

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-17473  
(P2008-17473A)

(43) 公開日 平成20年1月24日(2008.1.24)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H04R 1/10 (2006.01)</b>	H04R 1/10 104	5D005
	H04R 1/10 104A	
	H04R 1/10 104B	
	H04R 1/10 104F	

審査請求 未請求 請求項の数 39 O L 外国語出願 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2007-172828 (P2007-172828)  
 (22) 出願日 平成19年6月29日 (2007.6.29)  
 (31) 優先権主張番号 11/428,057  
 (32) 優先日 平成18年6月30日 (2006.6.30)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. Bluetooth

(71) 出願人 591009509  
 ボーズ・コーポレーション  
 BOSE CORPORATION  
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州017  
 01, フラミンガム, ザ・マウンテン (番地なし)  
 (74) 代理人 100106909  
 弁理士 棚井 澄雄  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆  
 (72) 発明者 ロマン・サビジェウスキ  
 アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02  
 116・ボストン・チャンドラー・ストリ  
 ート・122・アパートメント・イー

最終頁に続く

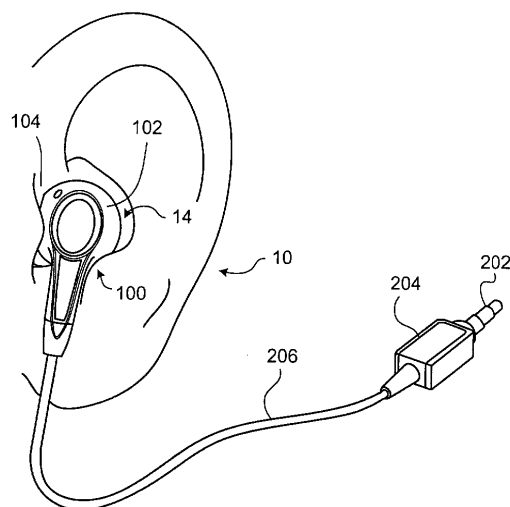
(54) 【発明の名称】 イヤフォン

(57) 【要約】

【課題】 耳孔内の密封性を高めたイヤフォンを提供する。

【解決手段】 イヤフォンは、並列になった反応性および抵抗性要素を含む第1音響チャンバと、音響振動子によって第1音響チャンバから隔離された第2音響チャンバと、装着者の耳の耳甲介から装置を支持し、かつ装着者の耳の耳孔内に第2音響チャンバを伸ばしているハウジングと、を含んでいる。クッションは第1の材料と第2の材料とを含み、第1領域と第2領域とに形成されている。第1領域は人間の耳の耳甲介に適合するための形状に形成された外表面を形成している。第2領域は人間の耳の耳孔に適合するための形状に形成された外表面を形成している。第1および第2領域はイヤフォンに適合するための形状に形成された内表面をともに形成している。第1の材料は内表面に隣接した体積を占有している。第2の材料は第1の材料と第1および第2の外表面との間の体積を占有している。

【選択図】 図2A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

装置であって、  
並列の反応性要素と抵抗性要素とを含んだ第 1 音響チャンバと、  
音響振動子によって前記第 1 音響チャンバから隔離された第 2 音響チャンバと、  
装着者の耳の耳甲介から前記装置を支持し、かつ前記装着者の耳の耳孔内に前記第 2 音響チャンバを伸ばしているハウジングと、  
を含んでいることを特徴とする装置。

## 【請求項 2】

前記第 2 音響チャンバには音響ダンパが含まれていることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。 10

## 【請求項 3】

前記音響ダンパは前記第 2 音響チャンバ内で開口部を覆っていることを特徴とする、請求項 2 に記載の装置。

## 【請求項 4】

前記音響ダンパの一部は穴を形成していることを特徴とする、請求項 2 に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記第 2 音響チャンバの壁は、該第 2 音響チャンバを自由空間に連結している穴を形成していることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

## 【請求項 6】

前記ハウジングの一部を取り囲み、前記ハウジングを装着者の耳の前記耳甲介および耳孔に接続しているクッションをさらに含んでいることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。 20

## 【請求項 7】

前記クッションは、第 1 の硬さを有する第 1 の材料で形成された外部領域と、第 2 の硬さを有する第 2 の材料で形成された内部領域と、を含んでいることを特徴とする、請求項 6 に記載の装置。

## 【請求項 8】

前記第 1 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 3 ~ 12 の硬さを有していることを特徴とする、請求項 7 に記載の装置。 30

## 【請求項 9】

前記第 1 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 8 の硬さを有していることを特徴とする、請求項 8 に記載の装置。

## 【請求項 10】

前記第 2 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 30 ~ 90 の硬さを有していることを特徴とする、請求項 7 に記載の装置。

## 【請求項 11】

前記第 2 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 40 の硬さを有していることを特徴とする、請求項 9 に記載の装置。

## 【請求項 12】

前記クッションの第 1 領域は前記第 2 音響チャンバを前記耳孔に接続するための形状に形成され、前記クッションの第 2 領域は前記耳に前記装置を保持するための形状に形成されて、前記第 2 領域は前記耳孔内に伸びていないことを特徴とする、請求項 6 に記載の装置。 40

## 【請求項 13】

前記クッションは取り外し可能であることを特徴とする、請求項 6 に記載の装置。

## 【請求項 14】

異なったサイズのクッションのセットを含んでいることを特徴とする、請求項 13 に記載の装置。

## 【請求項 15】

前記反応性要素と前記抵抗性要素とは、前記第1音響チャンバに、およそ30Hz～1000Hzの間で共振を生じさせていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項16】

前記抵抗性要素は抵抗性ポートを含んでいることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項17】

前記反応性要素は反応性ポートを含んでいることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項18】

前記反応性ポートは、前記第1音響チャンバを自由空間に連結しているチューブを含んでいることを特徴とする、請求項17に記載の装置。 10

【請求項19】

前記反応性ポートは約1.0～約1.5mmの間の直径および約10～約20mmの長さを有していることを特徴とする、請求項18に記載の装置。

【請求項20】

前記反応性ポートは約1.2mmの直径を有していることを特徴とする、請求項18に記載の装置。

【請求項21】

前記反応性ポートと前記抵抗性ポートとは、径方向に関して略対向した位置で前記第1音響チャンバに連結されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。 20

【請求項22】

前記反応性ポートと前記抵抗性ポートとは、前記第1音響チャンバに露出した振動子の面上の圧力変動を減少するように配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項23】

前記音響振動子の中心の周囲に径方向に関して均等に分散された複数の反応性または抵抗性ポートをさらに含んでいることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項24】

前記音響振動子の中心周囲に径方向に関して略均等に分散された複数の抵抗性ポートをさらに含み、該抵抗性ポートは前記音響振動子の略中心において前記第1音響チャンバに連結されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。 30

【請求項25】

前記音響振動子の中心周囲に径方向に関して略均等に分散された複数の反応性ポートをさらに含み、該反応性ポートは前記音響振動子の略中心において前記第1音響チャンバに連結されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項26】

前記第1音響チャンバは前記音響振動子のバスケットに適合している壁によって形成されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項27】

前記第1音響チャンバは、前記音響振動子によって占められる体積を含み、約0.4cm<sup>3</sup>より小さい容積を有していることを特徴とする、請求項1に記載の装置。 40

【請求項28】

前記第1音響チャンバは、前記音響振動子によって占められる体積を除いて、約0.2cm<sup>3</sup>より小さい容積を有していることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項29】

前記第2音響チャンバは前記振動子と前記ハウジングとで形成され、  
 該ハウジングは第1および第2の穴を形成し、  
 該第1の穴は装着者の耳の中に伸びている壁の先端に位置しており、  
 かつ前記第2の穴は、前記装置が装着者の耳の中に配置されている場合に、前記第2音響チャンバを自由空間に連結するように配置され、

音響ダンパは、前記第 1 の穴を横断して配置され、該第 1 の穴よりも小さい直径を持った第 3 の穴を形成していることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 30】

前記音響振動子に提供された信号の特性を調整するための回路をさらに含んでいることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 31】

一組の請求項 1 に記載の装置を含んだイヤフォンセット。

【請求項 32】

第 1 の材料と第 2 の材料とを含み、第 1 領域と第 2 領域とに形成されたクッションにおいて、

10

前記第 1 領域は人間の耳の前記耳甲介に適合するための形状に形成された外装面を形成し、前記第 2 領域は人間の耳の前記耳孔に適合するための形状に形成された外装面を形成しており、

前記第 1 および第 2 領域はイヤフォンに適合するための形状に形成された内装面をともに形成し、

前記第 1 の材料は前記内装面に隣接した体積を占有し、

前記第 2 の材料は前記第 1 の材料と前記第 1 および第 2 の外装面との間の体積を占有し、

前記第 1 および第 2 の材料は異なった硬さであることを特徴とするクッション。

【請求項 33】

20

前記第 1 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 3 ~ 12 の範囲の硬さを有していることを特徴とする、請求項 32 に記載のクッション。

【請求項 34】

前記第 1 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 8 の硬さを有していることを特徴とする、請求項 33 に記載のクッション。

【請求項 35】

前記第 2 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 30 ~ 90 の範囲の硬さを有していることを特徴とする、請求項 32 に記載のクッション。

【請求項 36】

前記第 1 の材料は、ショア硬度 A スケールで、およそ 40 の硬さを有していることを特徴とする、請求項 35 に記載のクッション。

30

【請求項 37】

受動的な均等化回路を含み、該回路周波数応答は入力音響信号を形成し、前記形成された音響信号は前記音響振動子を駆動していることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 38】

前記受動的な均等化回路は秒オーダーのフィルタであることを特徴とする、請求項 37 に記載の装置。

【請求項 39】

前記受動的な均等化回路は Tブリッジ回路であることを特徴とする、請求項 37 に記載の装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はイヤフォンに関する。

【背景技術】

【0002】

図 1 に示されているように、人間の耳 10 は耳孔 12 を含み、それは感覚器に続いている（図示略）。耳介 11 は耳の外側先端の一部であり、耳孔 12 の隣の空洞であり、耳球（tragus）16 と対珠（anti-tragus）18 とによって部分的に形成された耳甲介（concha）14 を含んでいる。イヤフォンは一般的に耳介上、耳甲介内または耳孔内に装着され

50

るように設計されている。

【特許文献1】米国特許第6831984号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0003】

一般的に、1つの態様において、イヤフォンは並列になった反応性および抵抗性要素を含む第1音響チャンバと、音響振動子によって第1音響チャンバから隔離された第2音響チャンバと、装着者の耳の耳甲介から装置を支持し、かつ装着者の耳の耳孔内に第2音響チャンバを伸ばしているハウジングと、を含んでいる。

