40

50

更されていない単純支持圧電アクチュエータ及び変更されていない慣性圧電アクチュエータの両方についての周波数の関数として、速度を示す。

【図 8】図 8 は、インピーダンス整合手段によって変更された、一つの単純支持圧電アクチュエータの模式図を示す。

【図 9】図 9 は、インピーダンス整合手段によって変更された、一つの慣性圧電アクチュエータの模式図を示す。

【図 10】図 10 は、いずれの場合も 5 N s / m の負荷インピーダンスを駆動している、図 7 に示されるような単純支持圧電アクチュエータ及び最適化されていない変更された単純支持圧電アクチュエータの両方についての周波数の関数として、速度を示す。

【図 11】図 11 は、いずれの場合も 5 N s / m の負荷インピーダンスを駆動している、図 7 に示されるような慣性圧電アクチュエータ及び最適化されていない変更された慣性圧電アクチュエータの両方についての周波数の関数として、速度を示す。

【図 12】図 12 は、最適化され、変更された単純支持圧電アクチュエータの模式図を、軟質及び硬質エラストマー / ポリマーインピーダンス整合手段と共に示す。

【図 13】図 13 は、最適化され、変更された慣性圧電アクチュエータの模式図を、軟質及び硬質エラストマー / ポリマーインピーダンス整合手段と共に示す。

【図 14】図 14 は、いずれの場合も 5 N s / m の負荷インピーダンスを駆動している、図 7 に示されるような単純支持圧電アクチュエータ及び図 12 に示される最適化され、変更された単純支持圧電アクチュエータの両方についての周波数の関数として、速度を示す。

【図 15】図 15 は、いずれの場合も 5 N s / m の負荷インピーダンスを駆動している、図 7 に示されるような慣性圧電アクチュエータ及び図 13 に示される最適化され、変更された慣性圧電アクチュエータの両方についての周波数の関数として、速度を示す。

【図 16】図 16 は、図 12 に示される単純支持圧電アクチュエータのための端取り付け部の一つの実施例の模式図を示す。

【図 17】図 17 は、図 12 に示される単純支持圧電アクチュエータのための端取り付け部の一つの更なる実施例の模式図を示す。

【図 18】図 18 は、いずれの場合も 5 N s / m の負荷インピーダンスを駆動している、図 7 に示されるような単純支持圧電アクチュエータ及び図 16 及び図 17 に示される最適化され、変更された単純支持圧電アクチュエータについての周波数の関数として、速度を示す。

【図 19】図 19 は、いずれの場合も 5 N s / m の整合された負荷インピーダンスを駆動している、図 7 に示されるような単純支持圧電アクチュエータ及び慣性圧電アクチュエータ及び図 17 に示されるような最適化され、変更された単純支持圧電アクチュエータについての周波数の関数として、速度を示す。

【図 20】図 20 は、図 12 に示される単純支持圧電アクチュエータのための端取り付け部の一つの実例の模式図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下に、概して変換器（トランスデューサ）が開示される。変換器は、所望のパワーを負荷に結合させるために使用されることができる。

【0022】

単純支持変換器及び慣性変換器の両方が、変換器から負荷への所望のパワー結合を提供することに関連して記述される。所望の力及び / 又は速度の結合もまた、そのような変換器について考慮されるべき事項であり、以下に記述される変換器の複数の態様もまた、これらのパラメータに適用する。

【0023】

慣性変換器は、フレーム又はその他の支持部に接地されていない変換器であり、その取り付け台の外側の領域のような延長した領域に渡って自由に振動することができる。共振素子に関して、共振素子は、曲がること及びそのようにして振動中にそれ自体の質量を加

10

20

30

40

50

速及び減速させることに関係する慣性によって力を発生させることが自由にできる。慣性変換器は対称的であっても、又は非対称的であってもよい。対称的な変換器は、中央の結合器又は支持部上に対称的に支持された圧電素子によって形成されてもよい。また、非対称的な変換器は、例えば片持ち梁（カンチレバー）型配置で支持されてもよい。

【0024】

その上に、変換器の圧電素子の共振素子は、3つの区別可能な境界条件を有してもよい。すなわち、自由、締め付け（又は固定）及び単純支持（又はピン留め）である。単純支持の場合に関しては、如何なる軸における変位も阻止されるが、回転は可能にされる。したがって、単純支持は、共振プレート又はビームの境界条件を定義する音響工学の技術用語であるとして理解される。変換器のプレートは、支持部の回りを旋回する動きを許容するが、支持部に対する並進移動の動きを阻止するように支持される。単純支持はそのようにして、プレートがその縁部で締め付けられているか又はプレートがその縁部で自由な、その他の境界条件から区別される。

【0025】

圧電アクチュエータ又は変換器の性能を最適化するために、そのようなシステムについて何が基準となる（ベンチマーク）性能であるかを理解する価値がある。

【0026】

単純支持変換器又は単純支持ビームの変換器に関して基準となる性能が、図5に示されている。動作の周波数範囲は、100Hzから10,000Hzまで変化して示されている。自由速度（負荷インピーダンスがゼロの場合）が左の縦軸に周波数の関数として示されており、ブロック力（負荷インピーダンスが無限大の場合）が右の縦軸に周波数の関数として示されている。自由速度はおよそ500Hz及び4500Hzでピークを示し、ブロック力はおよそ3000Hzでピークを示す。モーダルな挙動及び分散モードの挙動が示されている。

【0027】

慣性変換器又は自由ビームの変換器に関して基準となる性能が、図6に示されている。動作の周波数範囲は、100Hzから10,000Hzまで変化して示されている。自由速度及びブロック力は、この場合も周波数の関数として示されている。モーダルな挙動及び分散モードの挙動が示されている。

【0028】

慣性変換器は低い周波数で周波数の大きな減少を有することが分かる。慣性変換器は、単純支持変換器との比較において、低い周波数で低下した自由速度及びブロック力を示すが、より高い周波数では増大した自由速度及びブロック力を示す。

【0029】

いくつかの状況において、低い周波数では単純支持モードで有効に動作し、高い周波数では慣性モードで有効に動作する変換器を有することが理想的である。本発明の一つの態様は、後述するようにこの機能性を備えて動作する。

【0030】

図5及び図6は、単純支持変換器及び慣性変換器についての基準となる性能を表す。しかしながら、動作中に変換器は、ゼロ又は無限大のインピーダンスではなく、有限の負荷インピーダンスを駆動するために使用される。

【0031】

有限のインピーダンスを駆動している変換器が、図7に示されている。変更又は調節されていない（unmodified）慣性変換器及び変更されていない単純支持変換器は、5Ns/mの負荷インピーダンスを駆動している。また、変換器の共振素子の速度は、周波数の関数として示されている。これは、単純支持変換器は低い周波数では慣性変換器についての出力を上回る高められた出力を有し、高い周波数で適用する場合はその反対であることを明確に示す。

