

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-500725

(P2005-500725A)

(43) 公表日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int.Cl.⁷H04R 1/02
G06F 3/033
H04R 17/00

F I

H04R 1/02 1 O 2 Z
G06F 3/033 3 1 O Y
H04R 17/00

テーマコード (参考)

5 B O 8 7
5 D O O 4
5 D O 1 7

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 86 頁)

(21) 出願番号 特願2003-514489 (P2003-514489)
 (86) (22) 出願日 平成14年7月19日 (2002.7.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年1月19日 (2004.1.19)
 (86) 国際出願番号 PCT/GB2002/003316
 (87) 国際公開番号 W02003/009219
 (87) 国際公開日 平成15年1月30日 (2003.1.30)
 (31) 優先権主張番号 0117658.5
 (32) 優先日 平成13年7月20日 (2001.7.20)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)
 (31) 優先権主張番号 0130764.4
 (32) 優先日 平成13年12月24日 (2001.12.24)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

(71) 出願人 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
 3 7
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100074228
 弁理士 今城 俊夫
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜

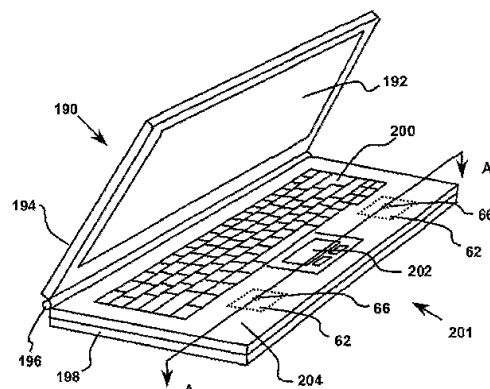
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラウドスピーカ及びタッチパッドを備える電子物品

(57) 【要約】

電子物品 (190) で使用するためのタッチパッド組立
 体 (202) であり、該タッチパッド組立は、タッチ
 パッド (202) と、該タッチパッド (202) を電子
 物品のケーシング (198) に機械的に結合するための
 カプラと、結合手段 (66) によってカプラ又はタッチ
 パッド上に取り付けられケーシングを音響ラジエータと
 して駆動する変換器 (108) とを備える。電子物品は
 同様のものを組み込んでいる。電子物品 (190) は、
 内部又はその上に撓み波ラウドスピーカが取り付けられ
 た本体を備え、ラウドスピーカが撓み波音響ラジエータ
 (204) と、ラジエータ (204) に取り付けられ該
 ラジエータを振動させて音響出力を生成する電気機械式
 力変換器 (108) とを有し、変換器 (108) は、意
 図された作動周波数領域を有し、該作動周波数領域のモ
 ードの周波数分布を有する共振素子と、変換器 (108)
) をラジエータに取り付ける結合手段 (66) とが設け
 られている。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子物品で使用するためのタッチパッド組立体であって、
タッチパッドと、
該タッチパッドを前記電子物品のケーシングに機械的に結合するためのカブラと、
前記ケーシングを音響ラジエータとして駆動するために前記カブラ又は前記タッチパッド上に結合手段によって取り付けられた変換器と、
を備えるタッチパッド組立体。

【請求項 2】

前記カブラは、前記タッチパッドの外周を取り囲むフレームの形態である請求項 1 に記載のタッチパッド組立体。 10

【請求項 3】

前記変換器は、前記フレーム上に取り付けられる請求項 2 に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 4】

前記変換器は、意図された作動周波数領域を有し、該作動周波数領域のモードの周波数分布を有する共振素子を備える請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 5】

前記結合手段は、前記カブラ又は前記タッチパッドに対して、前記共振素子のモード動作を結合するのに有利な位置で前記共振素子に取り付けられる請求項 4 に記載のタッチパッド組立体。 20

【請求項 6】

前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数領域の共振素子のモード分布を向上させるように選択される請求項 4 又は請求項 5 に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 7】

前記分布は、共振素子の第 1 のモードを対象最低動作周波数に確実に近づけることによって向上される請求項 6 に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 8】

前記共振素子のモード分布は、前記分布が前記能動素子におい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モード密度を有することを確保することによって向上される請求項 6 又は請求項 7 に記載のタッチパッド組立体。 30

【請求項 9】

前記モード分布は、前記共振撓み波モードを実質的に周波数において均一に分布させることによって向上される請求項 6 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 10】

前記共振素子は 2 つの実質的に直角な軸に沿ってモード性を有し、各軸が関連する基本周波数を有し、前記の 2 つの関連する基本周波数比は最良のモード分布のために調整されている請求項 6 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 11】

前記の 2 つの基本周波数比は 9 : 7 である請求項 10 に記載のタッチパッド組立体。 40

【請求項 12】

前記変換器は、各々がモード分布を有する複数の共振素子を備え、前記共振素子のモードが前記作動周波数領域においてインターリーブして、装置全体として前記変換器のモード分布が向上されるように配置されている請求項 4 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 13】

前記共振素子は、前記変換器のモダリティを向上させる結合点において結合され請求項 12 に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 14】

前記各変換器の前記モード分布は、各共振素子の前記基本共振周波数の周波数比を最適化することによって向上される請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 1 5】

前記共振素子はプレート形状である請求項 4 乃至請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 1 6】

前記共振素子の形状は、ビーム形、台形、超楕円形、略ディスク形、又は矩形から成るグループから選択される請求項 4 乃至請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 1 7】

前記変換器は、少なくとも 1 つの能動の共振素子を備える請求項 4 乃至請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 1 8】

前記変換器は、少なくとも 1 つの受動の共振素子と能動素子とを備える請求項 4 乃至請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体。

【請求項 1 9】

前出の請求項のいずれか 1 項に記載のタッチパッド組立体内又はその上に取り付けられた本体を備える電子物品。

【請求項 2 0】

前記変換器は、前記タッチパッドと該タッチパッドを取り囲む前記本体との両方を駆動して音響出力を生成し、かつ前記本体が主音響ラジエータとして機能する請求項 1 9 に記載の電子物品。

【請求項 2 1】

前記本体に取り付けられた少なくとも 1 つの追加の変換器を備える請求項 2 0 に記載の電子物品。

【請求項 2 2】

内部又はその上に撓み波ラウドスピーカが組み込まれた本体を備え、前記ラウドスピーカが、撓み波音響ラジエータと、前記ラジエータに取り付けられ該ラジエータを振動させて音響出力を生成する電気機械式力変換器とを有する電子物品であって、

前記変換器が、意図された作動周波数領域を有し、かつ該作動周波数領域のモードの周波数分布を有する共振素子と前記変換器を前記ラジエータに取り付ける結合手段とが設けられたことを特徴とする電子物品。

【請求項 2 3】

前記結合手段は、前記ラジエータに対して、前記共振素子のモード動作を結合するのに有利な位置で前記共振素子に取り付けられる請求項 2 2 に記載の電子物品。

【請求項 2 4】

前記音響ラジエータは前記本体と一体成型される請求項 2 2 又は請求項 2 3 に記載の電子物品。

【請求項 2 5】

前記共振素子のパラメータは、前記作動周波数領域の前記共振素子のモード分布を向上させるように選択される請求項 2 2 乃至請求項 2 4 のいずれか 1 項に記載の電子物品。

【請求項 2 6】

使い捨てであることを特徴とする請求項 1 9 乃至請求項 2 5 のいずれか 1 項に記載の電子物品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電子物品に関し、より詳細には例えば、携帯電話、個人用管理手帳、及びポケットラジオのような個人用途の電子物品などの、低出力の又は電力自給式の物品に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

国際特許出願W000/69212により、内部又はその上に撓み波ラウドスピーカが装着された本体又はケーシングを有する個人用の携帯型電子物品が提供されることが知られている。撓み波ラウドスピーカは、音響ラジエータと、ラジエータに取り付けられ該ラジエータを振動させて音響出力を生成する振動励振器とを備える。ラジエータは射出成形によって本体又はケーシングと一体成形され、本体又はケーシングの副領域を定める。個人用の携帯型電子物品とは手持ちできるほど十分小さい物品を意味する。

【0003】

ラジエータは国際特許出願W097/09842に記載された種類の分布モード音響ラジエータスピーカとすることができる。

10

【0004】

一般に、個人用の携帯型電子物品は低出力装置又は電力自給式装置のいずれかである。

【0005】

【特許文献1】

国際特許出願W000/69212公報

【特許文献2】

国際特許出願W097/09842公報

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0006】

20

本発明によれば、電子物品は撓み波ラウドスピーカが内部又はその上に装着された本体又はケーシングを備え、該ラウドスピーカが、撓み波音響ラジエータと、該ラジエータに取り付けられ該ラジエータを振動させて音響出力を生成する電気機械式力変換器とを備え、該変換器は、意図された作動周波数領域を有し、かつ作動周波数領域のモードの周波数分布を有する共振素子と前記変換器をラジエータに取り付ける結合手段とが設けられている。該結合手段は前記共振素子に取り付けてもよい。

【0007】

電子物品は、例えば光又は赤外線電源のいずれかを備えた遠隔電源の物品でもよい。従って、電子物品は、無線パネル、個人用PA、又は太陽電池パネルから選択することができる。電子物品は、ポータブルラジオ、ウォークマン、個人用携帯型情報端末(PDA)、電子玩具、ブザー、ポリフォニック又はモノフォニック音響器、チャイム、電子ノベルティ、ラップトップ、コンピュータマウス、キーボード、ディスプレイケース、パーソナルコンピュータ、モニター、又はテレビのような、例えばコードレス製品といった低出力物品でもよい。電子物品はまた、例えば使い捨てのスピーカ又はブザー、低コストの通信装置、クレジットカード、ノベルティ、本又はカードなどの使い捨てでもよい。

30

【0008】

音響ラジエータは、本体又はケーシングと共に成型すなわち一体成型することができる。ラジエータは透明にすることができ、例えばディスプレイスクリーンの領域を定めることができる。

【0009】

40

音響ラジエータはタッチパッドであってもよい。音響ラジエータは、タッチパッドを取り囲むケーシングの全体又は一部とすることができる。結合手段は、例えばタッチパッドの外周を取り囲んでいるフレームによりケーシングと音響的に結合されたタッチパッドを備えることができる。変換器は、タッチパッドに対してタッチパッド上に直接か、又はフレーム上のいずれかに取り付けることができ、変換器はケーシングを駆動する。タッチパッドは一体式固定クリップ、或いはボルト、ネジ、又は差し込み固定具などの別個の固定部品を使用してケーシングに結合することができる。或いは、タッチパッドはケーシングに摩擦係止することができる。

【0010】

このようにして、タッチパッド及び変換器を備える一体型組立体を使用して、音響ラジエ

50

ータを駆動することができる。タッチパッド及び該タッチパッドを取り囲んでいるケーシングは、両方とも音響ラジエータとして機能し、ケーシングは第1の音響ラジエータとして機能する。必要であれば、少なくとも1つの変換器を追加して第1の音響ラジエータに取り付けることができる。タッチパッド組立体は、例えばラップトップ又は個人用携帯型情報端末などの任意の電子装置の標準的なタッチパッドと置き換えることができる。

【0011】

共振素子は、例えば圧電変換器とすることができ、及び圧電材料のストリップの形態とすることができ、能動型であってもよい。或いは、共振素子は受動型であってもよく、変換器は、例えば可動コイル変換器などの、慣性式又は接地式の振動式変換器、アクチュエータ又は励振器である能動変換器を更に備えることができる。能動変換器は、曲げ又は捻れ変換器（例えばWO00/13464で教示された種類の）であってもよい。更に変換器は、ハイブリッド変換器を形成する、受動素子と能動素子の組み合わせを備えることができる。

10

【0012】

例えばラウドスピーカの音響ラジエータなどの構造体に力を印加するために、多くの変換器、励振器、又はアクチュエータ機構が開発されてきた。これらの変換器機構には、例えば可動コイル、可動磁石、圧電式又は磁気歪み式などの種々の形式がある。通常、コイル及び磁石式の変換器を使用する電気力学式スピーカは99%の入力エネルギーが熱として損失するのに対して、圧電式変換器には僅か1%の損失とすることができ、従って、圧電式変換器はその高効率の理由から普及している。

20

【0013】

圧電式変換器には幾つかの問題があり、例えば、本質的に真鍮泊に匹敵するほど剛性が非常に高く、従って、音響ラジエータ、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基本共振モードの周波数が高周波側へと移動する。すなわち、該圧電変換器は2つの作動領域を有する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、通常は出力応答を均等にする必要がある。これは利用可能な効率の損失につながる。第2の領域は、剛性領域を超える共振領域であり、共振が非常に激しいので一般には回避される。

【0014】

更に、一般的な教示は、変換器における共振を抑制することであるので、一般に圧電変換器は、変換器の基本共振周波数以下の範囲だけで使用される。圧電変換器が基本共振周波数を超える範囲で使用される場合、共振のピークを抑制するために制振を加える必要がある。

30

【0015】

圧電変換器に関する問題は、他の「スマートな」材料、すなわち磁気歪み、電気歪み、及びエレクトレット型の材料の変換器についても同様に当てはまる。例えば、Shinsei Corporationの欧州特許公開EP0993231A、Shinsei Corporationの欧州特許公開EP0881856A、Murata Manufacturing Co., Limitedの米国特許第4,593,160号、Sanyo Electric Co., Limitedの米国特許第4,401,857号、Altec Corporationの米国特許第4,481,663号、及びSawafujiの英国特許出願GB2,166,022Aに記載されたような、種々の圧電変換器が公知である。しかしながら、本発明の目的は改良された変換器を使用することである。

40

【0016】

本発明で使用される変換器は、意図的なモード変換器と考えることができる。結合手段は、インターフェースに対する共振素子のモード動作を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。共振素子の、例えばアスペクト比、撓み剛性、厚み及び寸法などのパラメータは、作動周波数領域における共振素子中のモード分布を向上させるよう

50

に選択することができる。共振素子の撓み剛性と厚みは等方性又は異方性になるように選択することができる。撓み剛性及び／又は厚みは共振素子のモード分布を向上させるように選択することができる。例えば F E A 又はモデル化を使用したコンピュータシミュレーションなどの解析を用いてパラメータを選択することができる。

【0017】

分布は、能動素子の第1のモードを対象の最低動作周波数に確実に近づけることによって向上させることができる。分布はまた、作動周波数領域のモードを確実に満足できる、すなわち高い密度にすることによって向上させることができる。モード密度は能動素子に対して、周波数に関し実質的に一定の有効平均力を与えるのに十分であるのが好ましい。良好なエネルギー伝達により、モード共振の効果的な平滑化を得ることができる。或いは又は追加として、共振撓み波モード周波数に関して実質的に均一に分布させることによって、すなわちモードの「集群」又は群化に起因する周波数応答のピークを平滑化することによってモード分布を向上させることができる。このような変換器は、分布モード変換器又は D M T として知られている。

10

【0018】

このような意図されたモード、すなわち分布モード変換器は国際特許出願 W O 0 0 1 / 5 4 4 5 0 に記載されている。

【0019】

変換器は、各々がモード分布を有する複数の共振素子を備えることができ、共振素子のモードは、作動周波数領域にインターリーブして、装置全体として変換器のモード分布を向上させるように配置されている。共振素子は異なる基本周波数を有することができ、従って、共振素子の負荷、寸法、又は撓み波剛性などのパラメータは異なるものとすることができる。

20

【0020】

共振素子は、例えば共振素子間の一般に剛性のスタブ上に、接続手段によって任意の好都合の方法で共に結合することができる。共振素子は、変換器のモダリティを向上させ、及び／又は力が付与されるべき場所での結合を向上させる結合点で結合されるのが好ましい。接続手段のパラメータは、共振素子のモード分布を向上させるように選択することができる。共振素子は積み重ねて配置することができる。結合点は軸方向に位置合わせすることができる。