【0004】

実施に際しては1つ以上の以下の特徴を含んでいてもよい。

【0005】

第2音響チャンバには音響ダンパが含まれている。音響ダンパは第2音響チャンバ内で開口部を覆っている。音響ダンパの一部は穴を形成している。第2音響チャンバの壁は、その第2音響チャンバを自由空間に連結している穴を形成している。

【0006】

ハウジングの一部を取り囲んでいるクッションは、ハウジングを使用者の耳の耳甲介および耳孔につないでいる。クッションは第1の硬さを有する第1の材料で形成された外部領域と、第2の硬さを有する第2の材料で形成された内部領域と、を含んでいる。第1の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ3~12の硬さを有している。第1の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ8の硬さを有している。第2の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ30~90の硬さを有している。第2の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ40の硬さを有している。クッションの第1領域は第2音響チャンバを耳孔につなぐための形状に形成され、クッションの第2領域は耳に装置を保持するための形状に形成されて、第2領域は耳孔内に伸びている。異なったサイズのクッションのセットを含んでいる。

【0007】

反応性要素(reactive element)と抵抗性要素(resistive element)とは、第1音響チャンバに、およそ30Hz~100Hzの間で共振を生じさせている。抵抗性要素は抵抗性ポートを含んでいる。反応性要素は反応性ポートを含んでいる。反応性ポートは前記第1音響チャンバを自由空間に連結しているチューブを含んでいる。反応性ポートは約1.0~約1.5mmの間の直径および約10~約20mmの長さである。反応性ポートは約1.2mmの直径である。反応性ポートと抵抗性ポートとは、径方向に関して対向した位置で第1音響チャンバに連結されている。反応性ポートと抵抗性ポートとは、第1音響チャンバに露出した振動子の面上の圧力変動を減少するように配置されている。音響振動子の中心の周囲に径方向に関して均等に分散された複数の反応性または抵抗性ポートを含んでいる音響振動子の中心周囲に径方向に関して均等に分散された複数の抵抗性ポートを含み、その抵抗性ポートは音響振動子の略中心において第1音響チャンバに連結されている。音響振動子の中心周囲に径方向に関して均等に分散された複数の反応性ポートを含み、その反応性ポートは音響振動子の略中心において第1音響チャンバに連結されている。

【0008】

第1音響チャンバは音響振動子のバスケットに適合している壁によって形成されている。第1音響チャンバは、音響振動子によって占められる体積を含んで約0.4cm<sup>3</sup>より小さい容積である。第1音響チャンバは、音響振動子によって占められる体積を除いて約0.2cm<sup>3</sup>より小さい容積である。第2音響チャンバは振動子とハウジングとで形成され、ハウジングは第1および第2の穴を形成し、第1の穴は装着者の耳の中に伸びている壁の先端に位置しており、かつ第2の穴は、装置が装着者の耳の中に配置されている場合に、第2音響チャンバを自由空間に連結するように配置され、ダンパは第1の穴を横断して配置され、第1の穴よりも小さい直径を持った第3の穴を形成している。

10

20

30

40

50

## 【0009】

回路が音響振動子に提供された信号の特性を調整するために含まれている。イヤフォンセットは一組のイヤフォンを含んでいる。

## 【0010】

一般的に、1つの態様において、クッションは第1の材料と第2の材料とを含み、第1領域と第2領域とに形成されている。第1領域は人間の耳の耳甲介に適合するための形状に形成された外装面を形成している。第2領域は人間の耳の耳孔に適合するための形状に形成された外装面を形成している。第1および第2領域はイヤフォンに適合するための形状に形成された内装面をともに形成している。第1の材料は内装面に隣接した体積を占有している。第2の材料は第1の材料と第1および第2の外装面との間の体積を占有している。第1および第2の材料は異なった硬さである。

10

## 【0011】

実施に際しては、1つ以上の以下の特徴を含んでいてもよい。第1の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ3~12の範囲の硬さを有している。第1の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ8の硬さを有している。第2の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ30~90の範囲の硬さを有している。第1の材料は、ショア硬度Aスケールで、およそ40の硬さを有している。

## 【0012】

他の特徴および利点は、詳細な説明および請求項から明らかにされるであろう。

## 【発明を実施するための最良の形態】

20

## 【0013】

図2Aおよび2Bに示されているように、イヤフォン100は装着者の耳10の耳甲介14内に配置されるように設計された第1領域102と、耳孔12内に配置される第2領域とを備えている。(図2Aおよび2Bはイヤフォン100に対応する装着者の左耳を示している。補完的なイヤフォンは右耳に適應していてもよく、それは図示されていない。いくつかの例において、1つのイヤフォンのみが提示されている。いくつかの例において、左のイヤフォンと右のイヤフォンとは、一組として共に設けられていてもよい。)クッション106はイヤフォンの音響部品を装着者の耳の身体構造に連結している。プラグ202はイヤフォンをオーディオ信号源に接続しており、その信号源はCDプレーヤー、携帯電話、MP3プレーヤー、またはPDA(図示略)のようなものであり、若しくは同時に1形式以上の機器に接続可能な複合プラグ(図示略)であってもよい。回路ハウジング204は、例えばボリュームの制御または均等化の提供といった、オーディオ信号を修正するための回路構成を含んでいてもよい。ハウジング204はスイッチ回路構成を含んでいてもよく、そのスイッチは手動または自動のどちらかであって、1つまたは別の上記の信号源による信号出力を、イヤフォンに接続するためのものである。いくつかの例において、信号は、例えばブートゥースプロトコル(Bluetooth protocol)を使用した無線通信であってもよく、その場合コード206は含まれないであろう。代替的にまたは付加的に、無線接続は回路構成に1つ以上の信号源を接続していてもよい。

30

## 【0014】

図3Aおよび3Bに示されているように、イヤフォン100の第1領域102は、シェル113および115によって形成された、後部チャンバ112と前部チャンバ114とを含み、それらはここに駆動部116のそれぞれの側に位置している。いくつかの例において、直径16mmの駆動部が使用されている。他のサイズおよび他の型式の音響振動子は、例えばイヤフォンの所望の応答周波数によって使用されることが可能である。前部チャンバ114は(126から)耳孔12まで伸び、いくつかの実施形態において、耳孔12内ではクッション106を介して、音響抵抗要素118において端部となる。いくつかの例において、抵抗要素118は、図示されているように、延伸部126内のより端部側に配置されている。音響抵抗要素は、そこにぶつかるまたはそこを通過する音響エネルギーの割合を消費している。いくつかの例において、前部チャンバは114圧力平衡(PEQ: pressure equalization)穴120を含んでいる。そのPEQ穴120は空気圧の開

40

50

放を提供しており、その空気圧は、イヤフォン100が耳10内に挿入された場合に、耳孔12および前部チャンバ114内に構成される。後部チャンバ112はシェル113によって駆動部116の後側周囲に密封されている。いくつかの例において、その後部チャンバ112は、ポート(マスポート(mass port)とも称される)122のような反応性要素および抵抗性要素を含み、それはポート124として形成されてもよい。特許文献1には、ヘッドホン機器内における平行反応性および抵抗性ポートの使用が記載されており、それは参照することでここに含まれている。我々はポートを反応性または抵抗性として参照しているが、実際のところは、あらゆるポートは反応性または抵抗性の両方の効果を備えている。与えられたポートの記載に使用された用語は、効果が優勢であることを示している。図3Bの例において、反応性ポートは内部スペーサ117、シェル113および外部カバー111内の空間によって形成されている。ポート122のような反応性ポートは、例えば、管状型開口部であり、その内部は他の密封された音響チャンバで有ってもよく、この場合は後部チャンバ112である。ポート124のような抵抗性ポートは、例えば音響チャンバの壁内の小さな開口部であり、そのチャンバは、例えばチャンバの壁を幾分かの空気および音響エネルギーが通過可能なワイヤまたは布スクリーンのような音響抵抗性を示す材料によって覆われている。

10

**【0015】**

それぞれのクッション106、空洞112および114、駆動部116、ダンパ118、穴120およびポート122および124は音響特性を有しており、その特性はイヤフォン100の性能に影響を与えている。これらの特性は、イヤフォンの所望の周波数応答を達成するために調整されてもよい。動的または受動的平衡回路のような付加的な要素が、周波数応答を調整するために使用されてもよい。

20

**【0016】**

空洞112および114並びにポート122および124の効果は、図4A内のグラフ400に示されている。従来のインナーイヤー型ヘッドホンの周波数応答(すなわち、耳孔内まで伸びておらず、耳孔を密封していない)は、図4A内の曲線404として示されている。従来のインナーイヤー型は、所望するよりも低い周波数応答を示しており、セクション404aに示されているように、およそ200Hzよりも下で減少した応答を示している。低周波数応答および感度を増加させるために、構造126は時々ノズルとして参照されるが、耳孔内の前部空洞112を伸ばしてもよく、クッション106と耳孔との間で密封を形成することを容易にしている。耳孔に前部空洞114を密封することは、低周波カットオフ(low frequency cutoff)を減少し、ポート122および124を含んだ小さな空洞112と共にトランス116の後部を取り囲んでいる。クッションの下部110と共に、ノズル126は単に耳甲介に留まっているだけのイヤフォンよりもより良い密封を耳孔に提供しており、同様に使用者の耳により一致してつながり、使用者間の応答における変化を減少させている。クッションのテーパ付形状と柔軟性とは、多様な形状およびサイズの耳の内部において密封を形成することを可能にしている。ノズルおよびクッションのデザインは、以下により詳細に記載されている。

30

**【0017】**

いくつかの例において、後部チャンバ112は $0.28\text{ cm}^3$ の容積であり、それは駆動部116の体積を含んでいる。駆動部を除くと、後部チャンバ112は $0.08\text{ cm}^3$ の容積である。より小さな後部チャンバは、駆動部116の後部面を単純に密封することで形成されていてもよい。(例えば、典型的な駆動部のバスケットを密封するようなものでよい。図7Aのカバー702参照。)他のインナーイヤーデザインは、しばしば駆動部の $0.2\text{ cm}^3$ を含んだすくなくとも $0.7\text{ cm}^3$ の後部空洞を備えている。

40

**【0018】**

反応性ポート122は後部チャンバの容積に反響する。いくつかの例において、そのポートは約 $1.0\sim 1.5\text{ mm}$ の範囲の直径と、約 $10\sim 20\text{ mm}$ の範囲の長さとを有している。いくつかの実施形態において、反応性ポートは、イヤフォンの低周波カットオフ(low frequency cutoff)近傍で空洞の容積と共振するように調整されている。いくつかの