【0032】

図7において、変更されていない慣性変換器及び変更されていない単純支持変換器の両

10

20

30

40

50

方のための圧電素子はバイモルフ共振素子である。これは、圧電共振素子が二層の圧電性材料から形成され、向かい合う両方向に曲がることを意味する。

【 0 0 3 3 】

図 8 は、本発明の一つの態様による、変更された (modified) 単純支持圧電アクチュエータ又は変換器 80 の説明を示す。変更されていない単純支持圧電アクチュエータ 60 は、インピーダンス整合手段 81 の使用を通じて変更されている。インピーダンス整合手段 81 の使用は、単純支持圧電アクチュエータ 60 への追加的な一つの構成要素又は複数の構成要素の適用であり得る。インピーダンス整合手段 81 の使用は、単純支持圧電アクチュエータ 60 の構成要素の一つの部品又は複数の部品の、その他の構成要素部品による代替であり得る。

10

【 0 0 3 4 】

図 9 は、本発明の一つの態様による、変更された慣性圧電アクチュエータ又は変換器 90 の説明を示す。変更されていない慣性圧電アクチュエータ 70 は、インピーダンス整合手段 91 の使用を通じて変更されている。インピーダンス整合手段 91 の使用は、慣性圧電アクチュエータ 70 への追加的な一つの構成要素又は複数の構成要素の適用であり得る。インピーダンス整合手段 91 の使用は、慣性圧電アクチュエータ 70 の構成要素の一つの部品又は複数の部品の、その他の構成要素部品による代替であり得る。

【 0 0 3 5 】

上で述べたように、負荷を駆動するための変換器の使用に関する課題が存在する。なぜなら、変換器及び負荷インピーダンスは対象の周波数範囲に渡って不整合を示すかも知れず、変換器に特有のパワー伝達、速度又は力の減少に導き得るからである。これは、対象の周波数範囲に渡る変換器のインピーダンスは対象の周波数範囲に渡る負荷のインピーダンスに対して異なるものであり得、異なる可能性があるからである。この状況は必然的に生じる。なぜなら、駆動されるべき負荷は規定のインピーダンス又は固定された範囲に渡るインピーダンスを有し得るからである。例えば、ヘッドフォンの実施形態において変換器が人の耳の耳介に結合された場合及び耳に音をつなぐために耳介内の音響振動を発生させるために使用されている場合である。その上に、変換器は、特定の特徴を示す必要があるかも知れない。この必要性は、変換器が特定のインピーダンス又は動作の周波数範囲を超えるインピーダンスの範囲を有することにつながる。これら二つの側面は、変換器と負荷との間にインピーダンス不整合が存在し、変換器から負荷へ結合されるパワー伝達、速度又は力の減少につながることを意味する。

20

30

【 0 0 3 6 】

したがって、本発明の一つの態様によれば、インピーダンス整合手段が提供される。インピーダンス整合は、変換器のインピーダンス及び負荷のインピーダンスが動作の周波数範囲に渡って等しく作られることを意味せず、又は動作の周波数範囲に渡る如何なる周波数に渡っても実際に等しいことを意味しない。インピーダンス整合は、動作の周波数範囲に渡ってインピーダンス不整合が少なくなることを通じて動作の周波数範囲に渡る変換器の動作が改善されるための、変換器のインピーダンスの変更を参照する。

【 0 0 3 7 】

インピーダンス整合手段は、変換器から負荷へのパワー、力又は速度の結合を改善するために、変換器のインピーダンスを変更するための手段である。

40

【 0 0 3 8 】

本発明の一つの態様によるインピーダンス整合手段の使用は、変更されていない変換器の機械インピーダンス及び負荷の機構を包含する機械インピーダンス空間内に別の自由度を割り当てることであると考えられてもよい。このようなインピーダンス整合手段の使用は、負荷を駆動するための変換器の設計者 / 技術者がより最適な又は負荷駆動システムに最適な変換器を設計することを可能にする。

【 0 0 3 9 】

本発明の一つの態様によるインピーダンス整合手段は、変換器の圧電デバイスの少なくとも一部分を取り囲むように配置された、例えば層の形の外側被覆を有する。

50

【 0 0 4 0 】

本発明の一つの態様によるインピーダンス整合手段は、圧電デバイスの少なくとも一部分を覆う軟質エラストマーを有する。軟質エラストマーは、最大で60のショアA硬度によって特徴付けられてもよい。

【 0 0 4 1 】

本発明の一つの態様によるインピーダンス整合手段は、圧電デバイスの少なくとも一部分を覆う硬質エラストマーを有する。硬質エラストマーは、最大で90のショアA硬度によって特徴付けられてもよい。

【 0 0 4 2 】

本発明の一つの態様によるインピーダンス整合手段は、圧電デバイスの少なくとも一部分を覆う硬質ポリマーを有する。硬質ポリマーは、最大で100のショアA硬度によって特徴付けられてもよい。しかしながら、典型的にはショアA硬度は90の最大値までに当てはまり、従って硬質ポリマーは、最大で150の等価なショアD硬度によって特徴付けられてもよいが、ショアD硬度は典型的には最大で100であってもよい。

【 0 0 4 3 】

出願人は研究を実施し、その研究は、インピーダンスを整合させる外側被覆の適用には注意が必要であることを確証した。なぜなら、変換器の動作が悪影響を受けるかも知れないからである。

【 0 0 4 4 】

これは図10及び図11に示されている。図10において、5Ns/mの負荷インピーダンスを駆動する場合の、変更されていない単純支持圧電アクチュエータの共振素子及び不正確に変更された単純支持圧電アクチュエータの共振素子の速度が、周波数の関数として示されている。図11において、5Ns/mの負荷インピーダンスを駆動する場合の、変更されていない慣性圧電アクチュエータの共振素子及び不正確に変更された慣性圧電アクチュエータの共振素子の速度が、の速度が、周波数の関数として示されている。

【 0 0 4 5 】

図10及び図11に示される変更されていない単純支持圧電アクチュエータ及び変更されていない慣性圧電アクチュエータは、図7に示されるような変更されていない変換器の速度特性を有する。不正確な変更は、外側被覆層が不正確に適用されたことを意味し、また単純支持圧電アクチュエータ及び慣性圧電アクチュエータに関して示された場合については、インピーダンス整合の目的のために外側被覆を最適化することなく、単にロバスト性をより高く、例えば振動に耐え又は落下させられる能力が高くなるようアクチュエータが作られた場合に適用され得る、外側被覆層を代表する。

【 0 0 4 6 】

図10において、単純支持圧電アクチュエータの動作が示されている。この圧電アクチュエータにおいては、最適化されていない軟質エラストマー層を有する外側被覆層は圧電デバイスの共振素子の周囲に適用されており、最適化されていない硬質エラストマーを有する外側被覆層は共振圧電性物質に適用されて単純な支持部を形成している。最適化されていない事例はナイーブな適用と称され、示されるように圧電アクチュエータの性能は大幅に影響を受けている。