30

【0021】

共振素子はプレート形状、又は平面の外側に湾曲していてもよい。プレート形状の共振素子は、スロット又は切れ目が形成され、複合共振系を形成することができる。共振素子は、ビーム形、台形、超楕円形、又は略ディスク形であってもよい。若しくは、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側に湾曲していてもよい。

【0022】

共振素子は、2つの実質的に直角な軸に沿ってモード性であってもよく、各軸が関係する基本周波数を有する。2つの基本周波数比は、モード分布が最適となるように、例えば 9 : 7 (1 . 2 8 6 : 1) に調整することができる。

40

【0023】

実施例として、そのようなモード変換器の構成は、以下のいずれかとすることができる。平坦な圧電ディスク、少なくとも2つ又は好適には少なくとも3つの平坦な圧電ディスクの組み合わせ、2つの同一の圧電ビーム、複数の同一圧電ビームの組み合わせ、湾曲した圧電プレート、複数の湾曲した圧電プレート又は2つの同一圧電ビームの組み合わせである。

【0024】

各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、すなわ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向上させることができる。従って、互いに関連する各共振素子のパラメータは、変換器の全体モード分布を向上

50

させるように変更することができる。

【0025】

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（すなわち基本周波数比）は1.27:1とすることができる。3つのビームを有する変換器においては、周波数比は1.315:1.147:1とすることができる。2つのディスクを有する変換器においては、高次モード密度を最適化する周波数比は1.1+/-0.02:1とすることができ、低次モード密度を最適化する周波数比は3.2:1とすることができる。3つのディスクを有する変換器においては、周波数比は3.03:1.63:1、又は8.19:3.20:1とすることができる。

【0026】

結合手段のパラメータは、作動周波数領域の共振素子のモード分布を向上させるように選択することができる。結合手段は、例えば制御された接着層などの痕跡とすることができる。

【0027】

結合手段は、変換器が非対称に結合されるように、パネルに対して非対称に配置することができる。例えば、パネル又は変換器の対称軸に対する変換器の位置又は配向を調整するなどの幾つかの方法で非対称を実現することができる。

【0028】

結合手段は取付ラインを形成することができる。或いは結合手段は、共振素子の寸法に対して取付の領域が小さい場合、取付点又は小さな局所的領域を形成することができる。結合手段は、スタブの形態であってもよく、例えば3乃至4mmの小さな直径とすることができる。結合手段は低質量とすることができる。

【0029】

結合手段は、2つ以上の結合点を備えることができ、取付点及び/又は取付ラインの組合せを備えることができる。例えば、2つの取付点又は小さな局所的取付領域が使用でき、1つは能動素子の中心近傍に、1つは能動素子の端部に配置される。これは、一般に剛性があり固有共振周波数が高いプレート形状変換器にとって有用である。

【0030】

或いは、単一の結合点だけを提供することもできる。これは、複合共振素子アレイの場合に利点をもたらすことができ、すべての共振素子の出力が単一の結合手段により合計され、その結果、負荷によって出力を合計することは不要である。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することができ、周波数に関して一定の平均力を与えるように選択することができる。結合手段は共振素子の中心から離して配置することができる。

【0031】

取付ラインの位置及び/又は配向は、共振素子のモード密度を最適化するように選択することができる。取付ラインは、共振素子の対称線とは一致しないことが好ましい。例えば、矩形の共振素子においては、取付ラインは共振素子の対称短軸（すなわち中心線）からオフセットすることができる。取付ラインはパネルの対称軸に対して平行ではない配向とすることができる。

【0032】

共振素子の形状は、共振素子のほぼ質量中心にあり、中心を外れた取付ラインをもたらすように選択することができる。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り付けられるので慣性的な不均衡がないことである。これは不等辺四辺形すなわち台形である非対称形状の共振素子によって達成することができる。

【0033】

ビーム形状又は略矩形の共振素子においては、取付ライン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ラジエータの領域と比較して小さくてもよい。

【0034】

10

20

30

40

50

音響ラジエータ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。音響ラジエータの材料は、異方性又は等方性であってもよい。

【 0 0 3 5 】

音響ラジエータはW O 9 7 / 0 9 8 4 2で教示されたような共振撓み波モード分布を有することができ、該音響ラジエータの特性は、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選択することができ、すなわちモードの「集群」又は群化に起因する周波数応答のピークを平滑化するように選択することができる。

【 0 0 3 6 】

特に音響ラジエータの特性は、低周波数の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選択することができる。低周波数の共振撓み波モードは音響ラジエータの10乃至20の最低周波数共振撓み波モードであるのが好ましい。

10

【 0 0 3 7 】

変換器位置は、音響ラジエータ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することができる。換言すれば、変換器は、音響ラジエータの振動的に能動の共振アンチノードの数が比較的多く、その反対に共振ノードの数が比較的少ない位置に取り付けることができる。そのような任意の位置が使用できるが、最も好都合な位置は、音響ラジエータの長さ及び幅方向の各々に沿って38%から62%までの間の中心近傍であるが、中心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の距離であり、長さ方向軸と幅方向軸に関しては異なる比率が好ましい。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4/9、幅3/7である。

20

【 0 0 3 8 】

作動周波数領域は、比較的広範囲の周波数領域にわたり、可聴領域及び/又は超音波領域とすることができる。また、分布モード変換器の動作効力により、広範囲の帯域幅及び/又は可能性のある高出力が有用となるであろう、ソナー及び音源測距及びイメージングにおいて適用することができる。従って、変換器の単一の支配的な固有共振によって定められる範囲を超える領域にわたる動作を達成することができる。

【 0 0 3 9 】

作動周波数領域の最低周波数は、ほぼ変換器の基本周波数である、予め定められた下限より大きいことが好ましい。

30

【 0 0 4 0 】

例えば、ビーム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、能動共振子を取り付けられている音響ラジエータのモード形状に適合することができる。このようにして、作用と反作用とが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で音響ラジエータと接続することによって、共振素子の一次共振が低インピーダンスになると思われる。このようにして、音響ラジエータは共振素子の共振を増幅しないはずである。

【 0 0 4 1 】

本発明の第2の実施態様によれば、例えばラップトップ又はPDAなどの電子物品で使用するためのタッチパッド組立体が提供され、該タッチパッド組立体は、タッチパッドと、該タッチパッドを電子物品のケーシングに機械的に結合するための結合手段と、結合手段又はタッチパッドに取り付けられケーシングを音響ラジエータとして駆動する変換器とを備える。

40

【 0 0 4 2 】

結合手段は、タッチパッドの外周を取り囲むフレームの形態とすることができる。変換器は、タッチパッド又はフレーム上に取り付けることができる。タッチパッドは一体式固定クリップ、或いはボルト、ネジ、又は差し込み固定具などの別個の固定部品を使用してケーシングに結合することができる。或いは、タッチパッドはケーシングに摩擦係止することができる。

本発明は例証として添付図面に図式的に示される。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0043】

図1A及び1Bは、例えばポリフォニックな音響器、使い捨てブザー、クレジットカード、その他新規のラウドスピーカなどの、使い捨てラウドスピーカを示す。ラウドスピーカは、撓み波振動、好ましくは共振撓み波振動を支持可能なパネル(60)と、接続スタブ(66)によってパネル(60)に取り付けられ撓み波振動を励振して音響出力を生成する変換器(62)とを備える。該変換器(62)は上述され及びWO 01/54450に記載されたように、意図的なモード変換器すなわち分布モード変換器である。変換器(62)は圧電プレート要素(64)を備える。接続リード線(68)の形態の2本の可撓性ワイヤにより要素(64)に電気入力を供給する。

10

【0044】

図2は、図1A及び1Bと同様のラウドスピーカ(58)を示し、同じ要素には同じ参照番号が付与されている。ラウドスピーカ(58)は可撓性周縁部(86)によりラウドスピーカの外周の周りに広がる支持フレーム(84)上に取り付けられる。支持フレーム(84)によりラウドスピーカは表面支持体又は別の支持体に容易に取り付けることが可能になる。

【0045】

図3は、コンピュータシステム(図示せず)のポインティングデバイスとして使用されるマウス(88)の断面を示す。マウス(88)は、ボール(90)、下部ケース(92)、及びカバー(94)などの標準部品を備える。カバー(94)は、撓み波振動、好ましくは共振撓み波振動を支持可能に設計されている。意図的なモード変換器(108)は接続スタブ(66)によってカバー(94)に取り付けられ、撓み波振動を励振して音響出力を生成する。

20

【0046】

変換器は、上部及び下部バイモルフフビーム(112)及び(110)を備え、上部ビーム(112)はビーム幅にわたって延びるスタブ(66)によってカバー(94)に接続される。スタブの幅と高さは1 - 2 mmとすることができ、高質プラスチック及び/又は電気的短絡を防止するために適切な絶縁層を備えた金属で作ることができる。

【0047】

上部ビーム(112)は下部ビーム(110)よりも長く、これらのビームは中心に取り付けられたスタブ(152)によって接続される。各ビームは3つの層から成り、外側の2つの層は圧電セラミック材料、例えばPZT 5Hであり、中心の真鍮ペーンを間に挟む。外側の層は、厚さが通常10 - 15ミクロンの接着層によって真鍮ペーンに取り付けることができる。

30

【0048】

図4は、撓み波振動、好ましくは共振撓み波振動を支持可能なパネル(60)を示す。パネル(60)は、パネル(60)の外周の周りに延びる可撓性サスペンション(156)によって、閉鎖ボックス(154)内に取り付けられる。意図的なモード変換器(108)は、図3で使用されたものと同様に接続スタブ(66)によってパネル(60)に取り付けられ、撓み波振動を励振して音響出力を生成する。

40

【0049】

閉鎖ボックス(154)は、全般的にはパネル(60)の背面(155)から放射される音がパネルの前面(157)から放射される音と干渉するのを防止する。従って、ボックス(154)は音響相殺を防止するためのバッフルとして機能する。ボックス(154)は適切な吸収体を充填することができる。

【0050】

図5は、標準部品、すなわちキー(170)を支持するケース(176)と、ケース(176)に対してヒンジ(178)の周りにヒンジ結合されたリッド(180)とを備える個人用携帯型情報端末(PDA)(158)を示す。リッド(180)は、液晶ディスプレイ(LCD)又は薄膜トランジスタ(TFT)ディスプレイとすることができるディス

50

レイ(172)と、ディスプレイ(172)の前面に任意選択的に装着可能な前面ウィンドウ(174)を支持する。リッド(180)は撓み波振動、好ましくは共振撓み波振動を支持可能なように設計されている。図1A及び図1Bの変換器(62)のような意図的なモード変換器(62)は、接続スタブ(66)によってリッド(180)に取り付けられ、撓み波振動を励振して音響出力を生成する。

【0051】

変換器(62)は機械的信号源インピーダンスを有し、該インピーダンスがリッド(180)のインピーダンスと整合することにより、最大出力伝達を得ることができる。代替として又は更に、変換器はケース(176)に取り付けてもよい。

【0052】

図6A及び図6Bは、撓み波振動、好ましくは共振撓み波振動を支持可能なパネル(60)と、図1A及び図1Bの変換器(62)のような意図的なモード変換器(62)とを備えるラウドスピーカシステムを示す。変換器(62)は接続スタブ(66)によってパネル(60)に取り付けられ、撓み波振動を励振して音響出力を生成する。

【0053】

変換器(62)の信号はパネル(60)に取り付けられた増幅器(182)によって供給される。システムは更に、例えばバッテリー、太陽電池、又はダイレクト赤外線リンクなどの、増幅器に電力を供給する電源を備える。従って、ラウドスピーカシステム(186)は、無線パネル/個人用PA、電力自給式の太陽電池パネル、コードレス装置、又は携帯用ラジオ/ウォークマンで 사용할 ことができる無線装置として動作するよう適合される。システム(186)は、例えば光/赤外線電源などといった完全に遠隔の電源供給とすることができる。

【0054】

図7及び図8は、以下の標準部品、すなわちキー(200)及びタッチパッド(202)を支持するベース(198)と、該ベースに対してヒンジ(196)の周りにヒンジ結合されたリッド(194)とを備えるラップトップコンピュータ(190)を示す。ディスプレイスクリーン(192)はリッド(194)内に装着される。キー(200)はスクリーン(192)に向いて配置される。ポインティング機能のために使用されるタッチパッド(202)は、ユーザに最も近接するベース(198)の縁部(201)中央近くに位置する。

【0055】

図7において、図1A及び図1Bの実施形態で 使用されるような2つのモード変換器(62)は、ベース内部のスタブ(66)によってベース内側上面に取り付けられる。若しくは図8に示されるように、図3で使用される変換器のようなモード変換器(108)を使用することができる。ベースの上面は、ベースの全部又は一部の面を覆い、撓み波振動、好ましくは共振撓み波振動を支持可能な領域(204)を有するように設計される。いずれの実施形態においても、変換器は2つのこのような領域に取り付けられ、撓み波振動を励振して音響出力を生成する。変換器は局所的な機械的インピーダンスを駆動して高レベルの機械結合効率を実現するよう設計することができる。

【0056】

図9A及び図9Bは、図7及び図8のタッチパッド又は本発明の別の実施形態のタッチパッドと置き換えて使用することができるタッチパッド組立体(203)を示す。タッチパッド組立体(203)は、タッチパッド(202)と、タッチパッド(202)の周囲のまわりに延びるフレーム(205)と、フレームに取り付けられる変換器(207)とを備える。フレームは溝が形成されているので、その断面はほぼU字型の断面を有する。タッチパッド(202)と変換器(207)は両方とも溝内に取り付けられるが、小さな間隙(213)によって分離される。

【0057】

タッチパッド(202)は、ガラス繊維強化プラスチックの回路基板材料で作られており、機械的インピーダンスはほぼ3.59Ns/mである。タッチパッド(202)は厚さ

10

20

30

40

50

が約 0.4 mm で、170 ミクロンのプラスチックの積層体がタッチパッド (202) の前表面に接着されている。プラスチック積層体により装飾又は保護コーティングが得られる。

【0058】

図 9 C に示されるように、タッチパッド組立体 (203) のフレーム (205) は、ラップトップコンピュータ又は個人用携帯型情報端末などの、電子装置のケーシング (209) に取り付けられる。変換器 (207) はフレーム (205) 中の撓み波振動を駆動する。フレーム (205) は機械的かつ音響的にケーシングに結合されるので、フレームの振動はケーシング (209) に伝達される。ケーシングは電子装置の主要な音響ラジエータを形成する。

10

【0059】

変換器 (207) は組み合わせられたタッチパッド及びリストパッドのインピーダンスと整合するように選択される。変換器は、好適には DMT であるが、代替として、例えば、可動コイル変換器、圧電変換器、磁気歪み励振器、或いは曲げ又はねじり変換器 (例えば W000/13464 で教示される種類のもの) である、慣性式又は接地式の振動変換器、アクチュエータ又は励振器とすることができる。

【0060】

図 9 D はタッチパッド組立体が取り付けられるラップトップコンピュータの内部セクションを示す。図 9 D は下方に面しているケーシングの上面図である。タッチパッド (202) は該タッチパッド (202) のどちらかの側面がリストレストを形成する領域 (240) を有するケーシング (209) 内に支持される。また、ケーシング (209) は、開口 (241) を備え、そこに該開口をリストレスト領域 (240) から分離する成型仕切り (242) によりキーボードが挿入される。1.5 mm 厚さのポリスチレンのストリップ (243) がリストレストの 1 つの縁の下方に取り付けられ、パネル境界条件に役立っている。第 2 のストリップ (図示せず) がタッチパッドの別の側面上でリストレストに取り付けられる。該ストリップはケーシング (209) の前面壁 (244) と成型仕切り (242) との間に延びる。