50

実施形態において、これは30～100Hzの低周波数範囲において生じる共振である。いくつかの例において、反応性ポート122と抵抗性ポート124とは、音響反応および音響抵抗を並列に提供しており、このことは、音響反応および音響抵抗のそれぞれが、独立的に後部チャンバ112を自由空間に連結していることを意味している。その一方で、反応性と抵抗性とは、単一の経路において直列に提供されることも可能であり、例えば、反応性ポート内にワイヤメッシュスクリーンのような抵抗性要素を配置することによって提供される。いくつかの例において、並列な抵抗性ポートは、70×088のダッチワイヤ織布(70x088 Dutch twill wire cloth)から造られており、その布は例えばクリーブランドのクリーブランドワイヤから入手でき、約3mmの直径である。並列な反応性および抵抗性要素は、並列な反応性ポートおよび抵抗性要素として具体化されているが、直列の反応性および抵抗性要素を使用した実施形態と比較して、低周波数反応の増加を提供している。並列な抵抗性は低周波数出力を実質的に減衰せず、その一方で直列な抵抗性は減衰させる。並列な反応性および抵抗性ポートを備えた小さい後部チャンバとノズルを備えた前部チャンバとの結合を有するイヤフォンの周波数応答は、図4Aの曲線416によって示されている。並列なポートを備えた小さい後部チャンバを使用することは、イヤフォンが、低周波数出力および低周波数と高周波数との間の出力の所望のバランスを改善することを可能にしている。ポートのための様々なデザインオプションが以下に論じられている。

10

#### 【0019】

前部チャンバ構造における高周波数共鳴は、例えばピーク416aによって表されているが、図3Aおよび3Bの音響抵抗性要素118(時々ダンパまたは音響ダンパとして参照される)を配置することによって減衰されることが可能であり、図3Aにおいてノズル126の出力に直列に示されている。いくつかの例において、70×800のダッチワイヤ織布(70x800 Dutch twill wire cloth)のステンレスワイヤメッシュスクリーンが使用されている。いくつかの例において、小穴128はスクリーン118の中心に形成されている。いくつかの例において、そのスクリーン118は約4mmの直径で、穴は約1mmである。他のサイズが他のノズルの形状または他の所望の周波数応答のために適用されてもよい。スクリーン118の中心の穴128はスクリーン118の音響抵抗よりもわずかに小さいが、曲線422の領域422aに見られるように、低周波数体積速度を著しく妨げない。曲線416は図4Aからの複写であり、非減衰ノズルと、並列な反応性および抵抗性ポートを伴った小さい後部チャンバとの効果を示している。曲線422は、穴のないダンパ118の効果を示している曲線418aよりも、より低周波数出力を実質的に有している。その中の穴を伴ったスクリーンは、(ピーク422bをピーク416aと比較して)高周波数共鳴の減衰を提供しているが、(ピーク422bをピーク418bと比較して)穴のないスクリーンと同程度ではなく、実質的に低周波数出力を増加させており、ダンパがないレベルに近いところまで戻っている。

20

30

#### 【0020】

PEQ穴120は、使用時に塞がれないように配置されている。例えば、PEQ穴120は、耳に直接接触するクッション106内には配置されておらず、前部チャンバ114内の耳から離れたところにある。その穴の初期の目的は、イヤフォン100が使用者の耳に挿入された場合の、過圧力状態を避けることである。さらに、その穴は、存在するかもしれない他の音漏れと同時に作用している音漏れの量を一定にするために使用されることが可能である。このことは個々の応答を標準化する補助となる。いくつかの例において、PEQ穴120は約0.50mmの直径である。他のサイズを使用しても良く、それは前部チャンバ114の容積とイヤフォンの所望の周波数応答とによる。PEQ穴120を通る既知の音漏れの周波数応答の効果は、図4Cのグラフ424に示されている。曲線422は図4Bからの複写であり、他の要素(並列な反応性および抵抗性ポートを伴った小さい後部チャンバと、ノズルを伴った前部チャンバと、ノズル開口部の中心の小穴を伴ったスクリーンダンパとの)を伴った応答を示しているが、PEQ穴120を伴っていない。一方で曲線428は既知の音漏れの量を提供するPEQ穴を伴った応答を示している。さ

40

50



らに、PEQ穴は低周波数出力における損失間で交互に使用され、全体的な性能をより再現可能にしている。

#### 【0021】

上述のいくつかのまたは全ての要素は、結合して使用されて、(電氣的でない)特別な周波数応答を達成することが可能である。いくつかの例において、付加的な周波数応答形態が、イヤフォンの音響再生のさらなる調整に使用されてもよい。このことを達成するための1つの方法は、図5に示しているような回路を使用した受動的な電氣的均等化である。例えば、イヤフォンの音響要素を調整後に、共鳴が1.55kHz残っている場合、図のように接続された抵抗502および504とコンデンサ506および508とを含んでいる受動的な均等化回路(passive equalization circuit)500が使用されてもよい。回路500において、出力抵抗510は、標準のイヤフォンの公称32オームの電氣抵抗を示しており、入力電源512は、例えばCDプレーヤーからのヘッドフォンに入力するための音響信号を示している。図6のグラフ514は回路500からの結果である電氣的周波数応答曲線516を示しており、0.75のQファクターに相当する1.55kHzの応答における落ち込み516aを表し、低周波数での応答と比較した落ち込み周波数における出力電圧において、8dB減少している。実際の抵抗およびコンデンサの値と結果の曲線とは、イヤフォンの音響構成の詳細に基づく固有の均等化の必要性に依存するであろう。そのような回路構成はイヤフォンと線につながって、例えば回路ハウジング204内部(図2A)に格納されることが可能である。

10

#### 【0022】

ポート122および124のデザインのオプションは、図7A~7Dに示されている。図7Aに示されているように、反応性ポート122aは後部チャンバ112の後部カバー702から外側に伸びている。抵抗性ポート124aはカバー702の反対側に配置されている。そのような反応性ポートは曲げられまたは湾曲されてより小さなパッケージとして提供されてもよく、湾曲ポートとして示された122bは図7において内部スペース117内に形成されている。いくつかの例において、図3B7Cおよび7Dに示しているように、ポートの完全なチューブは外部シェル113を伴った内部スペース117の組み立てによって形成され、それは後部チャンバ112の外壁に形成されてもよい。図7Cおよび7Dの例において、内部スペース117内の開口部704は、ポート122から始まっている。そのポートはイヤフォンの外周に沿って湾曲し、外部シェル113の開口部706で終端となっている。シェル113の一部は図7Dにおいて切除されており、開口部704の開始部が見られる。図7Cも抵抗性ポート124のための開口部708を示している。いくつかの例において、図7Aに示されているような後部チャンバ112の周囲へのポートの対称的な配置は有利な点があり、例えば、後部チャンバ112の全域の(図7Bで駆動部116の隔壁の後ろ側全域に発生する)圧力差を平衡にすることを補助しており、他の効果もある。駆動部隔壁全域の圧力勾配は、振動モードを誘発する。いくつかの例は1つ以上の反応性ポートまたは抵抗性ポート若しくは両方のタイプのポートを使用しても良く、後部チャンバ112の周囲に均等に径方向に分散される。単一の抵抗性ポート(または単一の反応性ポート)は中心に配置されてもよく、その周囲に均等に分散された、いくつかの反応性(または抵抗性)ポートを伴っていてもよい。

20

30

40

#### 【0023】

クッション106はイヤフォンの音響要素を、装着者の耳の身体構造に心地よく連結するように設計されている。図8A~8Dに示しているように、クッション106は(図1および図2Aに見られる)、上述のように、耳の耳珠16および対珠18に接触するように形成された形状を持った上部802と、耳孔12に入るための形状を持った下部110とを有している。いくつかの例において、下部110は耳孔12の肌上に、大きな圧力を与えることなく適応するように形成されている。下部110は耳の中でイヤフォンの保持力を提供することを期待されており、最小の圧力で耳孔を密封することを可能にしている。上部802の空間806は、下部110内の空間808に伸びタノズル126(図3)とともに、イヤフォンの音響要素を受容している(図示略)。いくつかの例において、ク

50

ッション106はイヤフォン100から取り外され、様々な外部サイズのクッションが提供されて、異なった耳のサイズに適合するように装着されてもよい。

【0024】

いくつかの例において、クッション106は、領域810と812とによって図示されたように、異なった硬さの材料で形成されている。外部領域810は軟らかい材料で形成されており、例えば、ショアAの8の硬度を持つようなものであり、その軟らかさによって心地良さを提供している。この領域の代表的な固さの範囲は、ショアAの3～ショアAの12である。内部領域812はより硬い材料で形成されており、例えば、ショアAの40の硬度を持つようなものである。この領域は適当な場所にクッションを保持するために必要な合成を提供している。この領域の代表的な固さの範囲は、ショアAの30～ショアAの90である。いくつかの例において、内部領域812はリング型の保持カラー809を含み、音響部品上にクッションを保持している。より硬い内部領域812も外部セクションに伸び、そのセクションの剛性を増加させている。いくつかの例において、多様な硬さが単一の材料に適用可能である。

10

【0025】

いくつかの例において、クッションの両方の領域はシリコーンで形成されている。シリコーンは1つの部分において軟らかい特性およびより硬さ剛性のある特性との両方において加工されることが可能である。2段製造工程において、2つのセクションがそれら間に強固な接着力を伴って製造される。シリコーンは広い温度範囲において特性を維持する利点を有し、人肌に接触する部分にとどまって、アプリケーションにうまく使用されていることが知られている。シリコーンは異なった色で製造することも可能であり、例えば、異なったサイズのクッションの表示またはカスタマイズすることを可能にするためである。いくつかの例において、熱可塑性エラストマ(TPE: thermoplastic elastomer)のような、他の材料が使用されてもよい。TPEはシリコーンに類似しており、より安価であるが、熱抵抗がより低い。組み合わせた材料が使用されてもよく、ソフトシリコーンまたはTPEが外部領域810に使用されてもよく、ABS、ポリカーボネイトまたはナイロンで製造された硬い内部領域812としてもよい。いくつかの例において、全体のクッションは単一の硬さを持ったシリコーンまたはTPEから加工されてもよく、外部領域810に要求される軟らかさと内部領域812に必要な硬さとの間の妥協点を示している。