【 0 0 4 7 】

図11において、慣性圧電アクチュエータの動作が示されている。この圧電アクチュエータにおいては、最適化されていない軟質エラストマー層を有する外側被覆層は圧電デバイスの共振素子の周囲に適用されており、最適化されていない硬質ポリマーを有する外側被覆層は共振圧電性物質の周囲に適用されて、圧電素子と負荷との間の結合器を形成している。最適化されていない事例はこの場合も同様にナイーブな適用と称され、示されるように圧電アクチュエータの性能は大幅に影響を受けている。

【 0 0 4 8 】

本発明の一つの態様によれば、出願人による研究は、圧電デバイスの少なくとも一部分を取り囲むように配置された外側被覆層のパラメータは、変換器と負荷との間の要求され

10

20

30

40

50

たインピーダンス整合もたらし、変換器と負荷との間又は変換器から負荷への、所望のパワー、速度及び/又は力の結合を提供するように選択される必要があることを確証している。

【0049】

選択されるべき外側被覆のパラメータは、軟質エラストマー若しくは硬質エラストマー、ゴム材料、ポリマー材料又は如何なるその他の適切な材料であり得る、材料；硬度、剛性、ヤング率若しくはせん断弾性係数（剛性率）又はその他の外側被覆層を形成する材料の材料特性；特に外側被覆が層の形の場合に、圧電性物質の層の方々の異なる位置において様々に変化し得る、外側被覆の厚さ；及び外側被覆層の形を含む。外側被覆層の形は、圧電デバイス又は圧電デバイスの一部分を取り囲む軟質エラストマー；圧電デバイス又は圧電デバイスの一部分を取り囲み、単純支持手段若しくは慣性支持手段又は圧電デバイスと負荷との間の結合手段を提供し得る、硬質エラストマー；圧電デバイス又は圧電デバイスの一部分を取り囲み、単純支持手段若しくは慣性支持手段又は圧電デバイスと負荷との間の結合手段を提供し得る、軟質ポリマー又は硬質ポリマーを参照する。前述のものは、所望のインピーダンス整合を達成するために選択され得るパラメータの包括的なリストではない。

【0050】

前の記述及び後の記述において、インピーダンス整合手段は“外側被覆”と称される。なぜなら、インピーダンス整合手段にとって、型成形（moulding）、例えば射出成形によって形成されることが特に都合が良いからである。しかしながら、適切な設計パラメータを選ぶための一般的な原理は型成形されたインピーダンス整合手段に限定されず、本開示は型成形されたインピーダンス整合手段に限定されるものとして解釈されるべきではない。

【0051】

インピーダンス整合を提供するために、例えば外側被覆層のような外側被覆を使用して変換器から負荷への所望のパワー、力及び/又は速度の結合を提供することは、一つの最適化された設計につながり得る。その最適化された設計は、外側被覆インピーダンス整合手段がなければ、異なる圧電共振器、異なる取り付け構成又は変換器におけるその他の異なる物理的な特徴を有する。外側被覆インピーダンス整合手段は、インピーダンス整合をもたらすことに加えて、圧電素子又は共振器に支持又は復元力を提供することができる。これは、外側被覆を備えた最適化された変換器設計は、外側被覆が取り去られて圧電共振器設計が変わらない場合には動作し得ないことを意味する。外側被覆の使用は、不安定であるか又は別の面で外側被覆が取り去られた場合に動作できないか若しくは機能停止しやすい、圧電共振器の最適化された設計の使用を可能にしてもよい。

【0052】

図12において、本発明の一つの態様による、外側被覆インピーダンス整合手段を有する最適化された単純支持圧電アクチュエータ140の一つの実施例が断面図で示されている。ビーム（横材）の形の概して長方形の圧電性バイモルフ141に、その主要な両面のそれぞれの上に、軟質エラストマーの層143の形のインピーダンス整合手段が提供されている。一つの実施例において、エラストマーは、A30のショア硬度を有してもよい。軟質エラストマー143に関する一つの適切な厚さは、0.5mmである。圧電性バイモルフ141には、弾性支持部142の形の追加的なインピーダンス整合手段が提供されている。各支持部は、例えばショア硬度A70の硬質エラストマーを有してもよい。二つの支持部が設けられ、圧電性バイモルフ又は共振素子141の両側に配置されて、圧電アクチュエータのための単純な支持部又は足部を形成する。図示された実施例において、複数のエラストマーの層143がバイモルフの全面に渡って複数の支持部142まで延びていることが留意されるであろう。単純支持圧電アクチュエータ140は、1mmの厚さを有し得る、硬質エラストマー支持部又は足部142を通じて機械的基礎13に取り付けられる。圧電素子141の端又は外縁は、硬質エラストマー足部142の中で末端となる。足部142は、圧電素子141の外縁の一部分をしっかりとつかむように構成されてもよい

。足部は、素子 1 4 1 の全幅に沿って延びてもよい。パワー 1 4 4 は、軟質エラストマー層を通じて負荷に結合される。負荷は図示されていないが、例えば耳の耳介又は拡声器のパネルであり得る。軟質エラストマーの層 1 4 3 及び硬質エラストマー足部 1 4 2 は、共に外側被覆インピーダンス整合手段を形成する。

【 0 0 5 3 】

図 1 3 において、本発明の一つの態様による、代替的な外側被覆インピーダンス整合手段を有する最適化された慣性圧電アクチュエータ 1 5 0 の一つの実施例が示されている。ビーム（横材）の形の、概して平面的な圧電性バイモルフ 1 5 1 は、バイモルフ 1 5 1 を完全に包み込む軟質エラストマーの層 1 5 3 の形の外側被覆インピーダンス整合手段によって取り囲まれている。そのエラストマーのための一つの適切なショア硬度は、A 2 0 である。軟質エラストマー 1 5 3 の適切な厚さは、0 . 5 mm である。圧電性バイモルフ 1 5 1 にはまた、圧電性バイモルフ又は共振素子 1 5 1 の中心にインピーダンス整合手段が提供されており、変換器から圧電アクチュエータについての負荷 2 3 への結合器 1 5 2 を形成している。結合器 1 5 2 は、硬質ポリマー結合器 1 5 2 の形であってもよく、その硬質ポリマーの適切なショア硬度は A 又は D 1 0 0 である。結合器 1 5 2 は、バイモルフ 1 5 1 の中心部分を取り囲むように形作られてもよい。慣性圧電アクチュエータ 1 5 0 は、駆動されるべき負荷 2 3 に結合器 1 5 2 を通じて取り付けられる。層 1 5 3 の軟質エラストマーは、圧電性バイモルフ 1 5 1 と負荷 2 3 との間に延びる複数の足部 1 5 5 の形に形成される。図示された実施例において、バイモルフの各端に一つ、例えば、圧電性バイモルフ 1 5 1 の端からの経路の 3 分の 1 の場所に配置された、二つの足部が設けられている。複数の足部 1 5 5 は、' キャッチャー ' の機能を果たし、軟質エラストマー層 1 5 3 と共に圧電共振器を支持するように働く。複数の足部 1 5 5 は、その設計による柔軟性を示して、圧電素子 1 5 1 が抑制されること又は不必要に抑制されることなく振動することを可能にする、（幾何学的）形状を有するように設計される。これは、その最適化された設計が、上述したように動作することを可能にする。圧電素子の端から 3 分の 1 の位置は、システムの角運動量の分析によって当業者によって明確に理解されるであろうように、足部 1 5 5 に関して最適な位置である。パワー 1 5 4 は、硬質ポリマー結合器 1 5 2 を通じて、負荷 2 3 に結合される。負荷は、例えば拡声器のパネルであり得る。