20

【0061】

ラップトップコンピュータの実施形態の各々において、見かけ上のがたつきを回避するために、ケーシング上の任意のボタン、及び中央処理ユニットのシャシをヒートシンクに接続するフィン付き金属箔に小さな発泡スペーサを装着することができる。

30

【0062】

このような構成の利点は、タッチパッド及び変換器が単一の一体型組立体体に組み込まれるということである。更に、別の目的のために既に電気接続を支持するタッチパッド (202) に対して、変換器用の追加の電気接続 (211) を容易に追加することができる。一体型組立体により複雑性、重量、及びコストを低減するばかりでなく、携帯用電子物品において重要な占有スペースが少なくて済むという可能性をもたらす。

【0063】

図 10 A 及び図 10 B は、既存のマイクロスピーカを備えた既知の DELL (商標) ラップトップコンピュータと、タッチパッドを図 9 A 乃至図 9 C のタッチパッド組立体と置き換えたラップトップコンピュータの周波数応答を示す。測定値は、測定出力に対して影響しないほど十分に重い平坦なデスク上に載置されたラップトップコンピュータを使用して、リストパッドの 25 cm 上方で取られた。本発明によるラップトップコンピュータは、高音域レベルが改善される利点を有する。

40

【0064】

更に、本発明によるラップトップコンピュータは実質的に容量性のインピーダンスのスピーカを有する。特に、インピーダンス係数は 1 kHz における 1000 オームを超える値から 10 kHz において 100 オームまで下降する。従って特に音楽の場合、スピーカの出力量は周波数が高くなると一般に下降する。

【0065】

50

図 10 C は、タッチパッドが図 9 A に示されるものと同じ組立体と置き換えられたコンパック（商標）のラップトップコンピュータの特性を示す。変換器はタッチパッド上に取り付けられ、タッチパッドと該タッチパッドの両側のケーシング（リストレスト）の両方を駆動する。パネルの境界条件は図 9 D のように定められる。タッチパッドの両側のリストレストは、等しい機械的インピーダンスを有するように適合される。変換器のインピーダンスは組み合わせられたパネルとリストレストの全体のインピーダンスと整合するように設計された。従って、変換器は通常のビームよりも幅が広い、長さがそれぞれ 42 mm と 39 mm の二重ビーム変換器である。

【0066】

図示されるように図 10 C はおよそ 400 Hz の低周波数限界を有する。音響出力はパネル背面の音響負荷によって支配され、パネル後部の小空間が減少すると帯域幅は大幅に短縮されることになる。例えば、200 Hz まで下方に拡張される帯域幅は 6 mm の空間内で適切な変換器を使用して実現することができるが、空間が 2 mm まで減少すると低周波数限界は 600 Hz まで上昇する。

10

【0067】

図 11 A は、タッチスクリーン（214）と、制御及びデータ入力のためのボタン（216）とを有する場合が多い個人用携帯型端末（PDA）の正面図を示す。図 9 の断面図は PDA を更に詳細に示す。ケース（218）は通常 2 つの部品で作られ、互いに嵌合してディスプレイスクリーン（220）を収容し、電子部品は内部プリント基板（224）上に取り付けられる。ケースの後部（通常プラスチック成型品）は、スタブ（66）を介して変換器（108）を取り付けることによって音響を放射するために使用される。変換器（108）は、第 2 のスタブ（152）により接続された第 2 のビーム（110）と共にスタブ（66）を駆動する長いビーム（112）を備える。この場合、長いビームはケース（218）に近接しているが、どのような弊害もなしにこの 2 つのビームを交換することができる。電気的入力の接続のためにリード線が設けられる。

20

【0068】

図 12 A は、例えば陰極線管として、又は液晶ディスプレイとして、任意の望ましい形態に形成された視覚的表示ユニット（137）の斜視図を示す。ユニット（137）は、前面にディスプレイスクリーン（37）が取り付けられたボックス状のハウジング（101）と、後部面及び対向する側面（102）とを有する。図 12 B に更に明確に示されるように、ほぼ矩形のパネル（2）が、対向する側面（102）の各々の溝（3）によって定められる。各パネル（2）は 2 枚のスキン（21）の間に挟まれたコア（22）を備える。上述のように、二重ビーム変換器（108）が各パネル（2）に取り付けられ、パネル中に撓み波を放射／励振し、パネルを共振させて音響出力を生成する。

30

【0069】

意図的なモード変換器（108）を使用すると、変換器の機械的インピーダンスを側面と整合させることによって良好な機械的結合を得ることができる。従って、音響性能が最適化されるように、すなわち軽量で高剛性にパネル（2）を特に設計することができても、これは不可欠なことではない。これによりモニタ／TV 製造者によって使用される、製造上の要件及び方法を実質的に変更する必要性が回避される。

40

【0070】

図 13 A 乃至図 13 C は、クレジットカード（226）の本体（228）のポケット（230）内に単一ビームの変換器（62）が装着されたクレジットカード（226）を示す。変換器（62）はカードを駆動し、本体（228）と一体成型することができるスタブ（66）により音響を放射する。ポケット（230）により、変換器（62）の端部はカードの他の部分にいっさい接触せず自由に振動することが可能になる。カードは、電源、メモリ、信号処理装置、及び増幅器を備えることができ、変換器（62）とリンクされたワイヤ（236）に接続された埋込型電子回路（230）により給電される。適切な紙、プラスチック、又は金属で作ることができる薄いカバー（232）が設けられ、変換器（62）及び電子回路（230）を密閉する。

50

【0071】

図14は、表ページ(83)と裏ページ(85)を有する折り畳み部材の形態のグリーティング又は同様のカード(81)を示す。変換器(62)はページの内の1枚、好ましくは裏ページ(146)に小さなスタブ(図示せず)によって取り付けられ、該ページを振動させ、これを共振させて音響出力を生成する。変換器(62)は信号発生器/増幅器バッテリーユニット(87)によって駆動され、該ユニットはカードの折り目に隠されたスイッチ(89)によって始動され、その結果、カードを開いたときに合い信号発生器を始動させるようにする。

【0072】

図15A及び図15Bは、図11A及び図11Bと同様のPDAを示し、従って共通の要素は同じ参照番号を有する。このPDAは、タッチスクリーン(214)を保護するリッド(215)を備え、該リッドが開いた位置、すなわち通常の使用位置で示されているという点で相違する。二重ビーム変換器(108)はスタブ(66)によってリッド(215)に取り付けられ、リッド(215)をラウドスピーカとして使用することを可能にする。このスタブ(66)はリッド(215)と一体成型することができる。変換器(108)は、スタブ(152)によって共に接続された、長さが異なる2つのビーム(110、112)を備える。PDA(図示せず)の本体(218)内の駆動回路に対してワイヤによって電気接続を形成する。

【0073】

残りの図は、図1乃至図15bに具現化された埋込型ラウドスピーカと共に使用することができる別の変換器を示す。意図的なモード変換器は、可動コイル/永久磁石設計と比較して質量及び奥行きを小さく設計することができる。従って、このような変換器を使用すると、ラウドスピーカの全重量を低減すべきであり、該変換器はスペースが限られている設置に好適であるはずである。従って、該変換器は図1乃至図15Bに示される携帯用装置には理想的である。

【0074】

図16は、スタブ(48)形態の接続手段によって第2の圧電ビーム(51)が後部に取り付けられた第1の圧電ビーム(43)を備え、該スタブが両方のビームの中心に配置された変換器(42)を示す。各ビームはバイモルフである。第1のビーム(43)は圧電材料の2つの層(44、46)を備え、第2のビーム(51)は2つの層(50、52)を備える。圧電材料の各層の極性方向は、矢印(49)で示される。各層(44、50)はバイモルフ内の別の層(46、52)に対して反対の極性方向を有する。バイモルフはまた、平行電気接続を可能にすると同時に、セラミック圧電層に強化要素を付加する中心導電ペーンを備えることができる。各ビーム(44、46)の各々の層は同じ/異なる圧電材料で作ることができる。各層は一般に長さが異なる。

【0075】

第1の圧電ビーム(43)は、第1のビームの中心に配置されたスタブ(56)の形態の結合手段によってパネル(54)上に取り付けられる。第1のビームをその中心に取り付けることにより、偶数次のモードだけが出力を生成することになる。第2のビームを第1のビームの背後に配置し、両方のビームをスタブを用いて中心に結合することによって、両ビームは同軸に位置合わせされた、又は同一の位置を駆動していると考えることができる。

【0076】

各要素が一体結合されると、各々の要素が他の要素のモードを変更するので、結果として得られるモード分布は周波数の別個のセットの合計にはならない。2つのビームは、これらの個々のモード分布がインターリーブされて、変換器の全体のモダリティを向上させるように設計されている。2つのモードは一体化され、対象の周波数領域にわたって有効な出力を生成する。偶數位モードにおける圧電ビーム間の個々の干渉により、局所的に狭いディップが発生する。

【0077】

10

20

30

40

50

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択することができる。材料及び厚みが同一の場合は、周波数比は長さの比の2乗となる。高い f_0 （基本周波数）が単純に他の大きなビームの f_0 と f_1 の間の中に配置されると、より小さなビームの f_3 と、より低いビームの f_4 とは一致する。

【0078】

2つのビームの周波数比に対するコスト関数のグラフをプロットすると、理想的な比率は1.27:1であることが示され、すなわちこの点でコスト関数が最小になる。この比はW097/09482に記載された(f_{02} : f_{20} の比)「黄金」アスペクト比に相当する。変換器のモダリティの改善方法は、変換器の3つの圧電ビームを使用することによって拡張することができる。理想的な比は1.315:1.147:1である。

10

【0079】

能動素子例えばビームを一体化する方法は、圧電ディスクの使用することに拡張することができる。2つのディスクを使用すると、2つのディスクのサイズ比は考慮に入れるモード数に依存する。高次モード密度では、約1.1+/0.02から1までの基本周波数比が良好な結果をもたらすことができる。低次モード密度（すなわち最初の数モード又は最初の5モード）では、約3.2:1の基本周波数比が良好である。最初のギャップは、大きなディスクの第2のモードと第3のモードとの間に生じる。

【0080】

各ディスクの第1の半径方向モードと第2の半径方向モードとの間に大きなギャップがあるので、2つのディスクよりは3つのディスクで非常に良好なインターリーブが得られる。二重ディスク変換器に第3のディスクを追加する場合に、第1の明白な目標は、先の場合の大きなディスクの第2のモードと第3のモードとの間のギャップを埋めることである。しかしながら、等比数列は、これが唯一の解決法でないことを示している。基本周波数 f_0 、 f_0 、 f_0^2 を使用して、 $rms(\cdot, \cdot^2)$ をプロットすると、 \cdot に関して2つの重要な最適値が存在する。その値は、約1.72及び2.90であり、後者の値は明白なギャップ充填法に対応している。

20

【0081】

基本周波数 f_0 、 f_0 、及び f_0 を両スケーリングが自由なように使用し、上記の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(\cdot, \cdot)は、(1.63, 3.03)及び(3.20, 8.19)である。これら最適値は非常に浅く、すなわちパラメータ値の10%、又は20%の変動でさえ許容可能である。

30

【0082】

組み合わせられるべき種々のディスクを決定する別の方法は、3つのディスクの半径比の関数としてコストを考慮することである。コスト関数は、RSCD（中心差分の和の比）、SRC D（中心差分の比の和）、及びSCR（中心比の和）とすることができる。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。

RSCD（中心差分の和の比）は

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

40

SRC D（中心差分の比の和）は

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

CRは

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

最適半径比、すなわちコスト関数が最小になるのは、すべてのコスト関数に関して 1.3 である。半径比の自乗が周波数比に等しいので、材料及び厚みが同じこれらのディスクでは、 $1.3 \times 1.3 = 1.69$ であり、解析結果の 1.67 は十分に満足するものである。

【0083】

或いは又は追加として、受動素子を変換器に組み込み、全体の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カスケード配置とすることができる。図 17 は、能動及び受動要素のモードがインターリーブされるように、例えば薄い金属プレートの 2 つの受動共振素子 (74) と共に積み重ねられた 2 つの能動圧電素子 (72) を備える多層ディスク変換器 (70) を示す。 10

【0084】

該素子は、各能動及び受動素子の中心に配置されたスタブ (78) 形態の接続手段によって接続される。要素は同心状に配置される。各素子は異なる寸法を有し、最小ディスクと最大ディスクは積層の頂部と底部にそれぞれ配置されている。変換器 (70) は、最大ディスクである第 1 の受動装置の中心に配置されたスタブ (78) の形態の結合手段によって、パネルなどの負荷装置 (76) 上に取り付けられている。 20

【0085】

変換器のモダリティを改善する方法は、圧電プレートの形態の 2 つの能動素子を有する変換器まで拡張することができる。寸法が (1 ×) 及び (× ²) の 2 枚のプレートは、(3/7, 4/9) に位置で結合される。従って、周波数比は約 1.3 : 1 (1.14 × 1.14 = 1.2996) である。

【0086】

図 18 に示されるように、結合手段 (105) を有する圧電変換器 (106) の端部に小質量体 (104) を取り付けることができる。図 19 において変換器 (114) は、例えば W097/09842 に記載されたような、能動素子 (115) 形成するボイスコイルと、モードプレート (118) の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) 上の該モードプレートの中心から外れて取り付けられる。 30

【0087】

モードプレート (118) はカブラ (120) によってパネル (116) 上に取り付けられる。カブラは能動素子の軸 (119) と位置合わせされているが、パネル (116) の平面に垂直な軸 (Z) には一致しない。従って、変換器はパネル軸 (Z) と一致しない。能動素子は電線 (122) を介して電気信号入力に接続される。モードプレート (118) は、そこからの音響放射を減少させるように穿孔され、能動素子はモードプレート (118) の中心から外れて、例えば最適な取付位置、すなわち (3/7, 4/9) に配置される。 40

【0088】

図 20 はスタブの形態の結合手段 (126) によってパネル (128) に取り付けられる能動圧電共振素子を備える変換器 (124) を示す。変換器 (124) とパネル (128) の幅対長さの比は両方とも 1 : 1.13 である。結合手段 (126) は変換器又はパネルのいずれの軸 (130, Z) とも位置合わせされていない。更に、結合手段の配置は最適の位置、すなわち変換器 (124) とパネル (128) の両方に対して中心を外れた位置に配置される。

【0089】

図 21 はビームの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) はスタブの形態の 2 つの結合手段 (136) によってパネル (134) に結合される 50

。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る。

【0090】

図22は、結合手段(144)によって結合された2つの能動共振素子(142、143)と、該結合手段(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。従って変換器は耐衝撃性及び衝突性がある。エンクロージャは、変換器の動作を妨げないように機械的インピーダンスの低いゴム又は類似のポリマーで作られる。ポリマーが耐水性であれば変換器(140)は防水性にすることができる。

【0091】

上部共振素子(142)はスタブの形態の結合手段を介してパネル(145)に結合される下部共振素子(143)よりも大きい。スタブは下部共振素子(143)の中心に配置される。各々の能動素子用の出力カップリング(150)はエンクロージャから延びて、負荷装置(図示せず)への良好な音響取付が可能となる。

【0092】

図23はプレート形状能動共振素子の形態の変換器(160)を示す。共振素子には、フィンガー(164)を形成して複合共振システムを形成するスロット(162)が形成されている。共振素子は、スタブ(166)の形態の結合手段によってパネル(168)に取り付けられる。

【0093】

図24A及び図24Bにおいて、変換器(14)は平面の外側に湾曲した矩形で、米国特許第5632841号(国際特許出願WO96/31333)に開示された形式の、NASDRIVの商標でPAR Technologies Incが製造している、圧縮応力が加えられた圧電変換器である。従って、変換器(14)は能動共振素子である。該変換器は、幅(W)、長さ(L)、取付点(16)位置(X)を有する。