20

30

【0026】

他の実施形態は請求項の範囲内に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】人間の耳を示している。

【図2A】耳の中に配置されたイヤフォンの斜視図を示している。

【図2B】イヤフォンの等角図を示している。

【図3A】イヤフォンの概略断面図を示している。

【図3B】イヤフォンの分解等角図を示している。

【図4A】グラフを示している。

40

【図4B】グラフを示している。

【図4C】グラフを示している。

【図5】回路図を示している。

【図6】グラフを示している。

【図7A】イヤフォンの一部の等角図を示している。

【図7B】イヤフォンの一部の等角図を示している。

【図7C】イヤフォンの一部の等角図を示している。

【図7D】イヤフォンの一部の等角図を示している。

【図8A】クッションの側面図を示している。

【図8B】クッションの上面図を示している。

50

【図 8 C】クッションの等角図を示している。

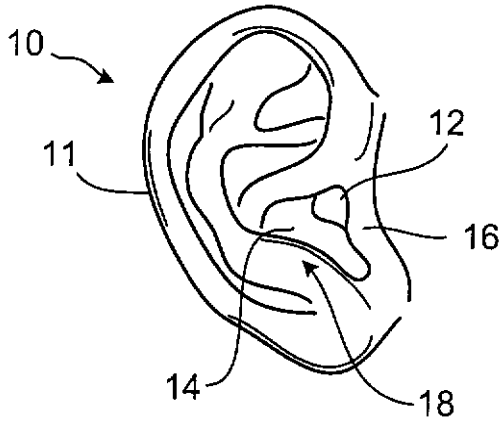
【図 8 D】クッションの等角図を示している。

【符号の説明】

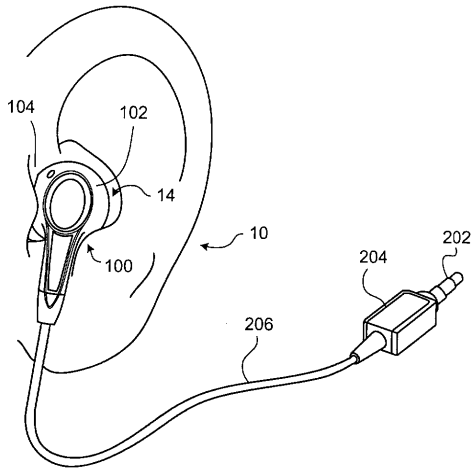
【 0 0 2 8 】

1 0	耳	
1 2	耳孔	
1 4	耳甲介	
1 6	耳珠	
1 8	対珠	
1 0 0	イヤフォン	10
1 0 2	第1領域	
1 0 4	第2領域	
1 0 6	クッション	
1 1 1	外部カバー	
1 1 2	後部チャンバ	
1 1 3、1 1 5	シェル	
1 1 4	前部チャンバ	
1 1 6	駆動部	
1 1 7	内部スペーサ	
1 1 8	音響抵抗要素	20
1 2 0	圧力平衡穴 ( P E Q )	
1 2 2	( 反応性 ) ポート	
1 2 4	( 抵抗性 ) ポート	
1 2 6	延伸部	
2 0 2	プラグ	
2 0 4	回路ハウジング	
2 0 6	コード	
5 0 0	均等化回路	
5 1 0	出力抵抗	
5 1 2	入力電源	30
7 0 2	後部カバー	
8 1 0	外部領域	
8 1 2	内部領域	