【 0 0 5 4 】

図 1 2 及び図 1 3 の実施例において、圧電素子は概して長方形であるが、それらは上記の形状に限定されない。

【 0 0 5 5 】

図 1 4 において、図 7 に示されるような変更されていない圧電アクチュエータ速度特性と並んで、外側被覆を備え、最適化された図 1 2 の単純支持圧電アクチュエータの速度が、周波数の関数として示されている。最適化された圧電アクチュエータの性能は、図 1 0 に示されるような最適化されていない圧電アクチュエータよりも有意に優れており、変更されていない圧電アクチュエータの性能に向かって近づいている。速度特性が示され、変更されていない圧電アクチュエータについての速度特性に向かって近づいており、いくつかの周波数では変更されていない速度特性よりも改善されている。しかしながら、上述したように、インピーダンス整合手段のパラメータは、変換器と負荷との間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されており、その結果変換器から負荷へのパワーの結合はこれから所望の又は要求されたものに向かって近づいていくであろう。

【 0 0 5 6 】

図 1 5 において、図 7 に示されるような変更されていない圧電アクチュエータ速度特性と並んで、外側被覆を備え、最適化された図 1 3 の慣性圧電アクチュエータの速度が周波数の関数として示されている。最適化された圧電アクチュエータの性能は、図 1 1 に示されるような最適化されていない圧電アクチュエータよりも有意に優れており、変更されていない圧電アクチュエータの性能に向かって近づき、実際に、ある複数の周波数において変更されていない圧電アクチュエータの性能よりも改善されている。速度特性が示され、変更されていない圧電アクチュエータについての速度特性に向かって近づいており、実際

に、ある複数の周波数において変更されていないアクチュエータについての速度特性よりも改善されている。しかしながら、上述したように、インピーダンス整合手段のパラメータは、変換器と負荷との間の要求されるインピーダンス整合をもたらすように選択されており、その結果変換器から負荷へのパワーの結合は所望の又は要求されたものに向かって近づいていくであろう。

【0057】

図16において、本発明の一つの態様による、単純支持圧電アクチュエータ180のための端取り付け部の一つの実施例の模式図が示されている。図16は、図12に示されるような単純支持圧電アクチュエータの一方の端を示している。単純支持圧電アクチュエータは、硬質エラストマー足部142を有する。硬質エラストマー足部142の中に、圧電共振素子141の端又は外縁が埋め込まれている。足部142のための一つの適切なショア硬度は、70である。素子141についての並進剛性 k 及び回転剛性 k_r が示されている。上述され図1に示されたような単純支持圧電アクチュエータにおいて、並進運動が抑制されるべき圧電素子141、すなわち図16に示されるような圧電素子141の圧電素子141の端に関する理想的な状況は、図示されるような足部の延長の方向における動きが抑制されることが望ましい。しかしながら、圧電性ビームは、ビーム又は素子141の端又は外縁に位置付けられた点の回りを自由に回転することができることが望ましい。

【0058】

これは、並進剛性 k は非常に高くあるべきであり、回転剛性 k_r は非常に低くあるべきであることを意味する。 k の値が非常に高い水準から低下するにつれて、圧電性ビーム141の両端は並進移動することができるようになり、それは、取り付け部が理想的な単純な支持部から離れる方に向かうことを意味する。 k_r の値が非常に低い水準から上昇するにつれて、圧電アクチュエータからの力の出力は複数の足部142によって実効上又は効果上(effectively)短絡され、力の出力は複数の足部を通じて結合させられる。これは、図16に示され、図12に示される単純支持の実施例に関して、力は、複数の足部142を通じて機械的基礎13に結合されることを意味する。現実の材料については、 k は無限大ではなく、 k_r はゼロではなく、その事実、図16に示されるような最適化された単純に支持された末端の実施例は、理想的な単純支持マウントではないことを意味する。これは、圧電素子141の端は並進移動することができ、理想的な単純支持構成のように自由に回転することはできないことを意味する。そして、その結果は、圧電素子141が回転する中心位置は素子の端から内側に動かされることである。ここで、回転位置は図16において位置183として示されている。加えて、“足部”の無限大の長さ、すなわち硬質エラストマー足部142内の圧電共振素子141の端部分又は外縁の無限大の長さは、実効上又は効果上の回転中心点をビームの端から足部の中間点に移す。これは、インピーダンス整合を改善するために変えられ得るパラメータである。

【0059】

典型的には、単純な材料では k と k_r とは密接に関連しており、従って理想的な単純支持取り付け構成を達成することは可能ではない。単純支持マウント12が理想的な単純支持を与えるために設けられた理想的な単純支持の場合について図1に示された端取り付け部構成、又は図12及び図16に示されるような最適化された支持の場合の一つの実施例を提供する端取り付け手段は、圧電デバイスの外縁又は端のための境界条件を形成すると考えられることができる。取り付け手段のパラメータは、それから圧電デバイスの(複数の)外縁又は(複数の)端のための要求される境界条件を提供し、それにより、変換器と負荷との間の所望のパワー、力又は速度の結合が提供されるように選択されることができる。

【0060】

選択されるべき取り付け手段のパラメータは、軟質エラストマー若しくは硬質エラストマー、ゴム材料、ポリマー材料又は如何なるその他の適切な材料であり得る、材料；硬度、剛性、ヤング率若しくはせん断弾性係数(若しくは剛性率)又はその他の取り付け手段を形成する材料の材料特性；取り付け手段の厚さ及び(幾何学的)形状並びに取り付け手

10

20

30

40

50

段を形成する材料を人工的に抑制して実効上又は効果上その材料特性を変えるためのあらゆる手段、を含む。前述のものは、所望のインピーダンス整合を達成するために選択され得るパラメータの包括的なリストではない。

【 0 0 6 1 】

しかしながら、無限大でない並進剛性及びゼロでない回転剛性による現実の材料の負の副次的影響を改善するために、工学と材料科学とを組み合わせることが可能である。例えば、ゴムは、低いせん断剛性の一方で高い弾性率（それらはほとんど圧縮不可能である）を持つことによって特徴付けられる。典型的な値は以下に表にされている。それぞれの場合において、ポアソン比は2分の1と同程度であり、ヤング率は剛性率の3倍に近く、体積弾性率は典型的に剛性率の1000倍を超える。