【0094】

変換器(14)が湾曲していることは、結合手段(16)の取付ラインの形態になることを意味する。変換器が中心を通る短軸に沿った取付ラインに沿って取り付けられると、変換器の2つのアームの共振周波数は一致する。最適なサスペンションポイントはモデル化することができ、共振素子の長さ方向に沿って43%乃至44%の取付ラインである。コスト関数(すなわち「悪さ」の尺度)はこの値で最小化され、これは長さの4/9における取付点の推定値に相当する。更にコンピュータによるモデル化により、この取付点に変換器の幅の領域に関して有効であることが示された。共振素子の長さに沿った33%乃至34%における第2のサスペンション点もまた適切であると思われる。

【0095】

長さに沿って44%に取り付けられた共振素子におけるコスト(すなわち、自乗平均中心比)対アスペクト比($AR = W / 2L$)のグラフをプロットすることによって、コスト関数がこの値で最小になることから、最適なアスペクト比は $1.06 + / - 0.01$ 乃至1であるように決定することができる。

【0096】

パネル(12)に対する最適取付角度は、最適な角度を見つけるために2つの「悪さの尺度」を使用して求めることができる。例えば、応答のログ(dB)大きさの標準偏差は「粗さ」の尺度である。利点/悪さのこのような数字は本出願人らの国際特許出願WO99/41839で説明されている。最適化された変換器、すなわちアスペクト比が1.06:1でモデル化を使用した取付点が44%の変換器に関しては、取付位置が対称ではないので、取付(16)ラインを回転させると著しい効果が得られる。換言すれば左側に面しているより長い端部で約270°という角度の選択肢がある。

【0097】

図25A及び図25Bは、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。台形の形状は2つのパラメータ、すなわちAR(アスペクト比)及びTR(テーパ

10

20

30

40

50

比)によって制御される。A R及びT Rは、例えばラインのいずれかの側の等価質量などの、ある制約が満足されるように第3のパラメータを決定する。

【0098】

等価質量(又は等価面積)の制約方程式は次の通りである。

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

上式は独立変数としてのT R又は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。

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

10

又は、

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

慣性モーメントを等しくする、又は全慣性モーメントを最小化する等価式が容易に得られる。

等価慣性モーメント(又は面積の等価2次モーメント)に関する制約方程式は次の通りである。

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

20

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

又は、

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

30

最少合計慣性モーメントの制約方程式は、

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

$$TR = 3 - 6\lambda$$

又は、

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

40

【0099】

コスト関数(すなわち「悪さ」尺度)は、A Rの0.9から1.25までの範囲、T Rの0.1から0.5の範囲、等価質量において制約されるでF E Aを40回実行した結果についてプロットした。すなわち変換器は質量中心に取り付けられる。結果は下表に示され、A R = 1、T R = 0.3をもつ、が43%に近づく最適な形状があることが示される。

tr	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%

【 0 1 0 0 】

従って、台形変換器の1つの利点は、変換器が重心／質量中心にあるが対称線ではない取付ラインに沿って取り付けることができることである。従ってそのような変換器には、慣性的に不均衡とならずにモード分布が改善される利点があることになる。先に使用された2つの比較法は、配向の最適な角度として再度270°乃至300°を選択する。

【 0 1 0 1 】

本発明に使用される変換器は、例えばW097/09842に記載されたように変換器が分布モードのオブジェクトとして設計される、分布モードパネルとは相反するものとして理解することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 2 】

【図1A】本発明を具現化する使い捨てラウドスピーカの正面斜視図である。

20

【図1B】図1AのAA線に沿った断面図である。

【図2A】本発明を具現化するラウドスピーカ構成要素の正面斜視図である。

【図2B】本発明を具現化するラウドスピーカ構成要素の側面図である。

【図3】本発明を具現化するパーソナルコンピュータ用のマウス又はポインティングデバイスの断面図である。

【図4】エンクロージャに取り付けられた本発明を具現化するラウドスピーカの断面図である。

【図5】本発明を具現化する個人用携帯型情報端末又は他の携帯用コンピュータの断面図である。

【図6A】本発明を具現化するラウドスピーカシステムの側面図である。

30

【図6B】本発明を具現化するラウドスピーカシステムの平面図である。

【図7】本発明を具現化するラップトップコンピュータの斜視図である。

【図8】本発明を具現化する第2のラップトップコンピュータのAA線に沿った（図7に示される）断面図である。

【図9A】タッチパッド組立体の平面図である。

【図9B】タッチパッド組立体の断面図である。

【図9C】電子装置に組み込まれた図9A及び図9Bのタッチパッド組立体の部分断面図である。

【図9D】図9A及び図9Bのタッチパッド組立体を組み込んだラップトップのケーシング内部の部分斜視図である。

40

【図10A】既知のラップトップにおける音響出力対周波数のグラフ。

【図10B】図9Aのタッチパッド組立体を使用するラップトップにおける音響出力対周波数のグラフ。

【図10C】図9Bのタッチパッド組立体を使用する第2のラップトップにおける周波数に対してdBで表した空間的平均伝達関数のグラフ。

【図11A】本発明を具現化する個人用携帯型情報端末（PDA）の正面図である。

【図11B】図11AのPDAの側断面図である。

【図12A】本発明を具現化する視覚的表示装置（VDU）の斜視図である。

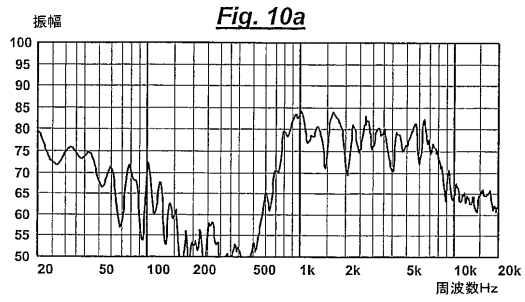
【図12B】図12AのVDUの一部の断面図である。

【図13A】本発明を具現化するクレジットカードの正面図である。

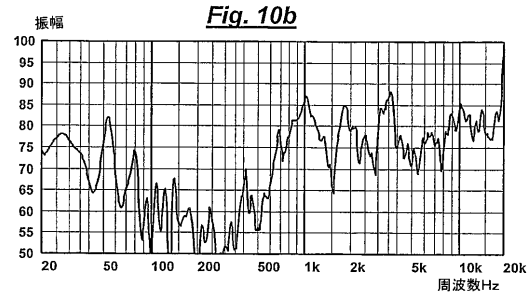
50

- 【図 1 3 B】図 1 3 A の線 A - A に沿ったクレジットカードの側断面図である。
- 【図 1 3 C】図 1 3 A の線 B - B に沿ったクレジットカードの側断面図である。
- 【図 1 4】本発明を具現化するグリーティングカードの斜視図である。
- 【図 1 5 A】本発明を具現化する個人用携帯型情報端末 (P D A) の正面図である。
- 【図 1 5 B】図 1 5 A の P D A の側断面図である。
- 【図 1 6】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。
- 【図 1 7】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。
- 【図 1 8】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。
- 【図 1 9】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。
- 【図 2 0】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。 10
- 【図 2 1】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。
- 【図 2 2】本発明に使用することができる別のモード変換器の側面図である。
- 【図 2 3】本発明に使用することができる別のモード変換器の平面図である。
- 【図 2 4 a】本発明に使用することができる変換器のパラメータモデルの概略平面図である。
- 【図 2 4 b】図 2 4 a の変換器の取付ラインに垂直な断面である。
- 【図 2 5 a】本発明に使用することができる変換器のパラメータモデルの概略平面図である。
- 【図 2 5 b】図 2 5 a の変換器の概略平面図である。 20
- 【符号の説明】 20
- 【 0 1 0 3 】
- 6 2 変換器
- 6 6 接続スタブ
- 1 9 0 デスクトップコンピュータ
- 1 9 2 ディスプレイスクリーン
- 1 9 4 リッド
- 1 9 6 ヒンジ
- 1 9 8 ベース
- 2 0 0 キー
- 2 0 1 端部の中心 30
- 2 0 2 タッチパッド
- 2 0 4 撓み波音響ラジエータ

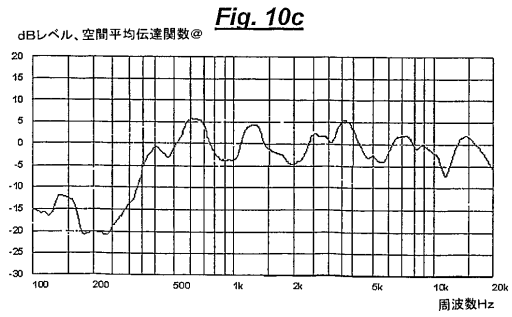
【図 10 A】



【図 10 B】



【図 10 C】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
30 January 2003 (30.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/009219 A2(51) International Patent Classification: **G06K 11/00**

(21) International Application Number: PCT/GB02/03316

(22) International Filing Date: 19 July 2002 (19.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
0117658.5 20 July 2001 (20.07.2001) GB
0130764.4 24 December 2001 (24.12.2001) GB(71) Applicant (for all designated States except US): **NEW TRANSDUCERS LIMITED** [GB/GB]; 37 Ixworth Place, London SW3 3QH (GB).

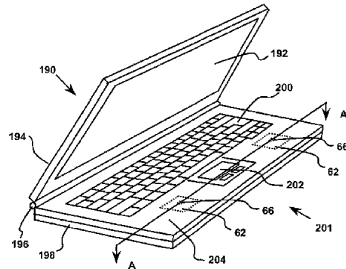
(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **BANK, Graham** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House,Kingfisher Way, Hinchingsbrooke Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **OWEN, Neil, Simon** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchingsbrooke Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **HARRIS, Neil** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchingsbrooke Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **CASSEY, Martin, Christopher** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchingsbrooke Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **COLLOMS, Martin** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchingsbrooke Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB).(74) Agent: **MAGUIRE, Ross**; 5 Crown Street, St. Ives, Cambridgeshire PE27 5LB (GB).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GU, GM, GR, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,

[Continued on next page]

(54) Title: ELECTRONIC ARTICLE COMPRISING LOUDSPEAKER & TOUCH PAD



(57) Abstract: A touch pad assembly (202) for use in an electronic article (190), the assembly comprising a touch pad (202), a coupler for mechanically coupling the touch pad (202) to casing (198) of the electronic article and a transducer (108) which is mounted by coupling means (66) on the coupler or the touch pad to drive the casing as an acoustic radiator. An electronic article incorporating the same. An electronic article (190) comprising a body in or on which a bending wave loudspeaker is mounted, the loudspeaker comprising a bending wave acoustic radiator (204) and an electromechanical force transducer (108) mounted to the radiator (204) to vibrate the radiator to produce an acoustic output characterised in that the transducer (108) has an intended operative frequency range and comprises a resonant element having a frequency distribution of modes in the operative frequency range and coupling means (66) for mounting the transducer (108) to the radiator.

WO 03/009219 A2

WO 03/009219 A2 

MX, MZ, NO, NZ, OM, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

Published:

— without international search report and to be republished
upon receipt of that report

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HU, IT, LU, MC, NL, PT, SI, SK,
TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

1

5 ELECTRONIC ARTICLE COMPRISING LOUDSPEAKER & TOUCH PAD10 DESCRIPTION15 TECHNICAL FIELD

The invention relates to electronic articles, in particular low power or self powered articles, for example electronic articles for personal use, such for example, as mobile telephones, personal organisers and pocket radios.

20 BACKGROUND ART

It is known from International patent application WO00/69212 to provide a personal portable electronic article having a body or casing in or on which a bending wave loudspeaker is mounted. The bending wave loudspeaker
25 comprises an acoustic radiator and a vibration exciter mounted on the radiator to vibrate the radiator to produce an acoustic output. The radiator is formed integrally with the

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

2

body or casing as an injection moulding and defines a sub-area of the body or casing. By personal portable electronic article it is meant an article which is sufficiently small to be hand-held.

5 The radiator may be a distributed mode acoustic radiator speaker e.g. of the kind described in International application WO97/09842.

In general, personal portable electronic articles are either low power or self-powered devices.

10 SUMMARY OF THE INVENTION

According to the invention an electronic article comprises a body or casing in or on which a bending wave loudspeaker is mounted, the loudspeaker comprising a bending wave acoustic radiator and an electromechanical force
15 transducer mounted to the radiator to vibrate the radiator to produce an acoustic output characterised in that the transducer has an intended operative frequency range and comprises a resonant element having a frequency distribution of modes in the operative frequency range and coupling means
20 for mounting the transducer to the radiator. The coupling means may be mounted on the resonant element.

The electronic article may be a remote powered article, for example, with either a light or infrared power source. The electronic article may thus be selected from a wireless
25 panel, personal PA or solar panel. The electronic article may

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

3

be a low power article, e.g. cordless devices such as portable radios, walkmans, personal data assistants (PDA), electronic toys, buzzers, polyphonic or monophonic sounders, chimes, electronic novelties, laptops, computer mouse, keyboard, display case, personal computers, monitors or televisions. The electronic article may further be disposable, e.g. disposable speaker or buzzer, low cost communication devices, credit cards, novelties, books or cards.

10 The acoustic radiator may be moulded or co-moulded integrally with the body or casing. The radiator may be transparent and may, for example, define a display screen area.

The acoustic radiator may be a touch pad. The acoustic radiator may be whole or part of the casing which surrounds the touch pad. The coupling means may comprise the touch pad which is acoustically coupled to the casing, e.g. by a frame surrounding the periphery of the touch pad. A transducer may be mounted to the touch pad either directly on the touch pad or on the frame and the transducer drives the casing. The touch pad may be coupled to the casing by integral locking clips or separate locking components such as bolts, screws or bayonet fixings. Alternatively, the touch pad may be a friction fit on the casing.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

4

In this way, an integrated assembly comprising the touch pad and transducer may be used to drive the acoustic radiator. The touch pad and the casing surrounding the touch pad may both act as acoustic radiators with the casing acting as the primary acoustic radiator. If desired, at least one additional transducer may be mounted on the primary acoustic radiator. The touch pad assembly may replace a standard touch pad in any electronic equipment, e.g. a laptop or a personal data assistant.

10 The resonant element may be active e.g. may be a piezoelectric transducer and may be in the form of a strip of piezoelectric material. Alternatively, the resonant element may be passive and the transducer may further comprise an active transducer, e.g. an inertial or grounded vibration transducer, actuator or exciter, e.g. moving coil transducer.

15 The active transducer may be a bender or torsional transducer (e.g. of the type taught in WO00/13464). Furthermore, the transducer may comprise combination of passive and active elements to form a hybrid transducer.

20 A number of transducer, exciter or actuator mechanisms have been developed to apply a force to a structure, e.g. an acoustic radiator of a loudspeaker. There are various types of these transducer mechanisms, for example moving coil, moving magnet, piezoelectric or magnetostrictive types.

25 Typically, electrodynamic speakers using coil and magnet type

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

5

transducers lose 99% of their input energy to heat whereas a piezoelectric transducer may lose as little as 1%. Thus, piezoelectric transducers are popular because of their high efficiency.

5 There are several problems with piezoelectric transducers, for example, they are inherently very stiff, for example comparable to brass foil, and are thus difficult to match to an acoustic radiator, especially to the air. Raising the stiffness of the transducer moves the fundamental
10 resonant mode to a higher frequency. Thus such piezoelectric transducers may be considered to have two operating ranges. The first operating range is below the fundamental resonance of the transducer. This is the "stiffness controlled" range where velocity rises with frequency and the output response
15 usually needs equalisation. This leads to a loss in available efficiency. The second range is the resonance range beyond the stiffness range, which is generally avoided because the resonances are rather fierce.