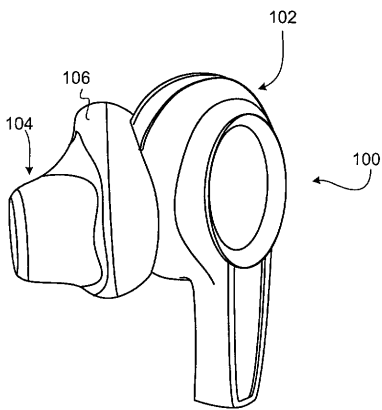
【 図 1 】



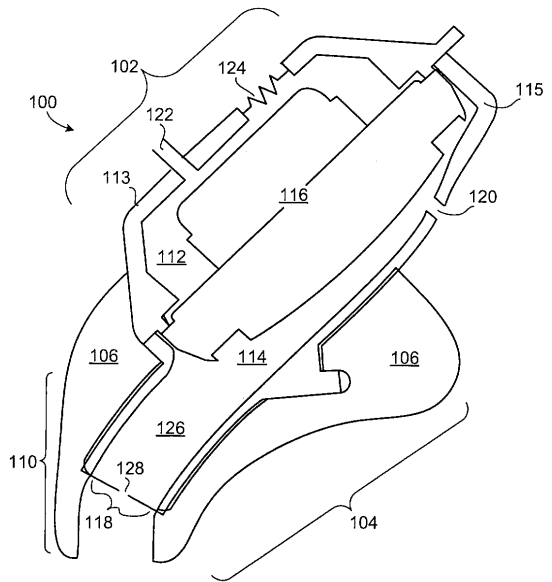
【 図 2 A 】



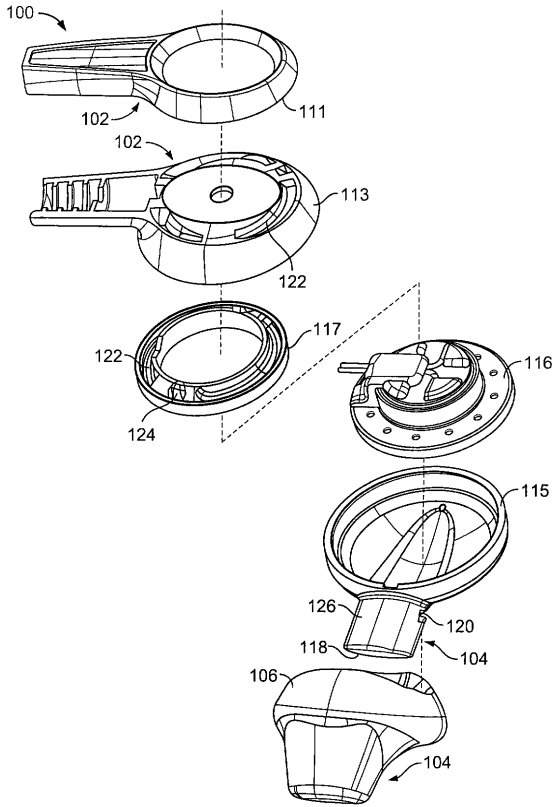
【 図 2 B 】



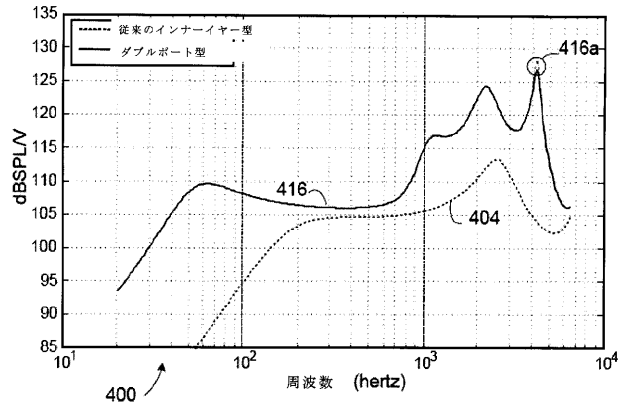
【 図 3 A 】



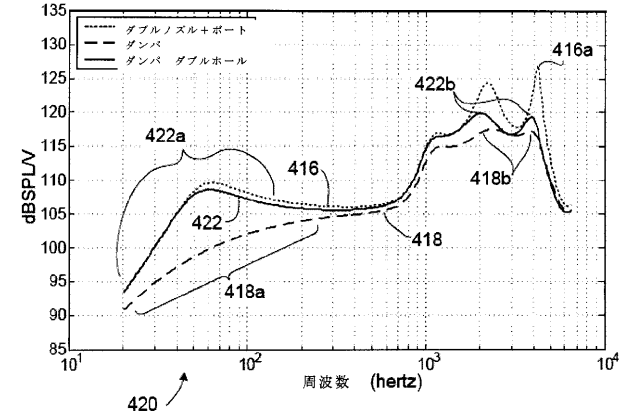
【図 3 B】



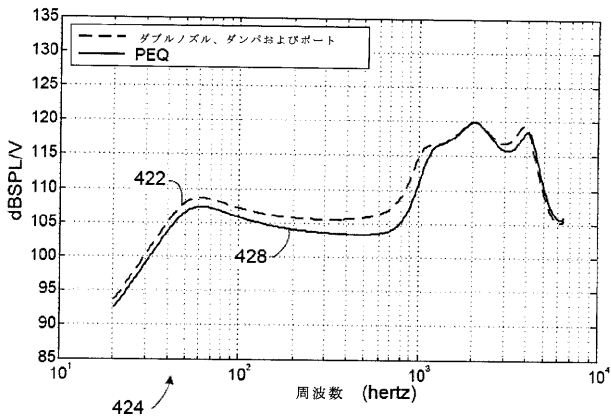
【図 4 A】



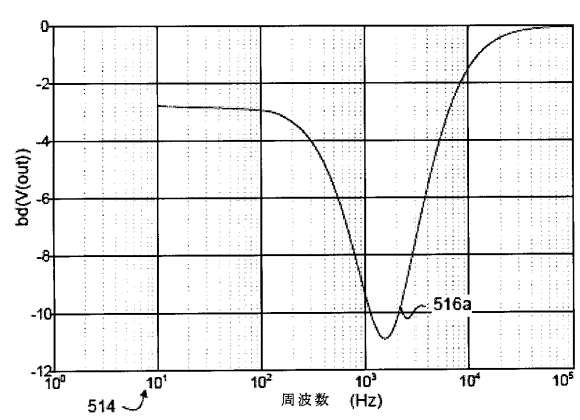
【図 4 B】



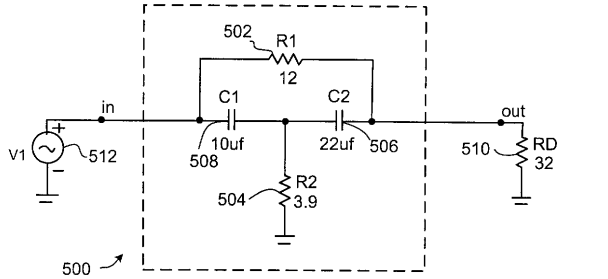
【図 4 C】



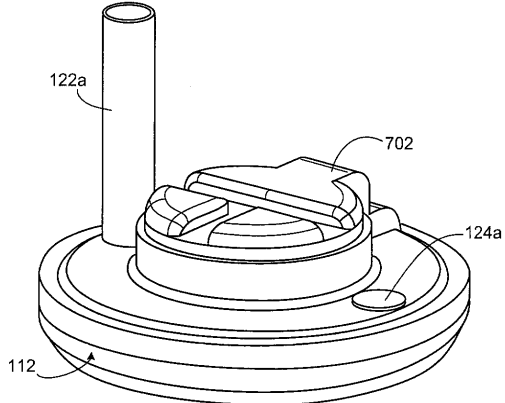
【図 6】



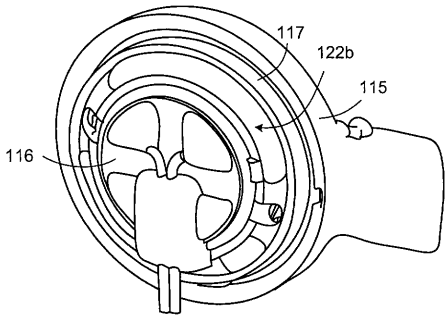
【図 5】



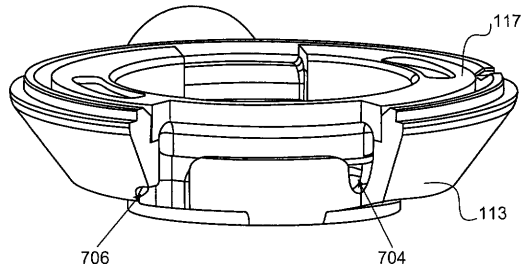
【図 7 A】



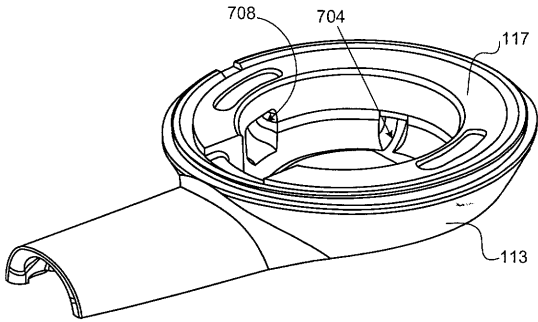
【 図 7 B 】



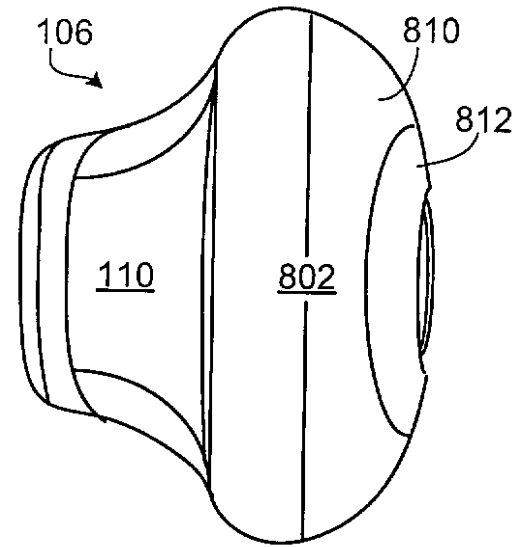
【 図 7 D 】



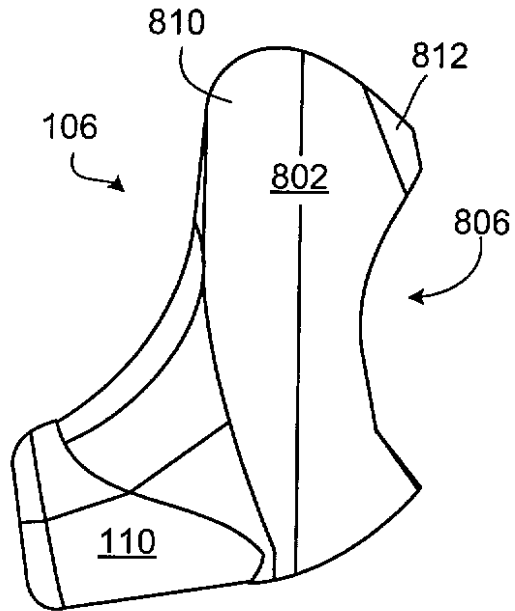
【 図 7 C 】



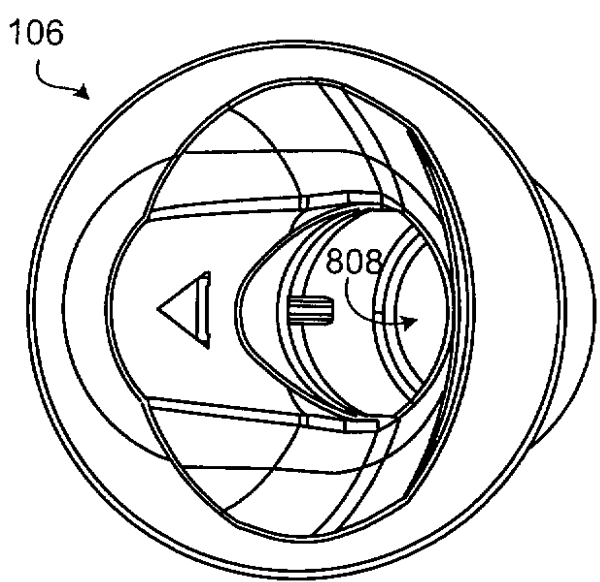
【 図 8 A 】



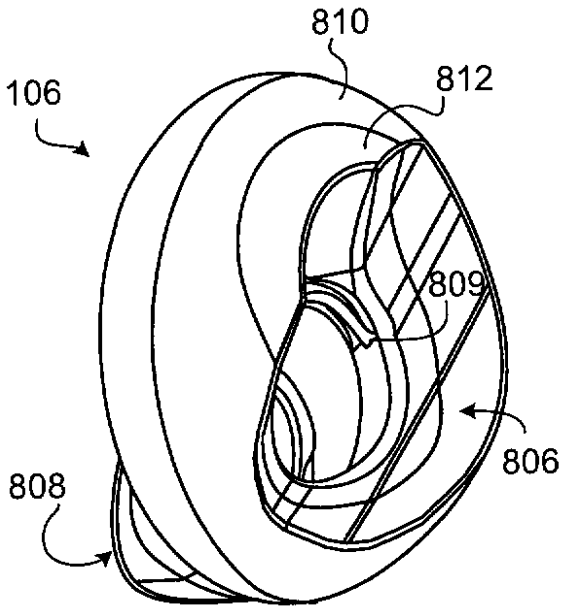
【 図 8 B 】



【 図 8 C 】



【図 8 D】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ウィリアム・ダブリュ・タイス  
アメリカ合衆国・ニューハンプシャー・03031・アムハースト・コニファー・レーン・14
- (72)発明者 ジェイソン・エム・ハーロー  
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02472・ウォータータウン・ハワード・ストリート・3  
2
- (72)発明者 イアン・エム・コリアー  
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02134・アルストン・コモンウェルス・アヴェニュー・  
1234・#11
- (72)発明者 ケヴィン・ピー・アヌンジアト  
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・02053・メドウェイ・ステーブル・ウェイ・16
- (72)発明者 ペリクレス・ニコラス・パカロス  
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・01754・メイナード・アラン・ドライブ・9
- (72)発明者 マイケル・ジェイ・モナハン  
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・フランクリン・クロス・ストリート・86

Fターム(参考) 5D005 BB16 BE01



【 外国語明細書 】

## EARPHONES

### BACKGROUND

This description relates to earphones.

As shown in figure 1, a human ear 10 includes an ear canal 12 which leads to the sensory organs (not shown). The pinna 11, the part of the ear outside the head, includes the concha 14, the hollow next to the ear canal 12, defined in part by the tragus 16 and anti-tragus 18. An earphone is generally designed to be worn over the pinna, in the concha, or in the ear canal.

### SUMMARY

In general, in one aspect an earphone includes a first acoustic chamber including a reactive element and a resistive element in parallel, a second acoustic chamber separated from the first acoustic chamber by an acoustic transducer, and a housing to support the apparatus from the concha of a wearer's ear and to extend the second acoustic chamber into the ear canal of the wearer's ear.

Implementations may include one or more of the following features.

An acoustic damper is in the second acoustic chamber. The acoustic damper covers an opening in the second acoustic chamber. a portion of the acoustic damper defines a hole. A wall of the second acoustic chamber defines a hole that couples the second acoustic chamber to free space.

A cushion surrounds a portion of the housing to couple the housing to the concha and ear canal of the users ear. The cushion includes an outer region formed of a first material having a first hardness, and an inner region formed of a second material having a second hardness. The first material has a hardness of around 3 shore A to 12 shore A. The first material has a hardness of around 8 shore A. The second material has a hardness of around 30 shore A to 90 shore A. The second material has a hardness of around 40 shore A. A first region of the cushion is shaped to couple the second acoustic chamber to the ear canal, and a second region of the cushion is shaped to retain the apparatus to the ear, the second region not extending into the ear canal. The cushion is removable. A set of cushions of different sizes is included.

The reactive element and the resistive element cause the first acoustic chamber to have a resonance of between around 30 Hz and around 100 Hz. The resistive element includes a resistive port. The reactive element includes a reactive port. The reactive port includes a tube coupling the first acoustic chamber to free space. The reactive port has a diameter of between around 1.0 to around 1.5 mm and a length of between around 10 to around 20 mm. The reactive port has a diameter of around 1.2 mm. The reactive port and the resistive port couple to the first acoustic chamber at about radially opposite positions. The reactive port and the resistive port are positioned to reduce pressure variation on a face of the transducer exposed to the first acoustic chamber. A plurality of reactive or resistive ports are about evenly radially distributed around a center of the acoustic transducer. A plurality of resistive ports are about evenly radially distributed around a center of the acoustic transducer, and the reactive port couples to the first acoustic chamber at about the center of the acoustic transducer. A plurality of reactive ports are about evenly radially distributed around a center of the acoustic transducer, and the resistive port couples to the first acoustic chamber at about the center of the acoustic transducer.

The first acoustic chamber is defined by a wall conforming to a basket of the acoustic transducer. The first acoustic chamber has a volume less than about  $0.4 \text{ cm}^3$ , including volume occupied by the transducer. The first acoustic chamber has a volume less than about  $0.2 \text{ cm}^3$ , excluding volume occupied by the transducer. The second acoustic chamber is defined by the transducer and the housing, the housing defines a first and a second hole, the first hole being at an extremity of the wall extending into the wearer's ear canal, and the second hole being positioned to couple the acoustic chamber to free space when the apparatus is positioned in the wearer's ear; and an acoustic damper is positioned across the first hole and defines a third hole having a smaller diameter than the first hole.

A circuit is included to adjust a characteristic of signals provided to the acoustic transducer. A set of earphones includes a pair of earphones.

In general, in one aspect, a cushion includes a first material and a second material and is formed into a first region and a second region. The first region defines an exterior surface shaped to fit the concha of a human ear. The second region defines an exterior

surface shaped to fit the ear canal of a human ear. The first and second regions together define an interior surface shaped to accommodate an earphone. The first material occupies a volume adjacent to the interior surface. The second material occupies a volume between the first material and the first and second outer surfaces. The first and second materials are of different hardnesses.

Implementations may include one or more of the following features. The first material has a hardness in the range of about 3 shore A to about 12 shore A. The first material has a hardness of about 8 shore A. The second material has a hardness in the range of about 30 shore A to about 90 shore A. The first material has a hardness of about 40 shore A.

Other features and advantages will be apparent from the description and the claims.

### DESCRIPTION

Figure 1 shows a human ear.

Figure 2A is a perspective view of an earphone located in the ear.

Figure 2B is an isometric view of an earphone.

Figure 3A is a schematic cross section of an earphone.

Figure 3B is an exploded isometric view of an earphone.

Figures 4A-4C and 6 are graphs.

Figure 5 is a circuit diagram.

Figures 7A-7D are isometric views of portions of an earphone.