【 0 0 6 2 】

【表 1】

材料 'ショアA硬度'	剛性率(G) / MPa	体積弾性率 (K) / GPa	ヤング率 (E) / MPa
20	0.25	0.98	0.75
30	0.30	1.0	0.90
40	0.47	1.0	1.41
50	0.67	1.05	2.01
60	1.25	1.15	3.75
70	2.05	1.25	6.15

したがって、本発明の一つの更なる態様が図17に示されている。図17は、単純支持の境界条件を形成する、単純支持圧電アクチュエータの末端の実施例を示す。図17において、圧電素子141は、硬質エラストマー足部192の中に部分的に延びるように埋め込まれている。硬質エラストマー足部192には、拘束手段又は締め付け手段191が設けられている。拘束手段191は、足部192の外周面の周りに機械的拘束を形成し、足部192がその体積を変化させることを抑制する。拘束手段は非適合性の層又はアップリケであり、実質的に足部192の自由表面の全体を取り囲む。非適合性の拘束手段191は、硬質ポリマー又はその他の適当な材料で形成される。好ましくは、拘束手段又はケーシングの弾性は、足部192又はその他のマウントの弾性よりも低い。

【 0 0 6 3 】

側面の及び/又は上面の硬質エラストマー足部192（ゴムで作られてもよい）を“箱に入れること（boxing-in）”又は拘束することにより、材料はその体積を変化させることを抑制されている。すなわち、図面に示される高いKの値は、kの高い値を作り出す。圧電性ビーム141の端の体積変化のない揺動は、低い剛性率の値を働かせ（activates）、回転剛性 k_r の低い値を作り出す。これは、硬質エラストマー足部192を箱に入れることにより、足部のショア硬度が、拘束されていない足部のショア硬度から低減されることを意味する。図17において、硬質エラストマー足部は、拘束されていない足部に関する70のショアA硬度とは対照的に、今や40のショアA硬度を有する。この硬度は、圧電素子141の端が回りを回転する位置を位置183から位置193へ動かしており、その事実は、回転位置が圧電素子の端に向かって動かされたことを意味する。単純支持の境界条件は、より理想的な単純に支持された配置に似たものとなっている。

【 0 0 6 4 】

図17に示されるように硬質エラストマー足部を拘束することの結果は、図18に示さ

れている。図 18 には、最適化され、変更され、拘束されていない硬質エラストマー足部を備えた単純支持圧電アクチュエータに関する周波数の関数としての速度、最適化され、拘束された硬質エラストマー足部を備えた単純支持圧電アクチュエータに関する周波数の関数としての速度、及び変更されていない単純支持圧電アクチュエータに関する周波数の関数としての速度が示されている。本実施例において、硬質エラストマー足部の材料をショア硬度 A 70 から 40 に変化させ、側面を箱に入れることにより、感度レベルに 0.1 dB から 0.9 dB の間の改善が得られる。改善はこれよりも大きくても、小さくてもよい。マウント又は足部を箱に入れること又は拘束することは、側面のみでもよいが、好ましくは図示されるように上面も覆う。

【0065】

本発明の一つの更なる態様によれば、取り付け手段のパラメータは、単純支持変換器の動作が、低い周波数では単純支持モードで動作し、高い周波数では慣性モードで実効上動作することを可能にする、要求される境界条件をもたらしように選択される。これは、図 19 に示されている。図 19 は、最適化され、変更され、拘束された硬質エラストマー足部を備えた単純支持圧電アクチュエータに関する周波数の関数としての速度、変更されていない単純支持圧電アクチュエータに関する周波数の関数としての速度、及び変更されていない慣性圧電アクチュエータに関する周波数の関数としての速度を示す。速度プロフィールにおいて示されるように、最適化され、変更され、拘束された足部を備えた単純支持圧電アクチュエータは、低い周波数では単純支持モードにあるように動作し、また本実施例において示されるように、それは 2 - 3000 Hz 以上の周波数において慣性モードで動作し始める。これは、高い周波数での慣性圧電アクチュエータのモダルな挙動に類似したモダルな挙動を示す拘束された足部を備えた圧電アクチュエータによって示される。最適化され、拘束された足部を備えた単純支持圧電アクチュエータと、変更されていない慣性圧電アクチュエータの両方は、~ 6000 Hz でモードを有する。

【0066】

これは、本発明の一つの更なる態様によれば、剛性 k の慎重な選択によって、追加的な共振を調整して特定の周波数領域の周りで性能を引き上げ得ることを意味する。この調節の一つの興味深い副次的効果は、この新たな共振以上の周波数では、ビームの両端は実効上自由であり、そのため動作はより高い周波数での慣性圧電アクチュエータの動作に似たものとなるであろうことである。

【0067】

図 16 に示されるような硬質エラストマー足部 142 は、70 のショア A 硬度を有してもよいが、これは最大で 90 であってもよい。ゴムに関する一つの実施例において、上記の表に示されるように、硬質エラストマーについての剛性率は 2.05 MPa であってもよい。

【0068】

上で述べたように、硬質エラストマー足部内への圧電素子の取り付け又は埋め込みは、単純に支持された素子の実効上又は効果上の回転軸の、素子の端又は外縁から内側への動きにつながる。回転点の内側への移動によって実効上ビームが短くなることの副次的効果に対処するために、圧電性バイモルフは、共振素子から外側に延ばされた金属製の中央ベーンを包含してもよい。また、硬質エラストマー足部はベーンの周りに型成形されてもよい。ただし、圧電素子の端の回転は抑制されないことを確かにするように注意が払われなければならない。これは、取り付け手段の性質 / パラメータは、要求される境界条件をもたらしように選択されるか、又は変換器から負荷への要求される若しくは所望のパワーの結合をもたらしように選択されてもよいことを意味する。中央ベーンは、いくつかの実施例においては金属以外の材料で形成されてもよい。

【0069】

これは図 20 に示されている。図 20 は、延長されたベーンを有し、中央ベーンの周りの硬質エラストマーを有し、そして圧電素子を覆う軟質エラストマー外側被覆を有する単純支持圧電アクチュエータの末端を示す。図 20 において、単純支持圧電アクチュエータ

の一方の端の末端 2 1 0 が示されている。圧電性バイモルフ 2 1 1 は圧電性材料から外側に延びる中央ベーン 2 1 4 を有し、圧電性材料はベーンの両側に接合又は付着されている。ベーン 2 1 4 は、硬質エラストマー足部 2 1 2 の全体を通り抜けて延びている。硬質エラストマー足部 2 1 2 は適当なショア A 硬度を有し、ショア A 硬度は最大で 90 であってもよい。硬質エラストマー足部は、支持マウント 2 1 5 に取り付けられる。支持マウント 2 1 5 は、機械的基礎に取り付けられてもよい。支持マウント 2 1 5 は硬質エラストマー足部に取り付けられた部分内に自由空間 2 1 6 又は溝を有し、にベーン 2 1 4 は溝の中に延びる。空間 2 1 6 は、硬質エラストマー足部の特性を変更することができ、上述したように取り付け手段に対して要求されるパラメータを選択するときを考慮されることが必要なパラメータのうちの一つを形成する。圧電素子はまた、軟質エラストマー外側被覆 2 1 3 と共に示されている。