Moreover, general teaching is to suppress resonances in
20 a transducer, and thus piezoelectric transducers are generally used only used in the frequency range below or at the fundamental resonance of the transducers. Where piezoelectric transducers are used above the fundamental resonance frequency it is necessary to apply damping to
25 suppress resonance peaks.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

6

The problems associated with piezoelectric transducers similarly apply to transducers comprising other "smart" materials, i.e. magnetostrictive, electrostrictive, and electret type materials. Various piezoelectric transducers are also known, for example as described in EP 0993 231A of Shinsei Corporation, EP 0881 856A of Shinsei Corporation, US 4,593,160 OF Murata Manufacturing Co. Limited, US 4,401,857 of Sanyo Electric Co Limited, US 4,481,663 of Altec Corporation and UK patent application GB2,166,022A of Sawafuji. However, it is an object of the invention to employ an improved transducer.

The transducer used in the present invention may be considered to be an intendedly modal transducer. The coupling means may be attached to the resonant element at a position which is beneficial for coupling modal activity of the resonant element to the interface. The parameters, e.g. aspect ratio, bending stiffness, thickness and geometry, of the resonant element may be selected to enhance the distribution of modes in the resonant element in the operative frequency range. The bending stiffness and thickness of the resonant element may be selected to be isotropic or anisotropic. The variation of bending stiffness and/or thickness may be selected to enhance the distribution of modes in the resonant element. Analysis, e.g. computer

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

7

simulation using FEA or modelling, may be used to select the parameters.

The distribution may be enhanced by ensuring a first mode of the active element is near to the lowest operating frequency of interest. The distribution may also be enhanced by ensuring a satisfactory, e.g. high, density of modes in the operative frequency range. The density of modes is preferably sufficient for the active element to provide an effective mean average force which is substantially constant with frequency. Good energy transfer may provide beneficial smoothing of modal resonances. Alternatively, or additionally, the distribution of modes may be enhanced by distributing the resonant bending wave modes substantially evenly in frequency, i.e. to smooth peaks in the frequency response caused by "bunching" or clustering of the modes. Such a transducer may thus be known as a distributed mode transducer or DMT.

Such an intendedly modal or distributed mode transducer is described in International patent application WO01/54450.

The transducer may comprise a plurality of resonant elements each having a distribution of modes, the modes of the resonant elements being arranged to interleave in the operative frequency range and thus enhance the distribution of modes in the transducer as a whole device. The resonant elements may have different fundamental frequencies and thus,

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

8

the parameters, e.g. loading, geometry or bending stiffness of the resonant elements may be different.

The resonant elements may be coupled together by connecting means in any convenient way, e.g. on generally
5 stiff stubs, between the elements. The resonant elements are preferably coupled at coupling points which enhance the modality of the transducer and/or enhance the coupling at the site to which the force is to be applied. Parameters of the connecting means may be selected to enhance the modal
10 distribution in the resonant element. The resonant elements may be arranged in a stack. The coupling points may be axially aligned.

The resonant element may be plate-like or may be curved out of planar. A plate-like resonant element may be formed
15 with slots or discontinuities to form a multi-resonant system. The resonant element may be in the shape of a beam, trapezoidal, hyperelliptical or may be generally disc shaped. Alternatively, the resonant element may be rectangular and may be curved out of the plane of the rectangle about an axis
20 along the short axis of symmetry.

The resonant element may be modal along two substantially normal axes, each axis having an associated fundamental frequency. The ratio of the two fundamental frequencies may be adjusted for best modal distribution, e.g.
25 9:7 (~1.286:1).

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

9

As examples, the arrangement of such modal transducer may be any of: a flat piezoelectric disc; a combination of at least two or preferably at least three flat piezoelectric discs; two coincident piezoelectric beams; a combination of multiple coincident piezoelectric beams; a curved piezoelectric plate; a combination of multiple curved piezoelectric plates or two coincident curved piezoelectric beams.

The interleaving of the distribution of the modes in each resonant element may be enhanced by optimising the frequency ratio of the resonant elements, namely the ratio of the frequencies of each fundamental resonance of each resonant element. Thus, the parameter of each resonant element relative to one another may be altered to enhance the overall modal distribution of the transducer.

When using two active resonant elements in the form of beams, the two beams may have a frequency ratio (i.e. ratio of fundamental frequency) of 1.27:1. For a transducer comprising three beams, the frequency ratio may be 1.315:1.147:1. For a transducer comprising two discs, the frequency ratio may be 1.1 +/- 0.02 to 1 to optimise high order modal density or may be 3.2 to 1 to optimise low order modal density. For a transducer comprising three discs, the frequency ratio may be 3.03:1.63:1 or may be 8.19:3.20:1.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

10

The parameters of the coupling means may be selected to enhance the distribution of modes in the resonant element in the operative frequency range. The coupling means may be vestigial, e.g. a controlled layer of adhesive.

5 The coupling means may be positioned asymmetrically with respect to the panel so that the transducer is coupled asymmetrically. The asymmetry may be achieved in several ways, for example by adjusting the position or orientation of the transducer with respect to axes of symmetry in the panel
10 or the transducer.

The coupling means may form a line of attachment. Alternatively, the coupling means may form a point or small local area of attachment where the area of attachment is small in relation to the size of the resonant element. The
15 coupling means may be in the form of a stub and have a small diameter, e.g. 3 to 4 mm. The coupling means may be low mass.

The coupling means may comprise more than one coupling point and may comprise a combination of points and/or lines of attachment. For example, two points or small local areas
20 of attachment may be used, one positioned near centre and one positioned at the edge of the active element. This may be useful for plate-like transducers which are generally stiff and have high natural resonance frequencies.

Alternatively only a single coupling point may be
25 provided. This may provide the benefit, in the case of a

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

11

multi-resonant element array, that the output of all the resonant elements is summed through the single coupling means so that it is not necessary for the output to be summed by the load. The coupling means may be chosen to be located at
5 an anti-node on the resonant element and may be chosen to deliver a constant average force with frequency. The coupling means may be positioned away from the centre of the resonant element.

The position and/or the orientation of the line of
10 attachment may be chosen to optimise the modal density of the resonant element. The line of attachment is preferably not coincident with a line of symmetry of the resonant element. For example, for a rectangular resonant element, the line of attachment may be offset from the short axis of symmetry (or
15 centre line) of the resonant element. The line of attachment may have an orientation which is not parallel to a symmetry axis of the panel.

The shape of the resonant element may be selected to provide an off-centre line of attachment which is generally
20 at the centre of mass of the resonant element. One advantage of this embodiment is that the transducer is attached at its centre of mass and thus there is no inertial imbalance. This may be achieved by an asymmetric shaped resonant element which may be in the shape of a trapezium or trapezoid.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

12

For a transducer comprising a beam-like or generally rectangular resonant element, the line of attachment may extend across the width of the resonant element. The area of the resonant element may be small relative to that of the
5 acoustic radiator.

The acoustic radiator may be in the form of a panel. The panel may be flat and may be lightweight. The material of the acoustic radiator may be anisotropic or isotropic.

The acoustic radiator may have a distribution of
10 resonant bending wave modes as taught in WO 97/09842 and the properties of the acoustic radiator may be chosen to distribute the resonant bending wave modes substantially evenly in frequency, i.e. to smooth peaks in the frequency response caused by "bunching" or clustering of the modes.

15 In particular, the properties of the acoustic radiator may be chosen to distribute the lower frequency resonant bending wave modes substantially evenly in frequency. The lower frequency resonant bending wave modes are preferably the ten to twenty lowest frequency resonant bending wave
20 modes of the acoustic radiator.

The transducer location may be chosen to couple substantially evenly to the resonant bending wave modes in the acoustic radiator, in particular to lower frequency resonant bending wave modes. In other words, the transducer
25 may be mounted at a location where the number of

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

13
vibrationally active resonance anti-nodes in the acoustic
radiator is relatively high and conversely the number of
resonance nodes is relatively low. Any such location may be
used, but the most convenient locations are the near-central
5 locations between 38% to 62% along each of the length and
width axes of the acoustic radiator, but off-centre.
Specific or preferential locations are at 3/7, 4/9 or 5/13 of
the distance along the axes; a different ratio for the length
axis and the width axis is preferred. Preferred is 4/9
10 length, 3/7 width of an isotropic panel having an aspect
ratio of 1:1.13 or 1:1.41.

The operative frequency range may be over a relatively
broad frequency range and may be in the audio range and/or
ultrasonic range. There may also be applications for sonar
15 and sound ranging and imaging where a wider bandwidth and/or
higher possible power will be useful by virtue of distributed
mode transducer operation. Thus, operation over a range
greater than the range defined by a single dominant, natural
resonance of the transducer may be achieved.

20 The lowest frequency in the operative frequency range is
preferably above a predetermined lower limit which is about
the fundamental resonance of the transducer.

For example, for a beam-like active resonant element,
the force may be taken from the centre of the beam, and may
25 be matched to the mode shape in the acoustic radiator to

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

14

which it is attached. In this way, the action and reaction may co-operate to give a constant output with frequency. By connecting the resonant element to the acoustic radiator at an anti-node of the resonant element, the first resonance of the resonant element may appear to be a low impedance. In this way, the acoustic radiator should not amplify the resonance of the resonant element.

According to a second aspect of the invention, there is provided a touch pad assembly for use in an electronic article, e.g. laptop or PDA, the assembly comprising a touch pad, coupling means for mechanically coupling the touch pad to casing of the electronic article and a transducer which is mounted on the coupling means or the touch pad to drive the casing as an acoustic radiator.

The coupling means may be in the form of a frame surrounding the periphery of the touch pad. A transducer may be mounted on the touch pad or on the frame. The touch pad may be coupled to the casing by integral locking clips or separate locking components such as bolts, screws or bayonet fixings. Alternatively, the touch pad may be a friction fit on the casing.

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

The invention is diagrammatically illustrated, by way of example, in the accompanying drawings in which:

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

15

Figures 1A shows a front perspective view of a disposable loudspeaker embodying the present invention;

Figures 1B shows and a cross-sectional view along line AA of Figure 1A;

5 Figures 2A and 2B show front perspective and side views of a loudspeaker component embodying the present invention;

Figure 3 shows a cross-section of a mouse or pointing device for a personal computer embodying the present invention;

10 Figure 4 shows a cross-section of a loudspeaker embodying the present invention mounted in an enclosure;

Figure 5 shows a cross-section of a personal data assistant or other portable computer embodying the present invention;

15 Figures 6A and 6B show side and plan views of a loudspeaker system embodying the present invention;

Figure 7 shows a perspective view of a laptop computer embodying the present invention;

20 Figure 8 shows a cross-section along line AA (shown in Figure 7) of a second laptop computer embodying the present invention;

Figures 9A and 9B show plan and cross-sectional views of a touch pad assembly;

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

16

Figure 9C shows a partial cross-sectional view of the touch pad assembly of Figures 9A and 9B incorporated in electronic apparatus;

Figure 9D shows a partial perspective view of the inside of the casing of a laptop incorporating a touch pad assembly of Figures 9A and 9B;

Figures 10A and 10B show graphs of sound output versus frequency for a known laptop and a laptop using the touch pad assembly of Figure 9A, respectively;

Figure 10C is a graph of spatial average transfer function in dB against frequency for a second laptop using a touch pad assembly of Figure 9B;

Figure 11A is a front view of a personal digital assistant (PDA) embodying the invention;

Figure 11B is a cross-sectional side view of the PDA of Figure 11A;

Figure 12A is a perspective view of a visual display unit (VDU) embodying the present invention;

Figure 12B is a cross-sectional view of part of the VDU of Figure 12A;

Figure 13A is a front view of a credit card embodying the present invention;

Figure 13B is a cross-sectional side view of the credit card of Figure 13A and taken along the line A-A;

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

17

Figure 13C is a cross-sectional view of the credit card of Figure 13A and taken along the line B-B;

Figure 14 is a perspective view of a greeting card embodying the present invention;

5 Figure 15A is a front view of a personal digital assistant (PDA) embodying the present invention;

Figure 15B is a cross-sectional side view of the PDA of Figure 15A;

10 Figures 16 to 22 are side views of alternative modal transducers which may be used in the present invention;

Figure 23 is a plan view of an alternative modal transducer which may be used in the present invention;

15 Figure 24a is a schematic plan view of a parameterised model of a transducer which may be used in the present invention;

Figure 24b is a section perpendicular to the line of attachment of the transducer of Figure 24a;

20 Figure 25a is a schematic plan view of a parameterised model of a transducer which may be used in the present invention and

Figure 25b is a schematic plan view of the transducer of Figure 25a.

DETAILED DESCRIPTION

25 Figures 1A and 1B show a disposable loudspeaker, for example, a polyphonic sounder, disposable buzzer, credit card

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

18
or other novelty loudspeaker. The loudspeaker comprises a
panel (60) which is capable of supporting bending wave
vibration, preferably resonant bending wave vibration and a
transducer (62) mounted to the panel (60) by a connecting
5 stub (66) to excite bending wave vibration to produce an
acoustic output. The transducer (62) is an intendedly modal
transducer or distributed mode transducer as hereinbefore
described and as described in WO01/54450. The transducer (62)
comprises a piezoelectric plate element (64). Two flexible
10 wires in the form of connecting leads (68) provide electrical
input to the element (64).

Figure 2 shows a loudspeaker (58) similar to that of
Figures 1A and 1B and thus elements in common have the same
reference number. The loudspeaker (58) is mounted by way of
15 a flexible surround (86) onto a support frame (84) which
extends around the loudspeaker periphery. The support frame
(84) allows the loudspeaker to be easily mounted onto a
surface or additional support.

Figure 3 shows a cross section of a mouse (88) which is
20 used as a pointing device in a computer system (not shown).
The mouse (88) comprises the standard components such as ball
(90), lower case (92) and cover (94). The cover (94) is
designed to be capable of supporting bending wave vibration,
preferably resonant bending wave vibration. An intendedly

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

19

modal transducer (108) is mounted to the cover (94) by a connecting stub (66) to excite bending wave vibration to produce an acoustic output.

The transducer comprises upper and lower bimorph beams (112) and (110), the upper beam (112) being connected to the cover (94) by the stub (66) which extends across the width of the beams. The stub may be 1-2 mm wide and high and may be made from hard plastics and/or metal with suitable insulating layers to prevent electrical short circuits.

The upper beam (112) is longer than the lower beam (110) and the beams are connected by a centrally mounted stub (152). Each beam consists of three layers, namely two outer layers of piezoelectric ceramic material, e.g. PZT 5H, sandwiching a central brass vane. The outer layers may be attached to the brass vane by adhesive layers which are typically 10 - 15 microns in thickness.

Figure 4 shows a panel (60) which is capable of supporting bending wave vibration, preferably resonant bending wave vibration. The panel (60) is mounted in a closed box (154), by way of a flexible suspension (156) which extends around the periphery of the panel (60). An intended modal transducer (108), similar to that used in Figure 3, is mounted to the panel (60) by a connecting stub (66) to excite bending wave vibration to produce an acoustic output.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

20

The closed box (154) prevents, by and large, sound radiated from the rear (155) of the panel (60) from interfering with sound radiated from the front (157) of the panel. The box (154) thus acts as a baffle to prevent
5 acoustical cancellation. The box (154) may be filled with a suitable absorber.

Figure 5 shows a personal data assistant (PDA) (158) which comprises the normal components, namely a case (176) which supports keys (170) and a lid (180) which is hinged
10 about a hinge (178) to the case (176). The lid (180) supports a display (172), which may be liquid crystal display (LCD) or thin film transistor (TFT) and an optional front window (174) which may be fitted in front of the display (172). The lid (180) is designed to be capable of supporting
15 bending wave vibration, preferably resonant bending wave vibration. An intendedly modal transducer (62), such as the transducer (62) of Figures 1A and 1B is mounted to the lid (180) by a connecting stub (66) to excite bending wave vibration to produce an acoustic output.

20 The transducer (62) has a mechanical source impedance, which is matched to that of the lid (180) whereby maximum power transfer may be achieved. As an alternative or in addition, a transducer may be mounted to the case (176).

