



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106105256 B

(45)授权公告日 2019.04.26

(21)申请号 201580013910.6

(22)申请日 2015.03.13

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106105256 A

(43)申请公布日 2016.11.09

(30)优先权数据  
14/211,556 2014.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.09.13

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2015/020331 2015.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/138829 EN 2015.09.17

(73)专利权人 博士有限公司  
地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 K·P·阿农齐阿托 J·哈洛  
M·D·谢特伊  
R·C·西尔维斯特里

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256  
代理人 王茂华 杨立

(51)Int.Cl.  
H04R 1/10(2006.01)

(56)对比文件  
US 2011058704 A1,2011.03.10,  
CN 1276695 A,2000.12.13,  
CN 102378077 A,2012.03.14,  
US 8670586 B1,2014.03.11,  
审查员 文蕊佳

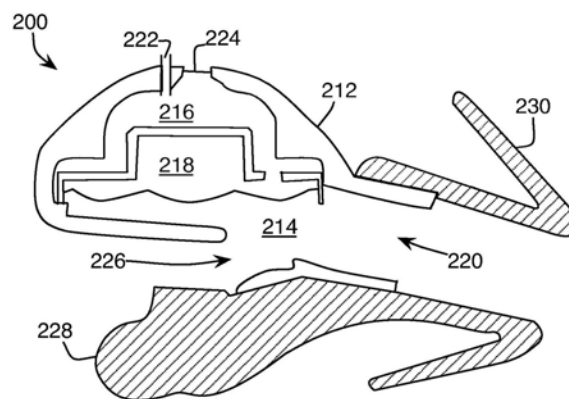
权利要求书3页 说明书5页 附图7页

### (54)发明名称

耳机中的压力均衡

### (57)摘要

一种耳机,包括将一个封装体分隔成前体积和后体积的电声换能器,将所述前体积耦合至用户的耳道的壳体中的第一端口,将所述前体积耦合至耳朵外部的空间的壳体中的第二端口,将所述后体积耦合至耳朵外部的空间的壳体中的第三端口,以及配置成围绕所述第一端口并包括一个折边以便将耳道相对于耳朵外部空间密封的耳塞。所述第二端口的直径和长度提供一个具有如下声阻抗的声质量,该声阻抗具有高抗性分量和低阻性分量,减少原本因密封耳朵所导致的堵耳效应。



1. 一种耳机,包括:

壳体,限定封闭体积;

电声换能器,将所述封闭体积分隔为前体积和后体积;

所述壳体中的第一端口,被布置成当所述耳机被佩戴时将所述前体积耦合至用户的耳道;

所述壳体中的第二端口,被布置成当所述耳机被佩戴时将所述前体积耦合至用户耳朵外部的空间;

所述壳体中的第三端口,被布置成当所述耳机被佩戴时将所述后体积耦合至用户耳朵外部的空间;以及

耳塞,被配置成围绕所述第一端口并包括折边,当所述耳机被佩戴时所述折边用来将所述耳道相对于所述耳朵外部的空间密封,所述壳体包括用于保持所述耳塞的延伸突片;

其中,

所述第二端口的直径和长度提供具有如下声阻抗的声质量:所述声阻抗具有高抗性分量和低阻性分量,并且

所述第一端口的入口被定位成邻接所述延伸突片的第一侧,并且所述第二端口的入口被定位为邻接所述延伸突片的第二侧,以使得所述电声换能器被对称地加载。

2. 根据权利要求1所述的耳机,其中所述第二端口的直径和长度为所述第二端口提供在低频处的低声阻抗和在高频处的高声阻抗。

3. 根据权利要求1所述的耳机,其中所述耳塞包括定位成围绕所述第二端口出口的空隙,所述耳塞保护所述第二端口出口免遭堵塞。

4. 根据权利要求3所述的耳机,其中所述空隙不向所述第二端口赋予附加声阻抗。

5. 根据权利要求3所述的耳机,其中所述耳塞由具有至少两个不同硬度的材料形成,所述耳塞限定所述空隙的部分比所述耳塞形成所述密封的部分有更大的硬度。

6. 根据权利要求1所述的耳机,其中:

所述换能器包括膜片,所述膜片一般通过第一平面来表征、沿垂直于所述平面的第一轴线径向对称、并且以外边缘为界;

所述第一端口从入口延伸到所述换能器的所述外边缘附近的所述前体积内;并且

所述第二端口从入口延伸到所述前体积内,所述第二端口入口沿将所述第一轴线连接到所述第一端口入口的线定位。

7. 根据权利要求6所述的耳机,其中所述第二端口入口在所述第一端口与所述第一轴线之间、面向所述膜片定位。

8. 根据权利要求1所述的耳机,其中所述第一端口具有比所述第二端口更低的特性声阻抗。

9. 根据权利要求8所述的耳机,其中所述第二端口在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6 \text{ kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