10

【0070】

変換器の他の実施例において、動作の周波数範囲は、100 Hz 以下に、0 Hz に向かって近づくように拡張してもよく、10,000 Hz 以上に、20,000 Hz、30,000 Hz、50,000 Hz 及びそれ以上まで拡張してもよい。

【0071】

他の実施例において、圧電共振素子は、中央ベーンを備えた、ユニモルフ又はバイモルフであってもよい。

【0072】

他の実施例において、変換器は、拡声器の一部分を形成するパネルに結合させられてもよい。

20

【0073】

本明細書において記述された実施例及び他の実施例において、音響振動は、ピストンモード振動、屈曲波振動、共鳴屈曲波振動及び当該技術分野において知られるその他の音又は音響振動のような振動を含む。

【0074】

他の実施例において、インピーダンス整合手段は、動作の周波数範囲に渡っていくつかの周波数で性能の低下につながってもよい。

【0075】

変換器のインピーダンスを変更するためにインピーダンス整合手段が変換器に適用されるが、変換器 / 負荷システムは全体としてそのインピーダンスを変更され则认为られ、従って、本発明はこのシステム全体のインピーダンスの変更を包含する则认为られることは、明らかである。

30

【0076】

他の実施例において、外側被覆層は、実質的に圧電デバイスの全体を覆う。

【0077】

他の実施例において、外側被覆層は、圧電デバイスの全体を覆う。

【0078】

他の実施例において、外側被覆層は、圧電デバイスの共振素子又は複数の素子の上面及び / 又は下面の全体を実質的に覆う。

40

【0079】

他の実施例において、外側被覆層は、圧電デバイスの共振素子の上面及び下面の全体を覆う。

【0080】

他の実施例において、外側被覆層は、変換器から負荷への要求される又は所望のパワー結合又は力結合若しくは速度結合をもたらすために、変換器の機械インピーダンスと負荷の機械インピーダンスとの間の要求されるインピーダンス整合を提供することの利点を越え、それ以上の追加的な利点を有する。

【0081】

図 12 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例に

50

において、軟質エラストマーの層 1 4 3 は、インピーダンス整合手段を提供する外側被覆層を単独で形成する。

【 0 0 8 2 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、硬質エラストマー足部 1 4 2 は、インピーダンス整合手段を提供する外側被覆層を単独で形成する。

【 0 0 8 3 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、硬質エラストマー足部 1 4 2 は、異なるショア A 硬度を有する。

【 0 0 8 4 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、機械的基礎の反対側の圧電素子 1 4 1 の面上に、スタブ又は結合器が圧電共振素子 1 4 1 に取り付けられてもよい。このスタブ又は結合器は、例えば拡声器のパネルのような、駆動されるべき負荷に結合するために使用されてもよい。または、スタブ又は結合器は、積層圧電変換器において、圧電素子 1 4 1 に対して実質的に平行に配置された第二の圧電素子に結合するために使用されてもよい。このようにして、圧電アクチュエータ変換器を作り上げる一つよりも多くの追加的な共振素子が存在し、この圧電デバイスの全体又はいくらかを取り囲むように配置された外側被覆層を備えることができる。図 1 2 における例としての変換器は層 1 4 3 を通じて負荷に結合させられているため、スタブ又は結合器は図 1 2 において図示されていない。

【 0 0 8 5 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、硬質エラストマー足部 1 4 2 は、機械的基礎ではなく、駆動されるべき負荷に結合させられることができる。

【 0 0 8 6 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、速度又は力が負荷に結合させられることができ、又は速度及び力が負荷に結合させられることができ、又はパワー、速度及び力が負荷に結合させられることができる。

【 0 0 8 7 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー 1 4 3 の厚さは、0.5 mm よりも小さいか又は大きく。他の実施例において、軟質エラストマー 1 4 3 は 30 よりも小さいか又は大きなショア A 硬度を有する。

【 0 0 8 8 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー 1 4 3 の厚さは、圧電性バイモルフ 1 4 1 に渡って変動してもよい。厚さは共振器 1 4 1 の中心では端よりも小さくてもよく、又は厚さは中心では端よりも大きくてもよい。

【 0 0 8 9 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー 1 4 3 は、圧電性バイモルフ 1 4 1 の一方側にのみ適用される。

【 0 0 9 0 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、硬質エラストマー足部 1 4 2 は、70 よりも小さいか又は大きなショア A 硬度を有し、1 mm よりも小さいか又は大きな厚さを有してもよい。

【 0 0 9 1 】

図 1 2 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、圧電素子 1 4 1 は、硬質エラストマー足部 1 4 2 を通り抜ける経路の 4 分の 1 まで延び、又は硬質エラストマー足部 1 4 2 を通り抜ける経路の 2 分の 1 又は通り抜ける経

10

20

30

40

50

路の4分の3まで延びてもよい。その他の終点位置が可能である。

【0092】

図12に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、圧電素子141は硬質エラストマー足部142の全体を通り抜けて延びており、圧電素子の端は硬質エラストマー足部142の外側の範囲と同じ場所にあってもよい。圧電性バイモルフ141は硬質エラストマー足部の全体を通り抜けて延びてもよく、硬質エラストマー足部142の他の面の外側に1mm、2mm又は4mmだけ延びる。その他の延長距離が可能である。

【0093】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマーの層143は、インピーダンス整合手段を提供するための外側被覆層を単独で形成する。

10

【0094】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー足部155は、インピーダンス整合手段を提供するための外側被覆層を単独で形成する。

【0095】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、硬質ポリマー結合器152は、インピーダンス整合手段を提供するための外側被覆層を単独で形成する。

20

【0096】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、結合器152は、積層圧電変換器において、圧電素子151に対して実質的に平行に配置された第二の圧電素子に結合するために使用されてもよい。このようにして、圧電アクチュエータ変換器を作り上げる一つよりも多くの追加的な共振素子が存在し、この圧電デバイスの全体又はいくらかを取り囲むように配置された外側被覆層を備えることができる。

【0097】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、結合器152は、100よりも大きい又は小さなショアA硬度又はショアD硬度を有することができてもよい。ショアA硬度又はショアD硬度は150まで上がってもよい。

30

【0098】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、速度又は力が負荷に結合させられることができ、又は速度及び力が負荷に結合させられることができ、又はパワー、速度及び力が負荷に結合させられることができる。

【0099】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー153の厚さは、0.5mmよりも小さいか又は大きくてもよく、軟質エラストマー153の他の実施例において、20よりも小さいか又は大きなショアA硬度を有する。