Figures 6A and 6B shows a loudspeaker system comprising
25 a panel (60) capable of supporting bending wave vibration,

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

21

preferably resonant bending wave vibration and an intendedly modal transducer (62), such as the transducer (62) of Figures 1A and 1B. The transducer (62) is mounted to the panel (60) by a connecting stub (66) to excite bending wave vibration to
5 produce an acoustic output.

The signal for the transducer (62) is provided by an amplifier (182) which is mounted on the panel (60). The system further comprises a power source (184), e.g. a battery, solar cell or direct infrared link, which powers the
10 amplifier. Thus, the loudspeaker system (186) is adapted for operation as a wireless device, which may be used in a wireless panel/personal PA, self-powered solar panel, cordless devices or portable radio/walkman. The system (186) may be fully remote powered - e.g. light/infrared power
15 source

Figures 7 and 8 show a laptop computer (190) comprising the following standard components, namely a base (198) which supports keys (200) and a touch pad (202), and a lid (194) which is hinged about hinge (196) to the base. A display
20 screen (192) is fitted into the lid (194). The keys (200) are located towards the screen (192). The touch pad (202) which is used for pointing functions sits near to the centre of the edge (201) of the base (198) which is closest to the user.

In Figure 7, two modal transducers (62), such as those
25 used in the Figure 1A and 1B embodiment, are mounted by stubs

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

22

(66) within the base to an inner upper surface of the base. Alternatively, as shown in Figure 8, modal transducers (108) such as that used in Figure 3 may be used. The upper surface of the base is designed to have regions (204) which cover all or part of the base and which are capable of supporting bending wave vibration, preferably resonant bending wave vibration. In either embodiment, the transducers are mounted to two such regions to excite bending wave vibration to produce an acoustic output. The transducers may be designed to drive the local case mechanical impedance to achieve a high level of mechanical coupling efficiency.

Figures 9A and 9B show a touch pad assembly (203) which may be used to replace the touch pad of Figures 7 and 8, or the touch pad of other embodiments of the invention. The touch pad assembly (203) comprises a touch pad (202), a frame (205) extending around the perimeter of the touch pad (202) and a transducer (207) mounted on the frame. The frame is grooved whereby the frame has a generally U-shaped cross-section. Both the touch pad (202) and the transducer (207) are mounted within the groove but are separated by a small air gap (213).

The touch pad (202) is made from a glass fibre reinforced plastics circuit board material and has mechanical impedance of approximately 3.59Ns/m. The touch pad (202) is approximately 0.4mm thick and a plastics laminate which is

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

23

170 microns is adhered to a front surface of the touch pad (202). The plastics laminate provides a decorative or protective coating.

As shown in Figure 9C, the frame (205) of the touch pad assembly (203) is mounted to the casing (209) of electronic apparatus, e.g. a laptop or a personal data assistant. The transducer (207) drives bending wave vibration in the frame (205). The frame (205) is mechanically and acoustically coupled to the casing whereby vibration of the frame is transmitted to the casing (209). The casing forms the primary acoustic radiator of the electronic apparatus.

The transducer (207) is chosen to match the impedance of the combined touch pad and wrist pad. The transducer is preferably a DMT but may alternatively be an inertial or a grounded vibration transducer, actuator or exciter, e.g. moving coil transducer, a piezoelectric transducer, a magneto-strictive exciter or a bender or torsional transducer (e.g. of the type taught in WO 00/13464).

Figure 9D shows a section of the inside of laptop in which the touch pad assembly is mounted. Figure 9D shows a view of the top of the casing facing downwards. The touch pad (202) is supported in the casing (209) with areas (240) either side of the touch pad (202) forming wrist rests. The casing (209) also comprises an aperture (241) in which the keyboard is inserted with a moulded divider (242) separating

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

24

the aperture from the wrist rest areas (240). A strip (243) of 1.5mm thick polystyrene is attached down one edge of the wrist rests to help with the panel boundary conditions. A second strip (not shown) is attached to the wrist rest on the other side of the touch pad. The strips extend between a front wall (244) of the casing (209) and the moulded divider (242).

In each of the laptop embodiments, to avoid spurious rattles, small foam spacers may be fitted to any buttons on the casing and to the finned metal foil which connects the chassis of the central processing unit to a heat sink.

The benefit of such an arrangement is that the touch-pad and transducer are incorporated in a single integrated assembly. Furthermore, additional electrical connections (211) for the transducer may be easily added to the touch pad (202) which already carries electrical connections for other purposes. The integrated assembly provides the possibility of reducing complexity, weight and cost as well as taking up less space, which is at a premium in compact portable electronic articles.

Figures 10A and 10B show the frequency response of a known DELL (TM) laptop with an existing microspeaker and a laptop in which the touch pad has been replaced with a touch pad assembly of Figures 9A to 9C. Measurements were taken at 25cms above the wrist pad with the laptop placed on a flat

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

25

desk which was heavy enough to not contribute to the measured output. The laptop according to the present invention benefits from an improved level of treble.

Furthermore, the laptop according to the present invention has a speaker with a substantially capacitive impedance. In particular, the modulus of the impedance falls from over 1000ohms at 1kHz to 100ohms at 10kHz. Thus, generally the speaker has a falling power content as the frequency rises, especially for music.

Figure 10C illustrates the performance of a Compaq (TM) laptop in which the touch pad has been replaced with an assembly similar to that shown in Figure 9A. The transducer is mounted to the touch pad and drives both the touch pad and the casing (wrist rest) either side of the touch pad. The panel boundary conditions are defined as in Figure 9D. The wrist rests on either side of the touch pad are adapted to have equal mechanical impedance. The impedance of the transducer was designed to match the overall impedance of the panel and wrist rests combined. Thus the transducer is a double beam transducer with wider than normal beams of length 42 mm and 39 mm respectively.

As shown in Figure 10C has a low frequency limit of approximately 400Hz. The acoustical output is dominated by the acoustical loading at the rear of the panel and if the small air space behind the panel is reduced, the bandwidth

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

26

will be severely curtailed. For example, bandwidth extending down to 200Hz may be achieved with a suitable transducer in a 6mm air space but the low frequency limit rises to 600 Hz if the air space drops to 2 mm.

5 Figure 11A shows a front view of a Personal Digital assistant (PDA) which often have a touch screen (214), as well as buttons (216) for control and data input. A sectioned view in Figure 9 shows the PDA in more detail. The case (218) is usually made in two parts, which fit together
10 to contain the display screen (220) and the electronics are fitted onto an internal printed circuit board (224). The rear of the case (usually a plastics moulding) is used to radiate sound by attaching a transducer (108) via a stub (66). The transducer (108) comprises a longer beam (112)
15 driving the stub (66) with a second beam (110) connected by way of a second stub (152). Although in this case the longer beam is close to the case (218), the two beams could be exchanged without any detriment. Leads are provided for electrical input connections.

20 Figure 12A shows a perspective view of a visual display unit (137) formed in any desired fashion, e.g. as a cathode ray tube or as a liquid crystal display. The unit (137) comprises a box-like housing (101) having a display screen (37) mounted in a front face, a rear face and opposed sides
25 (102). As shown more clearly in Figure 12B, a generally

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

27

rectangular panel (2) is defined by grooves (3) in each of the opposed sides (102). Each panel (2) comprises a core (22) sandwiched between two skins (21). A double beam transducer (108) as described above is attached to each panel (2) to
5 launch/excite bending waves into the panels to cause them to resonate to produce an acoustic output.

The use of the intendly modal transducer (108) allows good mechanical coupling to be achieved by matching the mechanical impedance of the transducer to the side. Thus,
10 although the panels (2) may be specifically designed to be optimised for acoustic performance, i.e. may be light and stiff, this is not essential. This avoids the need to substantially change the manufacturing requirements and methods utilised by the monitor/TV manufacturer.

15 Figures 13A to 13C show a credit card (226) in which a single beam transducer (62) is mounted within a pocket (230) in the body (228) of the card (226). The transducer (62) drives the card to radiate sound by way of a stub (66) which may be integrally moulded into the body (228). The pocket
20 (230) allows the ends of the transducer (62) to freely vibrate without touching any other parts of the card. The card is powered by an embedded electronic circuit (230), which may comprise a power source, memory, signal processing and amplification and is connected to wires (236) linked to
25 the transducer (62). A thin cover (232), which may be made

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

28

from a suitable paper, plastics or metal, is provided to enclose the transducer (62) and electronic circuit (230).

Figure 14 shows a greetings or similar card (81) in the form of a folded member having a front leaf (83) and a rear leaf (85). A transducer (62) is attached to one of the leaves, preferably the rear leaf (146), by way of a small stub (not shown), to vibrate the leaf to cause it to resonate to produce an acoustic output. The transducer (62) is driven by a signal generator/amplifier battery unit (87), which is actuated by a switch (89) concealed in the fold of the card so as to activate the signal generator when the card is opened.

Figured 15A and 15B show a PDA similar to that of Figures 11A and 11B and thus elements in common have the same reference number. The PDA differs in that it comprises a lid (215) which protects the touch screen (214) and which is depicted in its open position, i.e. that of normal use. A double beam transducer (108) is attached to the lid (215) by a stub (66) to enable the lid (215) to be used as a loudspeaker. This stub (66) may be integrally moulded into the lid (215). The transducer (108) comprises two beams (110,112) of different lengths connected together by a stub (152). Electrical connections are made by wires to the drive circuitry within the body (218) of the PDA (not shown).

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

29

The remaining figures show alternative transducers which may be used in conjunction with the embedded loudspeakers embodied in Figures 1 to 15b. An intended modal transducer may be designed with reduced mass and depth compared to a moving coil/permanent magnet design. Accordingly, the use of such a transducer should reduce the overall weight of the loudspeaker and the transducer should be suitable for installations in which space is limited. Thus, the transducer is ideally suited to portable applications shown in Figures 1 to 15B.

Figure 16 shows a transducer (42) which comprises a first piezoelectric beam (43) on the back of which is mounted a second piezoelectric beam (51) by connecting means in the form of a stub (48) located at the centre of both beams. Each beam is a bi-morph. The first beam (43) comprises two layers (44,46) of piezoelectric material and the second beam (51) comprises two layers (50,52). The poling directions of each layer of piezoelectric material are shown by arrows (49). Each layer (44, 50) has an opposite poling direction to the other layer (46, 52) in the bi-morph. The bimorph may also comprise a central conducting vane which allows a parallel electrical connection as well as adding a strengthening component to the ceramic piezoelectric layers. Each layer of each beam (44, 46) may be made of the same/different

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

30

piezoelectric material. Each layer is generally of a different length.

The first piezoelectric beam (43) is mounted on a panel (54) by coupling means in the form of a stub (56) located at the centre of the first beam. By mounting the first beam at its centre only the even order modes will produce output. By locating the second beam behind the first beam, and coupling both beams centrally by way of a stub they can both be considered to be driving the same axially aligned or co-

5 the centre of the first beam. By mounting the first beam at its centre only the even order modes will produce output. By locating the second beam behind the first beam, and coupling both beams centrally by way of a stub they can both be considered to be driving the same axially aligned or co-

10 incident position.

When elements are joined together, the resulting distribution of modes is not the sum of the separate sets of frequencies, because each element modifies the modes of the other. The two beams are designed so that their individual modal distributions are interleaved to enhance the overall modality of the transducer. The two beams add together to produce a useable output over a frequency range of interest. Local narrow dips occur because of the interaction between the piezoelectric beams at their individual even order modes.

15 modal distributions are interleaved to enhance the overall modality of the transducer. The two beams add together to produce a useable output over a frequency range of interest. Local narrow dips occur because of the interaction between the piezoelectric beams at their individual even order modes.

The second beam may be chosen by using the ratio of the fundamental resonance of the two beams. If the materials and thicknesses are identical, then the ratio of frequencies is just the square of the ratio of lengths. If the higher f_0 (fundamental frequency) is simply placed half way between f_0

20 The second beam may be chosen by using the ratio of the fundamental resonance of the two beams. If the materials and thicknesses are identical, then the ratio of frequencies is just the square of the ratio of lengths. If the higher f_0 (fundamental frequency) is simply placed half way between f_0

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

31

and f1 of the other, larger beam, f3 of the smaller beam and f4 of the lower beam coincide.

Plotting a graph of a cost function against ratio of frequency for two beams shows that the ideal ratio is 1.27:1, namely where the cost function is minimised at point. This ratio is equivalent to the "golden" aspect ratio (ratio of f02:f20) described in WO97/09482. The method of improving the modality of a transducer may be extended by using three piezoelectric beams in the transducer. The ideal ratio is

10 1.315:1.147:1.

The method of combining active elements, e.g. beams, may be extended to using piezoelectric discs. Using two discs, the ratio of sizes of the two discs depends upon how many modes are taken into consideration. For high order modal density, a ratio of fundamental frequencies of about 1.1 +/- 0.02 to 1 may give good results. For low order modal density (i.e. the first few or first five modes), a ratio of fundamental frequencies of about 3.2:1 is good. The first gap comes between the second and third modes of the larger disc.

20 Since there is a large gap between the first and second radial modes in each disc, much better interleaving is achieved with three rather than with two discs. When adding a third disc to the double disc transducer, the obvious first target is to plug the gap between the second and third modes

25 of the larger disc of the previous case. However, geometric

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

32

progression shows that this is not the only solution. Using
fundamental frequencies of f_0 , $\alpha.f_0$ and $\alpha^2.f_0$, and plotting
 $\text{rms}(\alpha^2)$ there exist two principal optima for α . The values
are about 1.72 and 2.90, with the latter value corresponding
5 to the obvious gap-filling method.

Using fundamental frequencies of f_0 , $\alpha.f_0$ and $\beta.f_0$ so
that both scalings are free and using the above values of α
as seed values, slightly better optima are achieved. The
parameter pairs (α, β) are (1.63, 3.03) and (3.20, 8.19).
10 These optima are quite shallow, meaning that variations of
10%, or even 20%, in the parameter values are acceptable.

An alternative approach for determining the different
discs to be combined is to consider the cost as a function of
the ratio of the radii of the three discs. The cost
15 functions may be RSCD (ratio of sum of central differences),
SRCD (sum of the ratio of central differences) and SCR (sum
of central ratios). For a set of modal frequencies, $f_0, f_1,$
 f_n, \dots, f_N , these functions are defined as:

RSCD (R sum CD):

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

20 SRCD (sum RCD):

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

33

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

CR:

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

The optimum radii ratio, i.e. where the cost function is
 5 minimised, is 1.3 for all cost functions. Since the square of
 the radii ratio is equal to the frequency ratio, for these
 identical material and thickness discs, the results of
 1.3*1.3=1.69 and the analytical result of 1.67 are in good
 agreement.

10 Alternatively or additionally, passive elements may be
 incorporated into the transducer to improve its overall
 modality. The active and passive elements may be arranged in
 a cascade. Figure 17 shows a multiple disc transducer (70)
 comprising two active piezoelectric elements (72) stacked
 15 with two passive resonant elements (74), e.g. thin metal
 plates so that the modes of the active and passive elements
 are interleaved.

The elements are connected by connecting means in the
 form of stubs (78) located at the centre of each active and
 20 passive element. The elements are arranged concentrically.
 Each element has different dimensions with the smallest and
 largest discs located at the top and bottom of the stack,

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

34

respectively. The transducer (70) is mounted on a load device (76), e.g. a panel, by coupling means in the form of a stub (78) located at the centre of the first passive device which is the largest disc.

5 The method of improving the modality of a transducer may be extended to a transducer comprising two active elements in the form of piezoelectric plates. Two plates of dimensions 1 by α and α by α^2 are coupled at $(3/7, 4/9)$. The frequency ratio is therefore about 1.3:1 ($1.14 \times 1.14 = 1.2996$).