Figures 8A and 8B are side views of a cushion.

Figure 8C is a top view of a cushion.

Figure 8D is an isometric view of a cushion.

As shown in figures 2A and 2B, an earphone 100 has a first region 102 designed to be located in the concha 14 of the wearer's ear 10, and a second region 104 to be located in the ear canal 12. (Figures 2A and 2B show a wearer's left ear and corresponding earphone 100. A complementary earphone may fit the right ear, not shown. In some examples, only one earphone is provided. In some examples, a left earphone and

a right earphone may be provided together as a pair.) A cushion 106 couples the acoustic components of the earphone to the physical structure of a wearer's ear. A plug 202 connects the earphone to a source of audio signals, such as a CD player, cell phone, MP3 player, or PDA (not shown), or may have multiple plugs (not shown) allowing connection to more than one type of device at a time. A circuit housing 204 may include circuitry for modifying the audio signal, for example, by controlling its volume or providing equalization. The housing 204 may also include switching circuitry, either manual or automatic, for connecting the signals output by one or another of the above mentioned sources to the earphone. A cord 206 conveys audio signals from the source to the earphones. In some examples, the signals may be communicated wirelessly, for example, using the Bluetooth protocol, and the cord 206 would not be included. Alternatively or additionally, a wireless link may connect the circuitry with one or more of the sources.

As shown in figure 3A and 3B, the first region 102 of the earphone 100 includes a rear chamber 112 and a front chamber 114 defined by shells 113 and 115, respectively, on either side of a driver 116. In some examples, a 16 mm diameter driver is used. Other sizes and types of acoustic transducers could be used depending, for example, on the desired frequency response of the earphone. The front chamber 114 extends (126) to the entrance to the ear canal 12, and in some embodiments into the ear canal 12, through the cushion 106 and ends at acoustic resistance element 118. In some examples, the resistance element 118 is located within the extended portion 126, rather than at the end, as illustrated. An acoustic resistance element dissipates a proportion of acoustic energy that impinges on or passes through it. In some examples, the front chamber 114 includes a pressure equalization (PEQ) hole 120. The PEQ hole 120 serves to relieve air pressure that could be built up within the ear canal 12 and front chamber 114 when the earphone 100 is inserted into the ear 10. The rear chamber 112 is sealed around the back side of the driver 116 by the shell 113. In some examples, the rear chamber 112 includes a reactive element, such as a port (also referred to as a mass port) 122, and a resistive element, which may also be formed as a port 124. U.S. patent 6,831,984 describes the use of parallel reactive and resistive ports in a headphone device, and is incorporated here by reference. Although we refer to ports as reactive or resistive, in practice any port will have both reactive and resistive effects. The term used to describe a given port indicates

which effect is dominant. In the example of figure 3B, the reactive port is defined by spaces in an inner spacer 117, the shell 113, and an outer cover 111. A reactive port like the port 122 is, for example, a tube-shaped opening in what may otherwise be a sealed acoustic chamber, in this case rear chamber 112. A resistive port like the port 124 is, for example, a small opening in the wall of an acoustic chamber covered by a material providing an acoustical resistance, for example, a wire or fabric screen, that allows some air and acoustic energy to pass through the wall of the chamber.

Each of the cushion 106, cavities 112 and 114, driver 116, damper 118, hole 120, and ports 122 and 124 have acoustic properties that may affect the performance of the earphone 100. These properties may be adjusted to achieve a desired frequency response for the earphone. Additional elements, such as active or passive equalization circuitry, may also be used to adjust the frequency response.

The effects of the cavities 112 and 114 and the ports 122 and 124 are shown by graph 400 in figure 4A. The frequency response of a traditional earbud headphone (that is, one that does not extend into the ear canal and does not provide a seal to the ear canal) is shown as curve 404 in figure 4A. Traditional ear bud designs have less low frequency response than may be desired, as shown by section 404a, which shows decreased response below around 200Hz. To increase low frequency response and sensitivity, a structure 126, sometimes referred to as a nozzle, may extend the front cavity 112 into the ear canal, facilitating the formation of a seal between the cushion 106 and the ear canal. Sealing the front cavity 114 to the ear canal decreases the low frequency cutoff, as does enclosing the rear of transducer 116 with small cavity 112 including the ports 122 and 124. Together with a lower portion 110 of the cushion, the nozzle 126 provides better seal to the ear canal than earphones that merely rest in the concha, as well as a more consistent coupling to the user's ears, which reduces variation in response among users. The tapered shape and pliability of the cushion allow it to form a seal in ears of a variety of shapes and sizes. The nozzle and cushion design is described in more detail below.

In some examples, the rear chamber 112 has a volume of  $0.28 \text{ cm}^3$ , which includes the volume of the driver 116. Excluding the driver, the rear chamber 112 has a volume of  $0.08 \text{ cm}^3$ . An even smaller rear chamber may be formed by simply sealing the rear surface of the driver 116 (e.g., sealing the basket of a typical driver, see the cover

702 in figure 7A). Other earbud designs often have rear cavities of at least  $0.7 \text{ cm}^3$ , including  $0.2 \text{ cm}^3$  for the driver.

The reactive port 122 resonates with the back chamber volume. In some examples, it has a diameter in the range of about 1.0-1.5 mm and a length in the range of about 10-20 mm long. In some embodiments, the reactive port is tuned to resonate with the cavity volume around the low frequency cutoff of the earphone. In some embodiments, this is in the low frequency range between 30 Hz and 100 Hz. In some examples, the reactive port 122 and the resistive port 124 provide acoustical reactance and acoustical resistance in parallel, meaning that they each independently couple the rear chamber 112 to free space. In contrast, reactance and resistance can be provided in series in a single pathway, for example, by placing a resistive element such as a wire mesh screen inside the tube of a reactive port. In some examples, a parallel resistive port is made from a 70x088 Dutch twill wire cloth, for example, that available from Cleveland Wire of Cleveland, OH, and has a diameter of about 3 mm. Parallel reactive and resistive elements, embodied as a parallel reactive port and resistive port, provides increased low frequency response compared to an embodiment using a series reactive and resistive elements. The parallel resistance does not substantially attenuate the low frequency output while the series resistance does. The frequency response of an earphone having a combination of a small back chamber with parallel reactive and resistive ports and a front chamber with a nozzle is shown by curve 416 in figure 4A. Using a small rear cavity with parallel ports allows the earphone to have improved low frequency output and a desired balance between low frequency and high frequency output. Various design options for the ports are discussed below.

High frequency resonances in the front chamber structure, for example, those represented by peaks 416a, can be damped by placing an acoustical resistance (sometimes referred to as a damper or acoustical damper), element 118 in figure 3A and 3B, in series with the output of the nozzle 126, as shown in figure 3A. In some examples, a stainless steel wire mesh screen of 70x800 Dutch twill wire cloth is used. In some examples, a small hole 128 is formed in the center of the screen 118. In some examples, the screen 118 is about 4 mm in diameter, and the hole is about 1 mm. Other sizes may be appropriate for other nozzle geometries or other desired frequency responses. The hole

128 in the center of the screen 118 slightly lowers the acoustical resistance of the screen 118, but does not block low frequency volume velocity significantly, as can be seen in region 422a of curve 422. The curve 416 is repeated from figure 4A, showing the effects of an undamped nozzle and small back chamber with reactive and resistive ports in parallel. Curve 422 has substantially more low frequency output than curve 418a, which shows the effects of a damper 118 without a hole. A screen with a hole in it provides damping of the higher frequency resonances (compare peaks 422b to peaks 416a), though not as much as a screen without a hole (compare peaks 422b to peaks 418b), but substantially increases low frequency output, nearly returning it to the level found without the damper.

The PEQ hole 120 is located so that it will not be blocked when in use. For example, the PEQ hole 120 is not located in the cushion 106 that is in direct contact with the ear, but away from the ear in the front chamber 114. The primary purpose of the hole is to avoid an over-pressure condition when the earphone 100 is inserted into the user's ear 10. Additionally, the hole can be used to provide a fixed amount of leakage that acts in parallel with other leakage that may be present. This helps to standardize response across individuals. In some examples, the PEQ hole 120 has a diameter of about 0.50 mm. Other sizes may be used, depending on such factors as the volume of the front chamber 114 and the desired frequency response of the earphones. The frequency response effect of the known leakage through the PEQ hole 120 is shown by a graph 424 in figure 4C. Curve 422 is repeated from figure 4B, showing the response with the other elements (small rear chamber with parallel reactive and resistive ports, front chamber with nozzle, and screen damper with small hole in center across nozzle opening) but without the PEQ hole 120, while curve 428 shows the response with the PEQ hole providing a known amount of leakage. Adding the PEQ hole makes a trade off between some loss in low frequency output and more repeatable overall performance.

Some or all of the elements described above can be used in combination to achieve a particular frequency response (non-electronically). In some examples, additional frequency response shaping may be used to further tune sound reproduction of the earphones. One way to accomplish this is passive electrical equalization using circuitry like that shown in figure 5. For example, if a resonance remained at 1.55 KHz

after tuning the acoustic components of the earphones, a passive equalization circuit 500 including resistors 502 and 504 and capacitors 506 and 508 connected as indicated may be used. In circuit 500, the output resistance 510 represents the nominal 32 ohm electrical impedance of standard earphones, and the input voltage source 512 represents the audio  
5 signal input to the headphones, for example, from a CD player. Graph 514 in figure 6 shows the electrical frequency response curve 516 that results from circuit 500, indicating a dip 516a in response at 1.55 KHz corresponding to a Q factor of 0.75, with an 8db decrease in output voltage at the dip frequency compared to the response at low  
10 frequencies. The actual values of the resistors and capacitors, and the resulting curve, will depend on the specific equalization needs based on the details of the acoustic components of the earphone. Such circuitry can be housed in-line with the earphones, for example, inside the circuit housing 204 (figure 2A).

Options for the design of the ports 122 and 124 are shown in figures 7A–7D. As shown in figure 7A, a reactive port 122a extends out from the back cover 702 of the rear  
15 chamber 112. A resistive port 124a is located on the opposite side of the cover 702. Such a reactive port could be bent or curved to provide a more compact package, as shown by a curved port 122b formed in the inner spacer 117 in figure 7B. In some examples, as shown in figures 3B, 7C, and 7D, the full tube of the port is formed by the assembly of the inner spacer 117 with the outer shell 113, which also may form the outer wall of the  
20 rear chamber 112. In the example of figures 7C and 7D, an opening 704 in the inner spacer 117 is the beginning of the port 122. The port curves around the circumference of the earphone to exit at an opening 706 in the outer shell 113. A portion of the shell 113 is cut away in figure 7D so that the beginning opening 704 can be seen. Figure 7C also shows an opening 708 for the resistive port 124. In some examples, arranging ports  
25 symmetrically around the rear chamber 112 as shown in figure 7A has advantages, for example, it helps to balance pressure differences across the rear chamber 112 (which would appear across the back of the diaphragm of the driver 116, figure 7B) that could otherwise occur. Pressure gradients across the driver diaphragm could induce rocking modes. Some examples may use more than one reactive port or resistive port, or both  
30 types of ports, evenly radially distributed around the rear chamber 112. A single resistive



port (or single reactive port) could be centrally located, with several reactive (or resistive) ports evenly distributed around it.