40

【0100】

図13に示されるような、最適化された慣性圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー153の厚さは、圧電性バイモルフ151に渡って変動する。厚さは共振器151の中心では端よりも小さくてもよく、又は厚さは中心では端よりも大きくてもよい。

【0101】

図13に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー153は、圧電性バイモルフ151の一方側にのみ適用される。

【0102】

50

図 1 3 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー足部 1 5 5 は、圧電性バイモルフ 1 5 1 の端からの経路の 3 分の 1 以外の位置にあってもよく、例えば中間点又は如何なるその他の適切な位置であってもよい。

【 0 1 0 3 】

図 1 3 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、当業者によって明確に理解されるように、軟質エラストマー足部 1 5 5 は、それらが ‘ キャッチャー ’ として機能し続けるならば、図 1 3 に示されるような形状とは異なる幾何学的形状のものであってもよい。

【 0 1 0 4 】

10

図 1 3 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、圧電素子 1 5 1 のいずれかの面に沿って、一つよりも多くの軟質エラストマー足部 1 5 5 が存在してもよい。

【 0 1 0 5 】

図 1 3 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、圧電素子 1 5 1 は、支持部 1 5 2 から横方向に延びる一つの部分のみを有してもよい。これは、例えば結合器 1 5 2 の右手側の圧電性ビームが削除されてもよく、そのとき変換器が対称的でなくてもよいことを意味する。

【 0 1 0 6 】

これは、図 1 3 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例は、対称的であっても、非対称的（片持ち梁型配置）であってもよいことを意味する。片持ち梁型配置の一つの実施例において、図 1 3 に示される対称的な実施例は、原則的に半分に切り取られて、圧電素子は支持部の一方側にのみ延びていてもよい。そのような非対称的な場合において、周波数応答は、図 1 3 に示される対称的な実施例に関して示される周波数応答に対して同一又は類似の傾向にあってもよいが、対称的な配置において予測されるブロック力の半分のみが生成され得る点で異なる。

20

【 0 1 0 7 】

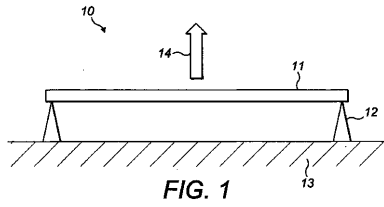
図 1 3 に示されるような、最適化された、単純支持圧電アクチュエータの他の実施例において、軟質エラストマー足部 1 5 5 は削除されてもよい。

【 0 1 0 8 】

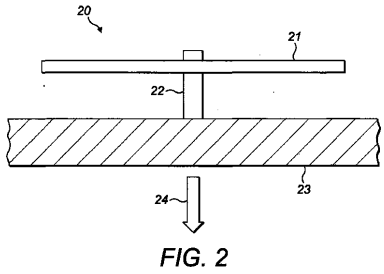
30

上述の複数の図面において示される最適化された単純支持構成の他の実施例において、単純支持に対して要求又は望まれる境界条件をもたらず、最適化された単純支持構成に向かって近づく、上記の単純に支持された構成は、他の状況において、変換器の取り付け又は結合に関する構成に適用され得ることが明らかである。例えば、単純支持は、タッチスクリーンパネル及び/又は拡声器パネルを取り付けるために使用されることができる。上に述べたような上記の単純支持は、タッチスクリーンパネル又は拡声器パネルのへり又は外縁の周りに取り付けのために使用されることができる。