10 As shown in Figure 18, small masses (104) may be mounted at the end of the piezoelectric transducer (106) having coupling means (105). In Figure 19, the transducer (114) is an inertial electrodynamic moving coil exciter, e.g. as described in WO97/09842, having a voice coil forming an
15 active element (115) and a passive resonant element in the form of a modal plate (118). The active element (115) is mounted on the modal plate (118) and off-centre of the modal plate.

The modal plate (118) is mounted on the panel (116) by a
20 coupler (120). The coupler is aligned with the axis (119) of the active element but not with the axis (Z) normal to the plane of the panel (116). Thus the transducer is not coincident with the panel axis (Z). The active element is connected to an electrical signal input via electrical wires
25 (122). The modal plate (118) is perforate to reduce the

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

35

acoustic radiation therefrom and the active element is located off-centre of the modal plate (118), for example, at the optimum mounting position, i.e. (3/7, 4/9).

Figure 20 shows a transducer (124) comprising an active piezoelectric resonant element which is mounted by coupling means (126) in the form of a stub to a panel (128). Both the transducer (124) and panel (128) have ratios of width to length of 1:1.13. The coupling means (126) is not aligned with any axes (130,Z) of the transducer or the panel. Furthermore, the placement of the coupling means is located at the optimum position, i.e. off-centre with respect to both the transducer (124) and the panel (128).

Figure 21 shows a transducer (132) in the form of active piezoelectric resonant element in the form of a beam. The transducer (132) is coupled to a panel (134) by two coupling means (136) in the form of stubs. One stub is located towards an end (138) of the beam and the other stub is located towards the centre of the beam.

Figure 22 shows a transducer (140) comprising two active resonant elements (142,143) coupled by connecting means (144) and an enclosure (148) which surrounds the connecting means (144) and the resonant elements (142). The transducer is thus made shock and impact resistant. The enclosure is made of a low mechanical impedance rubber or comparable polymer so as

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

36

not to impede the transducer operation. If the polymer is water resistant, the transducer (140) may be made waterproof.

The upper resonant element (142) is larger than the lower resonant element (143) which is coupled to a panel (145) via a coupling means in the form of a stub. The stub is located at the centre of the lower resonant element (143). The power couplings (150) for each active element extend from the enclosure to allow good audio attachment to a load device (not shown).

Figure 23 shows a transducer (160) in the form of a plate-like active resonant element. The resonant element is formed with slots (162) which define fingers (164) and thus form a multi-resonant system. The resonant element is mounted on a panel (168) by a coupling means in the form of a stub (166).

In Figures 24A and 24B, the transducer (14) is rectangular with out-of-plane curvature and is a pre-stressed piezoelectric transducer of the type disclosed in US patent 5632841 (International patent application WO 96/31333) and produced by PAR Technologies Inc under the trade name NASDRIV. Thus the transducer (14) is an active resonant element. The transducer has width (W) and length (L) and the position (x) of the attachment point (16).

The curvature of the transducer (14) means that the coupling means (16) is in the form of a line of attachment.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

37

When the transducer is mounted along a line of attachment along the short axis through the centre, the resonance frequencies of the two arms of the transducer are coincident. The optimum suspension point may be modelled and is the line of attachment at 43% to 44% along the length of the resonant element. The cost function (or measure of "badness") is minimised at this value; this corresponds to an estimate for the attachment point at 4/9ths of the length. Furthermore, computer modelling showed this attachment point to be valid for a range of transducer widths. A second suspension point at 33% to 34% along the length of the resonant element also appears suitable.

By plotting a graph of cost (or rms central ratio) against aspect ratio ($AR=W/2L$) for a resonant element mounted at 44% along its length, the optimum aspect ratio may be determined to be 1.06 ± 0.01 to 1 since the cost function is minimised at this value.

The optimum angle of attachment θ to the panel (12) may be determined using two "measures of badness" to find the optimum angle. For example, the standard deviation of the log (dB) magnitude of the response is a measure of "roughness". Such figures of merit/badness are discussed in International Application WO 99/41839, to the present applicants. For an optimised transducer, namely one with aspect ratio 1.06:1 and attachment point at 44% using

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

38

modelling, rotation of the line of attachment (16) will have a marked effect since the attachment position is not symmetrical. There is a preference for an angle of about 270°, i.e. with the longer end facing left.

5 Figures 25A and 25B show an asymmetrically shaped transducer (18) in the form of a resonant element having a trapezium shaped cross-section. The shape of a trapezium is controlled by two parameters, AR (aspect ratio) and TR (taper ratio). AR and TR determine a third parameter, λ , such that
10 some constraint is satisfied - for example, equal mass either side of the line.

 The constraint equation for equal mass (or equal area) is as follows;

$$15 \quad \int_0^1 \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \xi\right)\right) d\xi = \int_1^2 \left(1 + 2TR \left(\frac{1}{2} - \xi\right)\right) d\xi$$

 The above may readily be solved for either TR or λ as the dependent variable, to give:

$$20 \quad TR = \frac{1-2\lambda}{2\lambda(1-\lambda)} \quad \text{or} \quad \lambda = \frac{1+TR-\sqrt{1+TR^2}}{2TR} \approx \frac{1}{2} - \frac{TR}{4}$$

 Equivalent expressions are readily obtained for equalising the moments of inertia, or for minimising the total moment of inertia.

25 The constraint equation for equal moment of inertia (or equal 2nd moment of area) is as follows;

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

39

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

$$TR = \frac{(\lambda^2 - \lambda + 1)(2\lambda - 1)}{2\lambda^3 - 4\lambda^2 + 2\lambda - 1} \quad \text{or} \quad \lambda \approx \frac{1}{2} - \frac{TR}{8}$$

5 The constraint equation for minimum total moment of inertia is

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

$$10 \quad TR = 3 - 6\lambda \quad \text{or} \quad \lambda = \frac{1}{2} - \frac{TR}{6}$$

A cost function (measure of "badness") was plotted for the results of 40 FEA runs with AR ranging from 0.9 to 1.25, and TR ranging from 0.1 to 0.5, with λ constrained for equal mass. The transducer is thus mounted at the centre of mass. The results are tabulated below and show that there is an optimum shape with AR=1 and TR=0.3, giving λ at close to 43%.

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

20 One advantage of a trapezoidal transducer is thus that the transducer may be mounted along a line of attachment which is at its centre of gravity/mass but is not a line of symmetry. Such a transducer would thus have the advantages of improved modal distribution, without being inertially

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

40

unbalanced. The two methods of comparison used previously
again select 270° to 300° as the optimum angle of
orientation.

The transducer used in the present invention may be seen
5 as the reciprocal of a distributed mode panel, e.g. as
described in WO97/09842, in that the transducer is designed
to be a distributed mode object.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

41
CLAIMS

1. A touch pad assembly for use in an electronic article,
the assembly comprising a touch pad, a coupler for
5 mechanically coupling the touch pad to casing of the
electronic article and a transducer which is mounted by
coupling means on the coupler or the touch pad to drive the
casing as an acoustic radiator.
2. A touch pad assembly according to claim 1, wherein the
10 coupler is in the form of a frame surrounding the periphery
of the touch pad.
3. A touch pad assembly according to claim 2, wherein the
transducer is mounted on the frame.
4. A touch pad assembly according to any one of claims 1 to
15 3, wherein the transducer has an intended operative frequency
range and comprises a resonant element having a frequency
distribution of modes in the operative frequency range.
5. A touch pad assembly according to claim 4, wherein the
coupling means is mounted on the resonant element at a
20 position which is beneficial for coupling modal activity of
the resonant element to the coupler or the touch pad.
6. A touch pad assembly according to claim 4 or claim 5,
wherein the parameters of the resonant element are selected
to enhance the distribution of modes in the resonant element
25 in the operative frequency range.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

42

7. A touch pad assembly according to claim 6, wherein the distribution is enhanced by ensuring that a first mode of the resonant element is near to the lowest operating frequency of interest.
- 5 8. A touch pad assembly according to claim 6 or claim 7, wherein the distribution of modes in the resonant element is enhanced by ensuring the distribution has a density of modes which is sufficient for the active element to provide an effective mean average force which is substantially constant
- 10 with frequency.
9. A touch pad assembly according to any one of claims 6 to 8, wherein the distribution of modes is enhanced by distributing the resonant bending wave modes substantially evenly in frequency.
- 15 10. A touch pad assembly according to any one of claims 6 to 9, wherein the resonant element is modal along two substantially normal axes, each axis having an associated fundamental frequency and the ratio of the two associated fundamental frequencies being adjusted for best modal
- 20 distribution.
11. A touch pad assembly according to claim 10, wherein the ratio of the two fundamental frequencies is 9:7.
12. A touch pad assembly according to any one of claims 4 to 11, wherein the transducer comprises a plurality of resonant
- 25 elements each having a distribution of modes, the modes of

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

43

the resonant elements being arranged to interleave in the operative frequency range whereby the distribution of modes in the transducer as a whole device is enhanced.

13. A touch pad assembly according to claim 12, wherein the
5 resonant elements are coupled together at coupling points which enhance the modality of the transducer.

14. A touch pad assembly according to claim 12 or claim 13, the distribution of the modes in each the transducer is enhanced by optimising a frequency ratio of the fundamental
10 resonance frequency of each resonant element.

15. A touch pad assembly according to any one of claims 4 to 14, wherein the resonant element is plate-like.

16. A touch pad assembly according to any one of claims 4 to 15, wherein the shape of the resonant element is selected
15 from the group consisting of beam-like, trapezoidal, hyperelliptical, generally disc shaped or rectangular.

17. A touch pad assembly according to any one of claims 4 to 16, wherein the transducer comprises at least one resonant element which is active.

20 18. A touch pad assembly according to any one of claims 4 to 16, wherein the transducer comprises at least one resonant element which is passive and an active element.

19. An electronic article comprising a body in or on which a touch pad assembly according to any one of the preceding
25 claims is mounted.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

44

20. An electronic article according to claim 19, wherein the transducer drives both the touch pad and the body surrounding the touch pad to produce an acoustic output with the body acting as the primary acoustic radiator.

5 21. An electronic article according to claim 20, comprising at least one additional transducer mounted on the body.

22. An electronic article comprising a body in or on which a bending wave loudspeaker is mounted, the loudspeaker comprising a bending wave acoustic radiator and an
10 electromechanical force transducer mounted to the radiator to vibrate the radiator to produce an acoustic output characterised in that the transducer has an intended operative frequency range and comprises a resonant element having a frequency distribution of modes in the operative
15 frequency range and coupling means for mounting the transducer to the radiator.

23. An electronic article according to claim 22, wherein the coupling means is mounted on the resonant element at a position which is beneficial for coupling modal activity of
20 the resonant element to the radiator.

24. An electronic article according to claim 22 or claim 23, wherein the acoustic radiator is moulded integrally with the body.

25 25. An electronic article according to any one of claims 22 to 24, wherein the parameters of the resonant element are

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

45

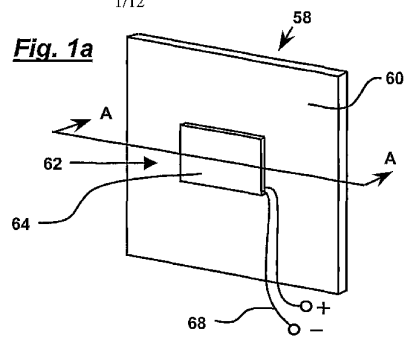
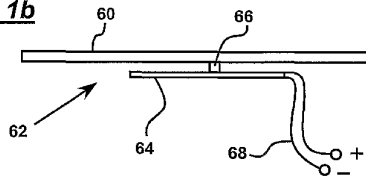
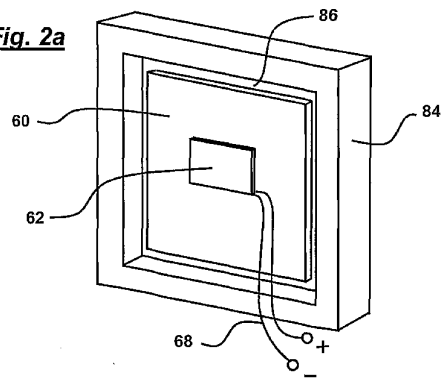
selected to enhance the distribution of modes in the resonant element in the operative frequency range.

26. An electronic article according to any one of claims 19 to 25, which is disposable.

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

1/12

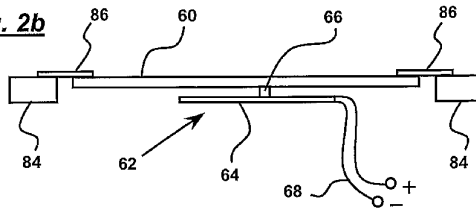
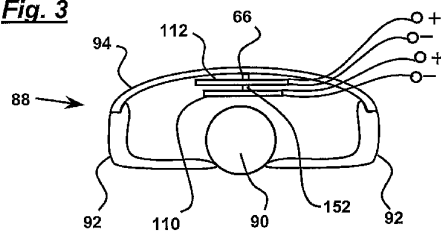
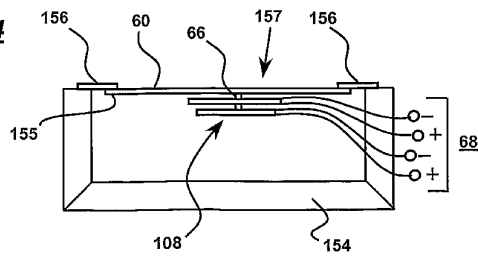
Fig. 1a**Fig. 1b****Fig. 2a**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

2/12

Fig. 2b**Fig. 3****Fig. 4**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

3/12

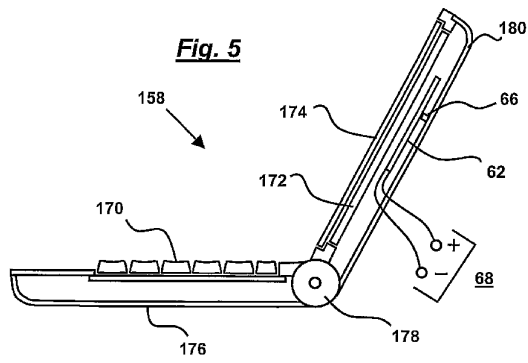


Fig. 6a

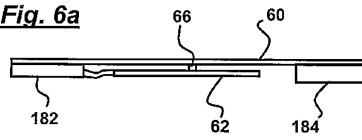
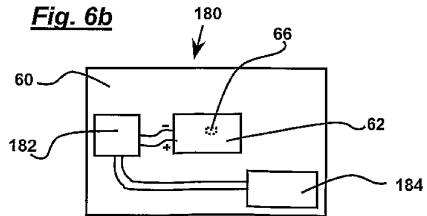


Fig. 6b

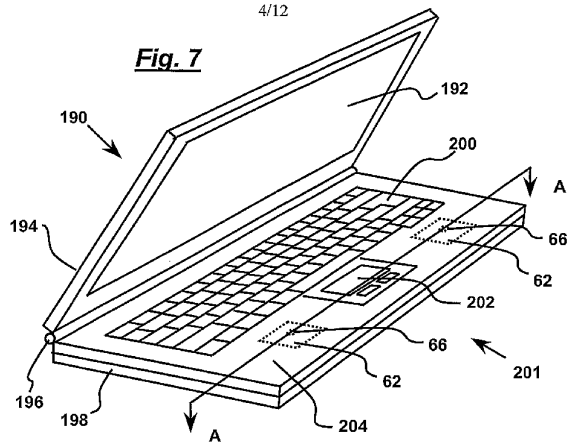
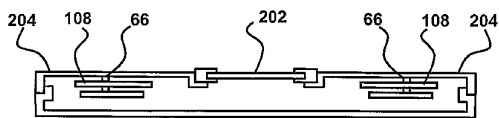
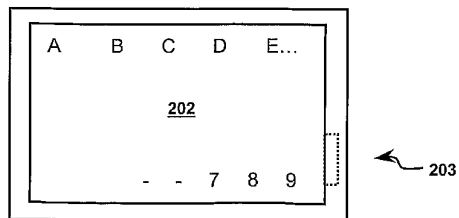