The cushion 106 is designed to comfortably couple the acoustic elements of the earphone to the physical structure of the wearer's ear. As shown in figures 8A-8D, the cushion 106 has an upper portion 802 shaped to make contact with the tragus 16 and anti-tragus 18 of the ear (see figs 1 and 2A), and a lower portion 110 shaped to enter the ear canal 12, as mentioned above. In some examples, the lower portion 110 is shaped to fit within but not apply significant pressure on the flesh of the ear canal 12. The lower portion 110 is not relied upon to provide retention of the earphone in the ear, which allows it to seal to the ear canal with minimal pressure. A void 806 in the upper portion 802 receives the acoustic elements of the earphone (not shown), with the nozzle 126 (figure 3) extending into a void 808 in the lower portion 110. In some examples, the cushion 106 is removable from the earphone 100, and cushions of varying external size may be provided to accommodate wearers with different-sized ears.

In some examples, the cushion 106 is formed of materials having different hardnesses, as indicated by regions 810 and 812. The outer region 810 is formed of a soft material, for example, one having a durometer of 8 shore A, which provides good comfort because of its softness. Typical durometer ranges for this section are from 3 shore A to 12 shore A. The inner region 812 is formed from a harder material, for example, one having a durometer of 40 shore A. This section provides the stiffness needed to hold the cushion in place. Typical durometer ranges for this section are from 30 shore A to 90 shore A. In some examples, the inner section 812 includes an O-ring type retaining collar 809 to retain the cushion on the acoustic components. The stiffer inner portion 812 may also extend into the outer section to increase the stiffness of that section. In some examples, variable hardness could be arranged in a single material.

In some examples, both regions of the cushion are formed from silicone. Silicone can be fabricated in both soft and more rigid durometers in a single part. In a double-shot fabrication process, the two sections are created together with a strong bond between them. Silicone has the advantage of maintaining its properties over a wide temperature range, and is known for being successfully used in applications where it remains in contact with human skin. Silicone can also be fabricated in different colors, for example,

for identification of different sized cushions, or to allow customization. In some examples, other materials may be used, such as thermoplastic elastomer (TPE). TPE is similar to silicone, and may be less expensive, but is less resistant to heat. A combination of materials may be used, with a soft silicone or TPE outer section 812 and a hard inner  
5 section 810 made from a material such as ABS, polycarbonate, or nylon. In some examples, the entire cushion may be fabricated from silicone or TPE having a single hardness, representing a compromise between the softness desired for the outer section 812 and the hardness needed for the inner section 810.

Other embodiments are within the scope of the following claims.

- 1     1.     An apparatus comprising:
  - 2             a first acoustic chamber including a reactive element and a resistive element in
  - 3             parallel,
  - 4             a second acoustic chamber separated from the first acoustic chamber by an
  - 5             acoustic transducer, and
  - 6             a housing to support the apparatus from the concha of a wearer's ear and to extend
  - 7             the second acoustic chamber into the ear canal of the wearer's ear.
- 1     2.     The apparatus of claim 1 also comprising an acoustic damper in the second
- 2             acoustic chamber.
- 1     3.     The apparatus of claim 2 in which the acoustic damper covers an opening in the
- 2             second acoustic chamber.
- 1     4.     The apparatus of claim 2 in which a portion of the acoustic damper defines a hole.
- 1     5.     The apparatus of claim 1 in which a wall of the second acoustic chamber defines a
- 2             hole that couples the second acoustic chamber to free space.
- 1     6.     The apparatus of claim 1 also comprising a cushion surrounding a portion of the
- 2             housing to couple the housing to the concha and ear canal of the users ear.
- 1     7.     The apparatus of claim 6 in which the cushion comprises an outer region formed
- 2             of a first material having a first hardness, and an inner region formed of a second
- 3             material having a second hardness.
- 1     8.     The apparatus of claim 7 in which the first material has a hardness of around 3
- 2             shore A to 12 shore A.

- 1 9. The apparatus of claim 8 in which the first material has a hardness of around 8  
2 shore A.
- 1 10. The apparatus of claim 7 in which the second material has a hardness of around  
2 30 shore A to 90 shore A.
- 1 11. The apparatus of claim 9 in which the second material has a hardness of around  
2 40 shore A.
- 1 12. The apparatus of claim 6 in which a first region of the cushion is shaped to couple  
2 the second acoustic chamber to the ear canal, and in which a second region of the  
3 cushion is shaped to retain the apparatus to the ear, the second region not  
4 extending into the ear canal.
- 1 13. The apparatus of claim 6 in which the cushion is removable.
- 1 14. The apparatus of claim 13 also comprising a set of cushions of different sizes.
- 1 15. The apparatus of claim 1 in which the reactive element and the resistive element  
2 cause the first acoustic chamber to have a resonance of between around 30 Hz and  
3 around 100 Hz.
- 1 16. The apparatus of claim 1 in which the resistive element comprises a resistive port.
- 1 17. The apparatus of claim 1 in which the reactive element comprises a reactive port.
- 1 18. The apparatus of claim 17 in which the reactive port comprises a tube coupling  
2 the first acoustic chamber to free space.
- 1 19. The apparatus of claim 18 in which the reactive port has a diameter of between  
2 around 1.0 to around 1.5 mm and a length of between around 10 to around 20 mm.
- 1 20. The apparatus of claim 18 in which the reactive port has a diameter of around 1.2  
2 mm.

- 1 21. The apparatus of claim 1 in which the reactive port and the resistive port couple to  
2 the first acoustic chamber at about radially opposite positions.
- 1 22. The apparatus of claim 1 in which the reactive port and the resistive port are  
2 positioned to reduce pressure variation on a face of the transducer exposed to the  
3 first acoustic chamber.
- 1 23. The apparatus of claim 1 also comprising a plurality of reactive or resistive ports,  
2 about evenly radially distributed around a center of the acoustic transducer.
- 1 24. The apparatus of claim 1 also comprising a plurality of resistive ports about  
2 evenly radially distributed around a center of the acoustic transducer, and in  
3 which the reactive port couples to the first acoustic chamber at about the center of  
4 the acoustic transducer.
- 1 25. The apparatus of claim 1 also comprising a plurality of reactive ports about  
2 evenly radially distributed around a center of the acoustic transducer, and in  
3 which the resistive port couples to the first acoustic chamber at about the center of  
4 the acoustic transducer.
- 1 26. The apparatus of claim 1 in which the first acoustic chamber is defined by a wall  
2 conforming to a basket of the acoustic transducer.
- 1 27. The apparatus of claim 1 in which the first acoustic chamber has a volume less  
2 than about  $0.4 \text{ cm}^3$ , including volume occupied by the transducer.
- 1 28. The apparatus of claim 1 in which the first acoustic chamber has a volume less  
2 than about  $0.2 \text{ cm}^3$ , excluding volume occupied by the transducer.
- 1 29. The apparatus of claim 1 in which  
2 the second acoustic chamber is defined by the transducer and the housing,  
3 the housing defines a first and a second hole,

4 the first hole being at an extremity of the wall extending into the wearer's ear  
5 canal, and

6 the second hole being positioned to couple the acoustic chamber to free space  
7 when the apparatus is positioned in the wearer's ear; and

8 an acoustic damper is positioned across the first hole and defines a third hole  
9 having a smaller diameter than the first hole.

1 30. The apparatus of claim 1 also comprising a circuit to adjust a characteristic of  
2 signals provided to the acoustic transducer.

1 31. A set of earphones comprising a pair of apparatuses according to claim 1.

1 32. A cushion comprising a first material and a second material, and formed into a  
2 first region and a second region, in which

3 the first region defines an exterior surface shaped to fit the concha of a human ear,

4 the second region defines an exterior surface shaped to fit the ear canal of a  
5 human ear,

6 the first and second regions together define an interior surface shaped to  
7 accommodate an earphone,

8 the first material occupies a volume adjacent to the interior surface,

9 the second material occupies a volume between the first material and the first and  
10 second outer surfaces, and

11 the first and second materials are of different hardnesses.

1 33. The cushion of claim 32 in which the first material has a hardness in the range of  
2 about 3 shore A to about 12 shore A.

- 1 34. The cushion of claim 33 in which the first material has a hardness of about 8  
2 shore A.
- 1 35. The cushion of claim 32 in which the second material has a hardness in the range  
2 of about 30 shore A to about 90 shore A.
- 1 36. The cushion of claim 35 in which the first material has a hardness of about 40  
2 shore A.
- 1 37. The apparatus of claim 1 comprising a passive equalization circuit, the circuit  
2 frequency response shaping an input audio signal, the shaped audio signal driving  
3 the acoustic transducer.
- 1 38. The apparatus of claim 37 wherein the passive equalization circuit is a second  
2 order filter.
- 1 39. The apparatus of claim 37 wherein the passive equalization circuit is a bridged-T  
2 circuit.

1

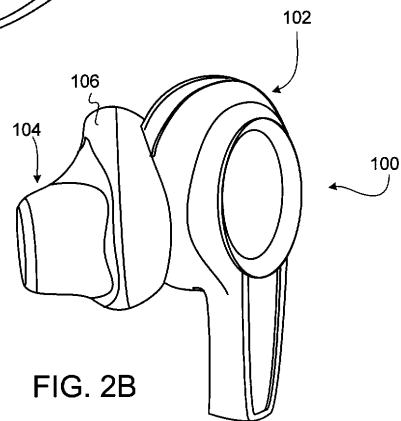
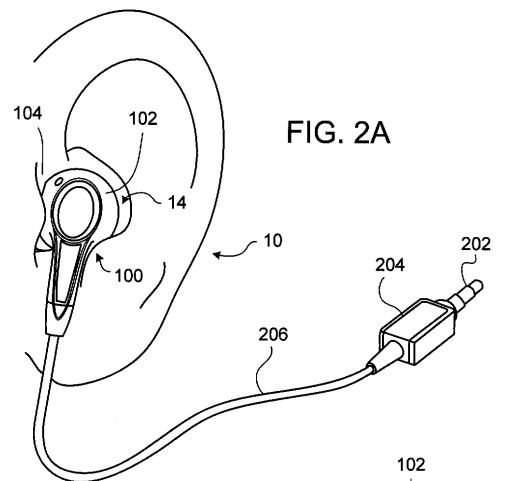
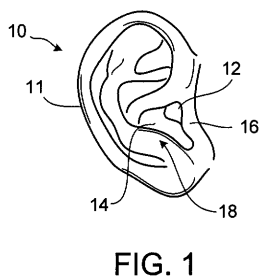
1 Abstract

An earphone includes a first acoustic chamber including a reactive element and a resistive element in parallel, a second acoustic chamber separated from the first acoustic chamber by an acoustic transducer, and a housing to support the apparatus from the concha of a wearer's ear and to extend the second acoustic chamber into the ear canal of the wearer's ear.