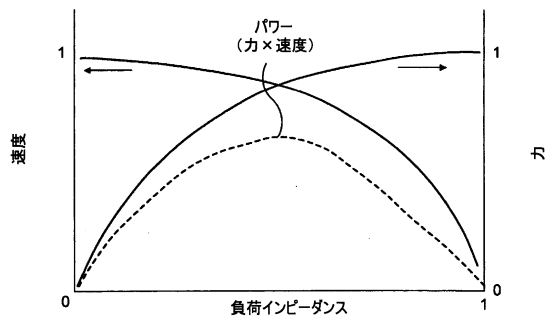
【図 1】



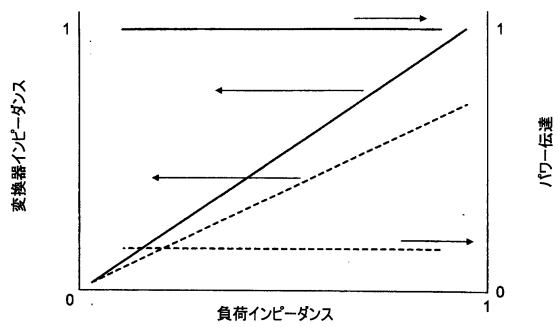
【図 2】



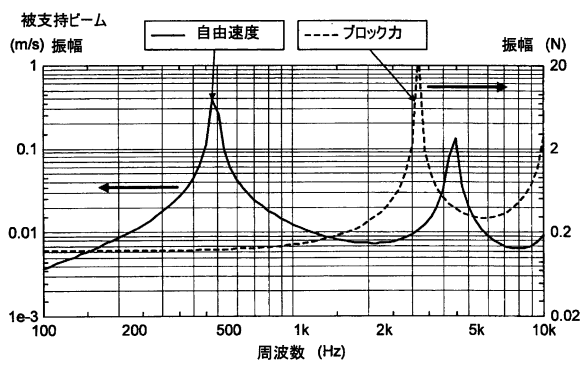
【図 3】



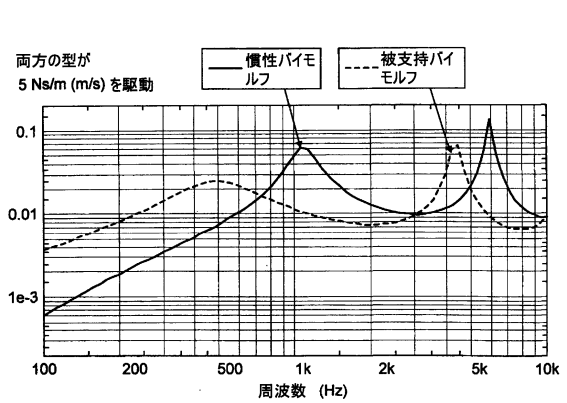
【図 4】



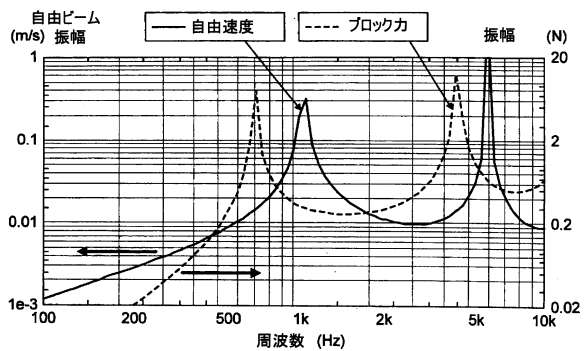
【図 5】



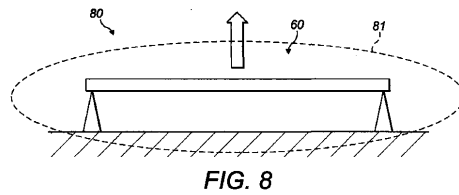
【図 7】



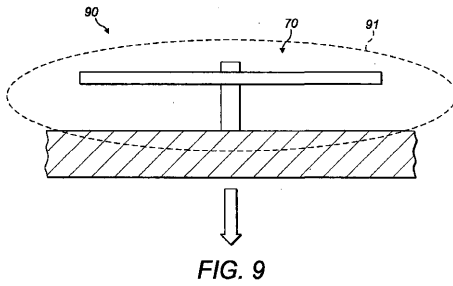
【図 6】



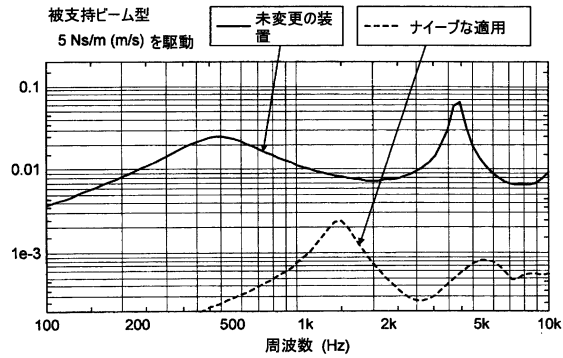
【図 8】



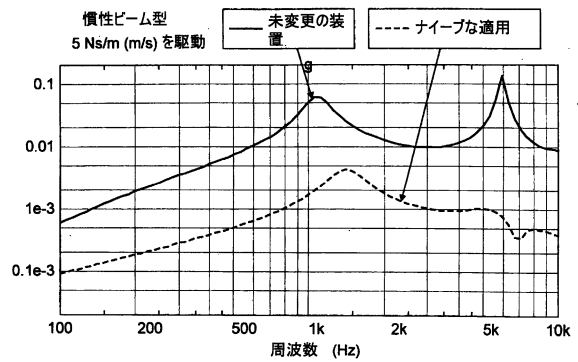
【図 9】



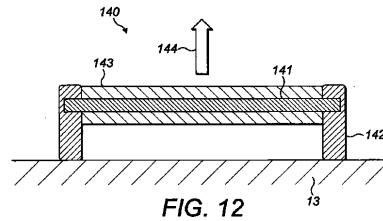
【図 10】



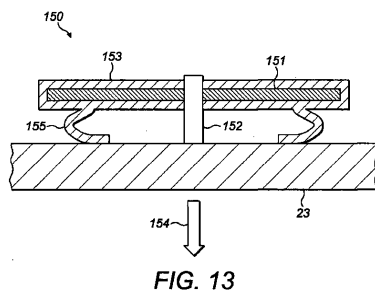
【図 11】



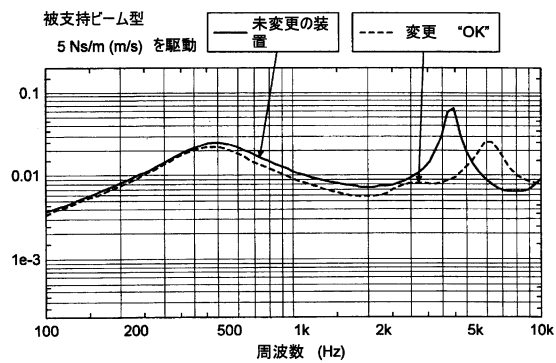
【図 12】



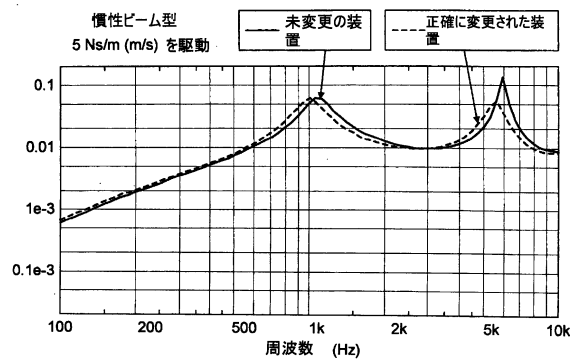
【図 13】



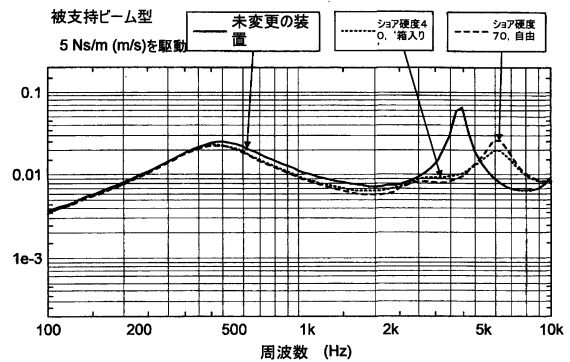
【図 14】



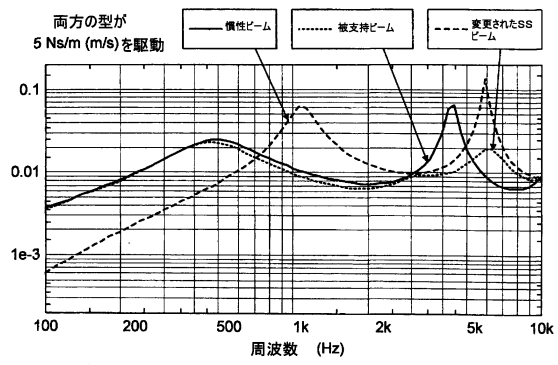
【図 15】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

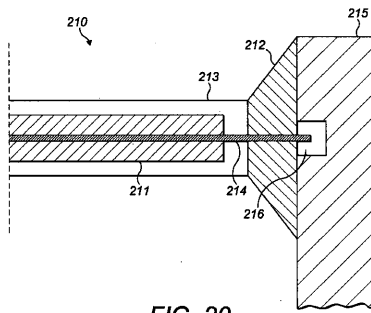


FIG. 20

フロントページの続き

- (72)発明者 イースト, ジェームズ
イギリス国, ピーイー 2 9 6 エックスエー ケンブリッジシャー ケンブリッジ, ハンティンドン, ピークス コート 1 6
- (72)発明者 ハリス, ニール ジョン
イギリス国, シービー 2 2 4 エヌエル, ケンブリッジシャー ケンブリッジ, ウィットルズフォード, ステーション ロード ウェスト 2

審査官 岩田 淳

- (56)参考文献 特表 2 0 0 7 - 5 0 5 5 4 0 (J P , A)
特表 2 0 1 0 - 5 2 8 5 4 7 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 6 1 0 8 1 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 2 7 5 0 0 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 5 2 4 6 4 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 6 4 3 9 6 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 3 3 0 5 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 R 1 7 / 0 0 - 1 7 / 0 2
1 7 / 1 0
H 0 1 L 4 1 / 0 5 3
4 1 / 0 9