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

4/12

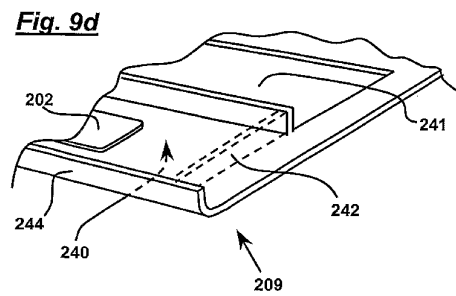
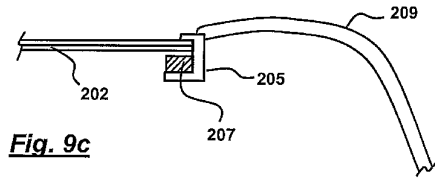
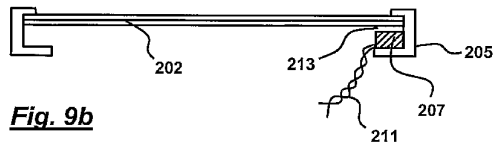
Fig. 7**Fig. 8****Fig. 9a**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

5/12

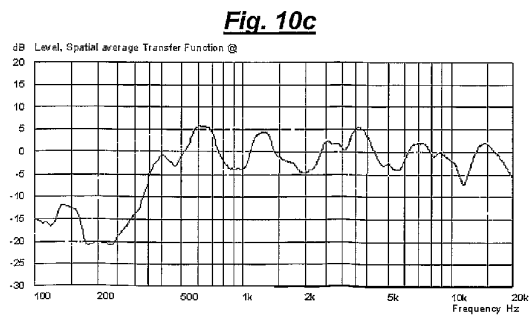
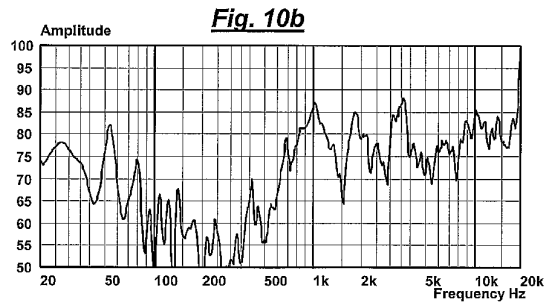
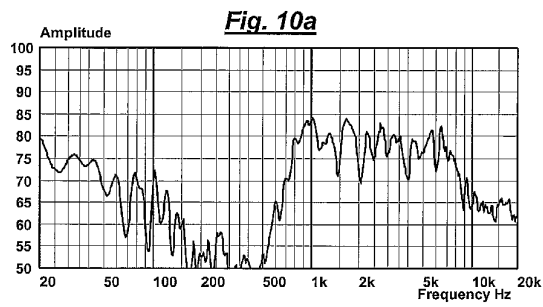


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

6/12

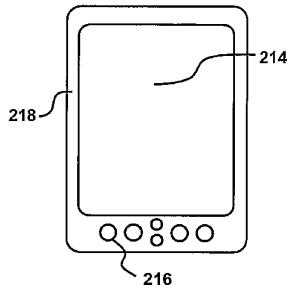
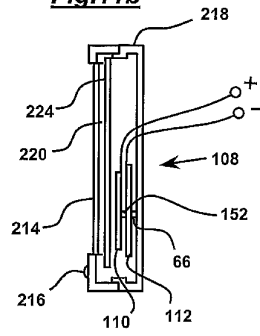
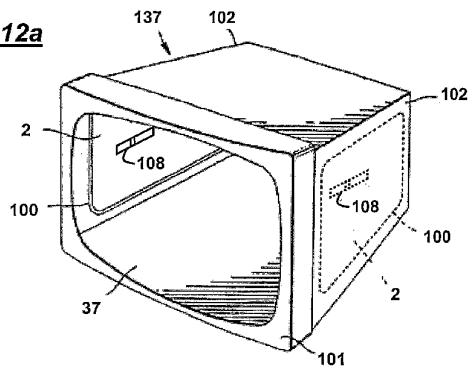


SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

7/12

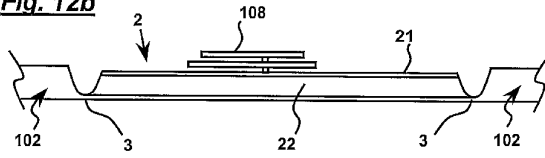
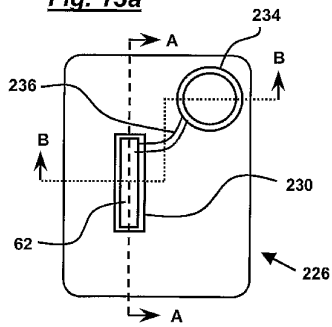
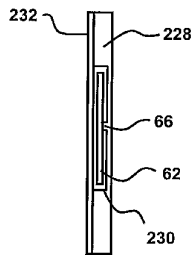
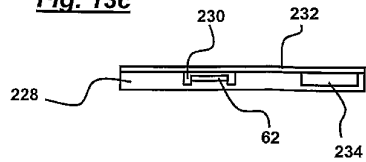
Fig.11a**Fig.11b****Fig. 12a**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

8/12

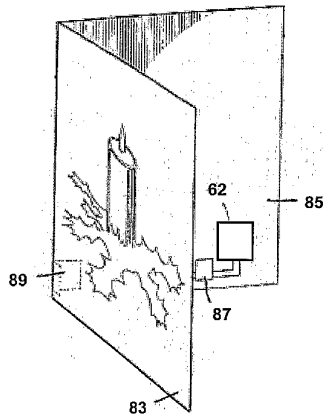
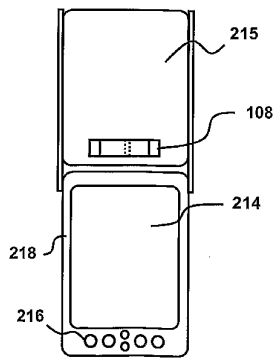
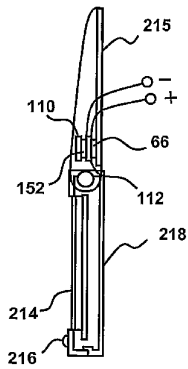
Fig. 12b**Fig. 13a****Fig. 13b****Fig. 13c**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

9/12

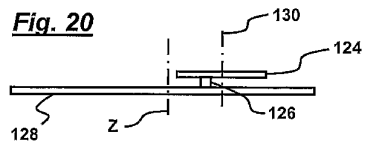
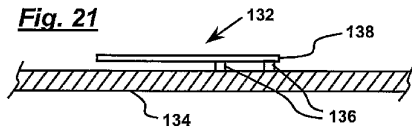
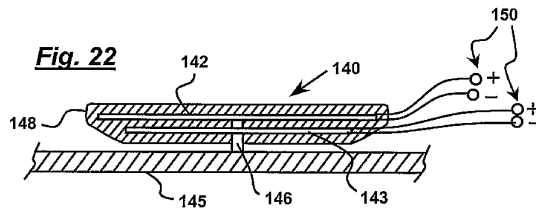
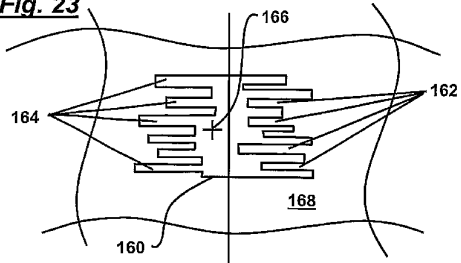
Fig. 14**Fig. 15a****Fig. 15b**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

11/12

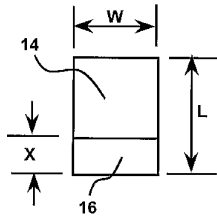
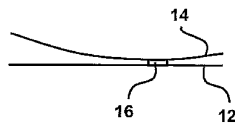
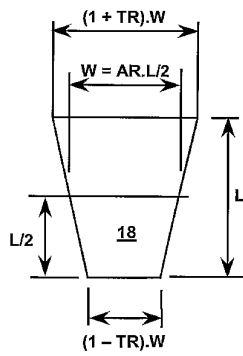
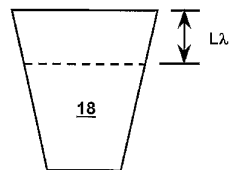
Fig. 20**Fig. 21****Fig. 22****Fig. 23**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 03/009219

PCT/GB02/03316

12/12

Fig. 24a**Fig. 24b****Fig. 25a****Fig. 25b**

【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau(43) International Publication Date
30 January 2003 (30.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2003/009219 A3(51) International Patent Classification: **G06F 1/16**,
H04R 7/04(21) International Application Number:
PCT/GB2002/003316

(22) International Filing Date: 19 July 2002 (19.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
0117658.5 20 July 2001 (20.07.2001) GB
0130764.4 24 December 2001 (24.12.2001) GB

[GB/GB]: New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchbrook Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **OWEN, Neil, Simon** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House Kingfisher Way, Hinchbrook Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **HARRIS, Neil** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House Kingfisher Way, Hinchbrook Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **CASSEY, Martin, Christopher** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchbrook Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB). **COLLOMS, Martin** [GB/GB]; New Transducers Limited, Cygnet House, Kingfisher Way, Hinchbrook Business Park, Huntingdon, Cambs PE29 6FW (GB).

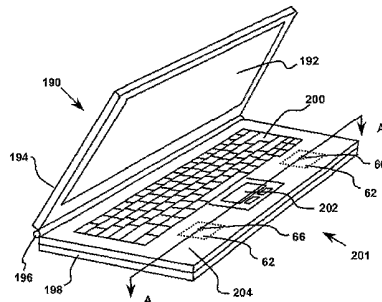
(74) Agent: MAGUIRE, Boss, 5 Crown Street, St. Ives, Cambridgeshire PE27 5EB (GB).

(71) Applicant (for all designated States except US): **NEW TRANSDUCERS LIMITED** [GB/GB], 37 Isworth Place, London SW3 3QH (GB).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,

[Continued on next page]

(54) Title: ELECTRONIC ARTICLE COMPRISING LOUDSPEAKER & TOUCH PAD



(57) Abstract: A touch pad assembly (202) for use in an electronic article (190), the assembly comprising a touch pad (202), a coupler for mechanically coupling the touch pad (202) to casing (198) of the electronic article and a transducer (108) which is mounted by coupling means (66) on the coupler or the touch pad to drive the casing as an acoustic radiator. An electronic article incorporating the same. An electronic article (190) comprising a body in or on which a bending wave loudspeaker is mounted, the loudspeaker comprising a bending wave acoustic radiator (204) and an electromechanical force transducer (108) mounted to the radiator (204) to vibrate the radiator to produce an acoustic output characterised in that the transducer (108) has an intended operative frequency range and comprises a resonant element having a frequency distribution of modes in the operative frequency range and coupling means (66) for mounting the transducer (108) to the radiator.

WO 2003/009219 A3

WO 2003/009219 A3



MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

Published:

- with international search report
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

(84) **Designated States (regional):** ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) **Date of publication of the international search report:**
8 January 2004

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/GB 02/03316
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G06F1/16 H04R7/04		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. RELOS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G06F H04R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01 31971 A (NEW TRANSDUCERS LTD ;AZIMA FARAD (GB); COLLOMS MARTIN (GB)) 3 May 2001 (2001-05-03) page 1, line 17 - page 9, line 25; figures	1,19
A	WO 00 54548 A (NEW TRANSDUCERS LTD ;AZIMA HENRY (GB)) 14 September 2000 (2000-09-14) page 2, line 10 - page 7, line 2; figure	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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 "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 August 2003		Date of mailing of the international search report 31 10 03
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5010 Patentlaan 2 NL - 2280 HZ Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 851 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Sample, M.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

international application No.
PCT/GB 02/03316**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this International application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-21, 26

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/GB 02/03316

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-21 and 26 (when dependent on any of 19-21)

Touch pad assembly including a transducer for driving an acoustic radiator.

2. claims: 22-25 and 26 (when dependent on any of 22-25)

Electronic article comprising a bending wave loudspeaker driven by a distributed mode transducer.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No.
PCT/GB 02/03316

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0131971	A	03-05-2001	AT 250317 T 15-10-2003
			AU 7935700 A 08-05-2001
			DE 60005383 D1 23-10-2003
			EP 1222838 A2 17-07-2002
			WO 0131971 A2 03-05-2001
			TW 510138 B 11-11-2002
		US 6580799 B1 17-06-2003	
WO 0054548	A	14-09-2000	AT 251832 T 15-10-2003
			AU 745830 B2 11-04-2002
			AU 2926500 A 28-09-2000
			AU 754818 B2 28-11-2002
			AU 4520599 A 24-01-2000
			BG 105047 A 31-12-2001
			BR 0008726 A 26-12-2001
			BR 9911818 A 27-03-2001
			CA 2336271 A1 13-01-2000
			CA 2365308 A1 14-09-2000
			CN 1342383 T 27-03-2002
			CN 1307791 T 08-08-2001
			CZ 20013052 A3 16-01-2002
			EP 1159852 A2 05-12-2001
			EP 1084592 A1 21-03-2001
			WO 0054548 A2 14-09-2000
			WO 0002417 A1 13-01-2000
			HU 0103957 A2 28-03-2002
			HU 0200228 A2 29-05-2002
			JP 2002533957 T 08-10-2002
			JP 2002539698 T 19-11-2002
			NO 20010095 A 28-02-2001
			NO 20014285 A 04-09-2001
			NZ 508511 A 28-03-2002
			PL 345317 A1 03-12-2001
			PL 350277 A1 02-12-2002
			SK 12432001 A3 03-12-2001
			SK 20292000 A3 11-06-2001
			TR 200100136 T2 21-06-2001
			TR 200102543 T2 21-03-2002
			TW 472496 B 11-01-2002
			US 6342831 B1 29-01-2002
			US 2001026625 A1 04-10-2001

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,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,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 バンク グラハム

イギリス ケンブリッジシャー ピーイー２ ９ ６エフダブリュー ハンティンドン ヒンチング
ブルック ビジネス パーク キングフィッシャー ウェイ シグネット ハウス ニュー トラ
ンスデューサーズ リミテッド内

(72)発明者 オーウェン ニール サイモン

イギリス ケンブリッジシャー ピーイー２ ９ ６エフダブリュー ハンティンドン ヒンチング
ブルック ビジネス パーク キングフィッシャー ウェイ シグネット ハウス ニュー トラ
ンスデューサーズ リミテッド内

(72)発明者 ハリス ニール

イギリス ケンブリッジシャー ピーイー２ ９ ６エフダブリュー ハンティンドン ヒンチング
ブルック ビジネス パーク キングフィッシャー ウェイ シグネット ハウス ニュー トラ
ンスデューサーズ リミテッド内

(72)発明者 キャセイ マーティン クリストファー

イギリス ケンブリッジシャー ピーイー２ ９ ６エフダブリュー ハンティンドン ヒンチング
ブルック ビジネス パーク キングフィッシャー ウェイ シグネット ハウス ニュー トラ
ンスデューサーズ リミテッド内

(72)発明者 コロムス マーティン

イギリス ケンブリッジシャー ピーイー２ ９ ６エフダブリュー ハンティンドン ヒンチング
ブルック ビジネス パーク キングフィッシャー ウェイ シグネット ハウス ニュー トラ
ンスデューサーズ リミテッド内

F ターム(参考) 5B087 AA05 BB12 BC16 CC01 CC05 CC12

5D004 AA01 FF07

5D017 AE00 AE21 AE24