A cushion includes a first material and a second material and is formed into a first region and a second region. The first region defines an exterior surface shaped to fit the concha of a human ear. The second region defines an exterior surface shaped to fit the ear canal of a human ear. The first and second regions together define an interior surface shaped to accommodate an earphone. The first material occupies a volume adjacent to the interior surface. The second material occupies a volume between the first material and the first and second outer surfaces. The first and second materials are of different hardnesses.

15 2 Representative Drawing

Fig. 2A





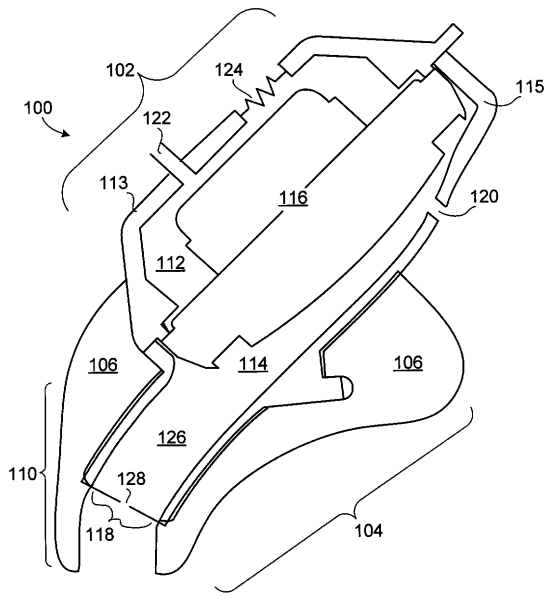


FIG. 3A

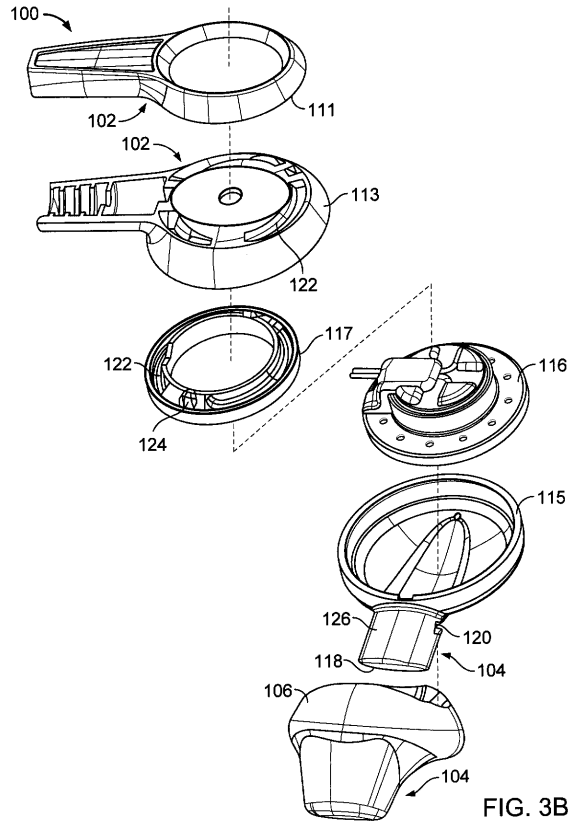


FIG. 3B

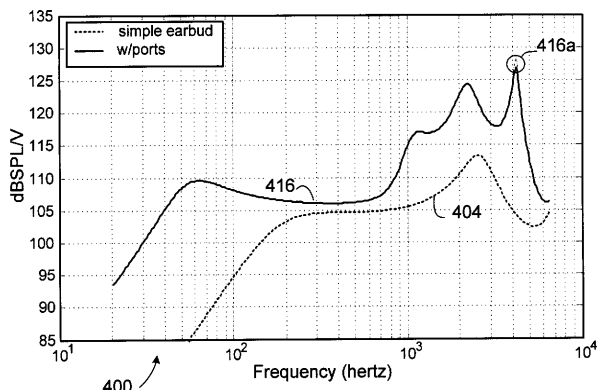


FIG. 4A

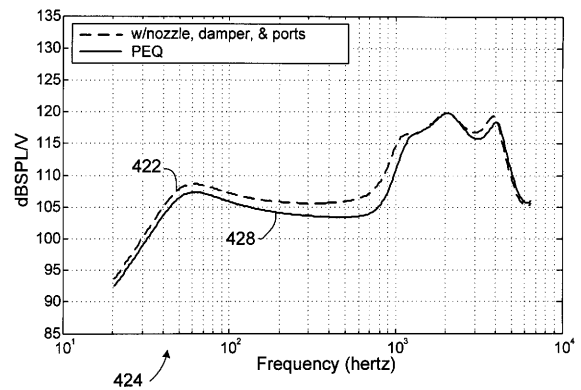


FIG. 4C

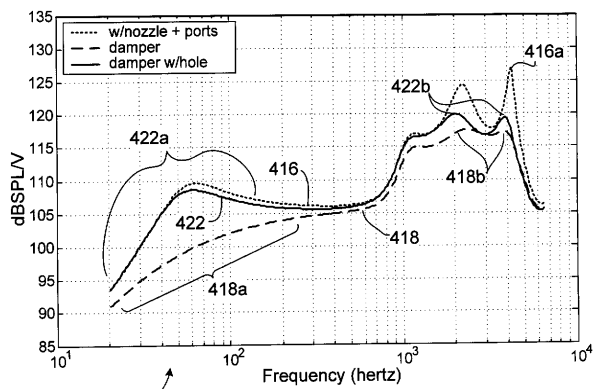


FIG. 4B

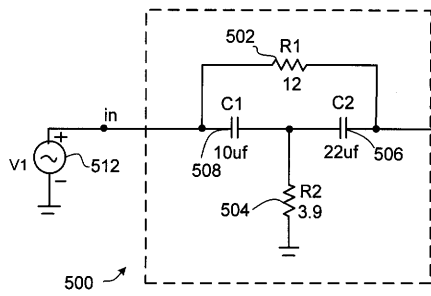


FIG. 5

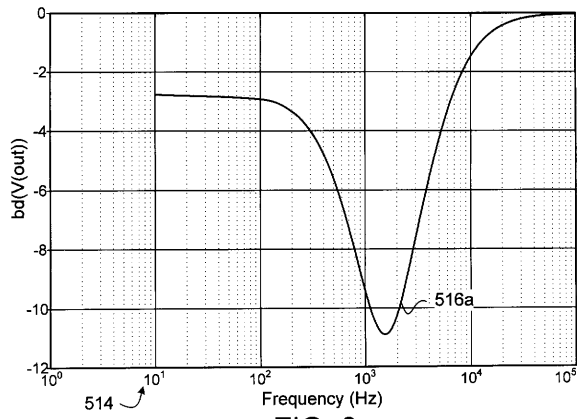


FIG. 6

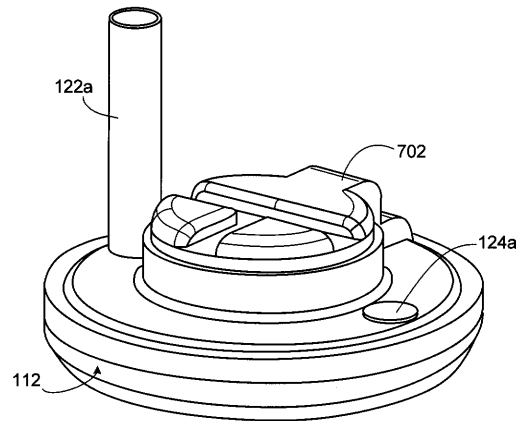


FIG. 7A

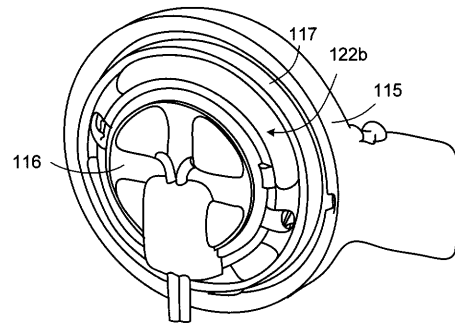


FIG. 7B

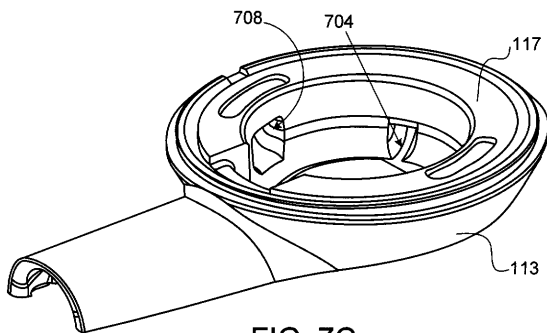


FIG. 7C

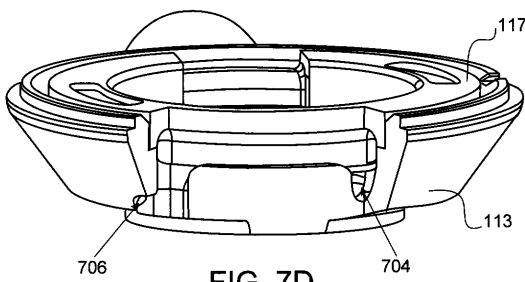


FIG. 7D

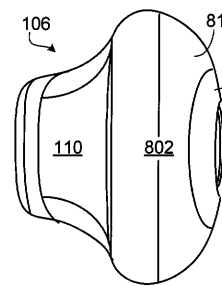


FIG. 8A

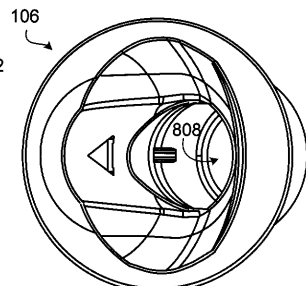


FIG. 8C

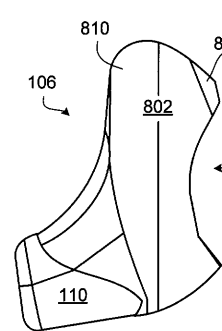


FIG. 8B

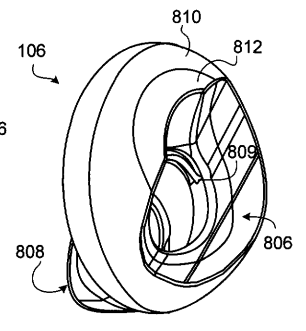


FIG. 8D