10. 根据权利要求9所述的耳机,其中所述第三端口在20Hz处具有至少 $8.0 \times 10^6 \text{ kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^8 \text{ kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

11. 根据权利要求1所述的耳机,其中所述第二端口在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6 \text{ kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7 \text{ kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

12. 根据权利要求1所述的耳机,还包括所述壳体中的第四端口,所述第四端口被布置为当所述耳机被佩戴时将所述前体积耦合至用户耳朵外部的空间,所述第四端口的直径和长度为所述第四端口提供具有如下高声阻抗:所述高声阻抗具有大阻性分量和低抗性分量。

13. 根据权利要求12所述的耳机,其中所述第四端口在3kHz处具有至少 $2.0 \times 10^7 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

14. 一种耳机,包括:

壳体,限定封闭体积;

电声换能器,将所述封闭体积分隔为前体积和后体积;

所述壳体中的第一端口,被布置成当所述耳机被佩戴时将所述前体积耦合至用户的耳道;

所述壳体中的第二端口,被布置成当所述耳机被佩戴时将所述前体积耦合至用户耳朵外部的空间,所述第二端口在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗;

所述壳体中的第三端口,被布置成当所述耳机被佩戴时将所述后体积耦合至用户耳朵外部的空间,所述第三端口在20Hz处具有至少 $8.0 \times 10^6 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^8 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗;以及

耳塞,被配置成围绕所述第一端口并当所述耳机被佩戴时在所述壳体与所述耳道间形成密封,其中:

所述壳体包括用于保持所述耳塞的延伸突片;并且

所述第一端口的入口被定位成邻接所述延伸突片的第一侧,并且所述第二端口的入口被定位为邻接所述延伸突片的第二侧,以使得所述电声换能器被对称地加载。

15. 根据权利要求14所述的耳机,其中所述耳塞包括定位成围绕所述第二端口出口的空隙,所述耳塞保护所述第二端口出口免遭堵塞。

16. 根据权利要求15所述的耳机,其中所述空隙不向所述第二端口赋予附加声阻抗。

17. 根据权利要求15所述的耳机,其中所述耳塞由具有至少两个不同硬度的材料形成,所述耳塞限定所述空隙的部分比所述耳塞形成所述密封的部分有更大的硬度。

18. 根据权利要求14所述的耳机,其中:

所述换能器包括膜片,所述膜片一般通过第一平面来表征、沿垂直于所述平面的第一轴线径向对称、并且以外边缘为界;

所述第一端口从入口延伸到所述换能器的所述外边缘附近的所述前体积内;并且

所述第二端口从入口延伸到所述前体积内,所述第二端口入口沿将所述第一轴线连接到所述第一端口入口的线定位。

19. 根据权利要求18所述的耳机,其中所述第二端口入口在所述第一端口与所述第一轴线之间、面向所述膜片定位。

20. 一种耳机,包括:

耳塞,被配置成将所述耳机密封至用户的耳道以形成包括所述耳道和所述耳机的前腔的封闭体积,

壳体,包括用于保持所述耳塞的延伸突片,

前抗性端口,将否则被密封的所述前腔耦合至所述耳机外部的空间,以提供跨可听频谱的一致响应,其中所述延伸突片和耳塞协作,以形成围绕所述前抗性端口的通道,当所述耳机被佩戴在所述用户的耳朵中时,所述通道保护所述前抗性端口免遭堵塞,以及

后抗性端口和后阻性端口,并联地将背腔耦合至所述耳机外部的空间,以结合所述密封对于给定的输入信号电平提供高电平输出。

21. 根据权利要求20所述的耳机,其中所述耳机通过在20Hz处小于 $6.8 \times 10^6 \text{kg/m}^4$ 和在3kHz处小于 $3.1 \times 10^7 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗耦合至所述耳道。

22. 根据权利要求20所述的耳机,其中所述前抗性端口在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

23. 根据权利要求20所述的耳机,其中所述后抗性端口在20Hz处具有至少 $8.0 \times 10^6 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^8 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

24. 根据权利要求20所述的耳机,还包括:前阻性端口,与所述前抗性端口并联地将所述前腔耦合至所述耳机外部的空间,所述前阻性端口在3kHz处具有至少 $2.0 \times 10^7 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

25. 一种耳机,包括:

耳塞,被配置成将所述耳机密封至用户的耳道以形成包括所述耳道和所述耳机的前腔的封闭体积,

壳体,包括用于保持所述耳塞的延伸突片,

前抗性端口和前阻性端口,并联地将否则被密封的所述前腔耦合至所述耳机外部的空间,以提供跨可听频谱的一致响应,其中

所述延伸突片和耳塞协作,以形成围绕所述前抗性端口的通道,当所述耳机被佩戴在所述用户的耳朵中时,所述通道保护所述前抗性端口免遭堵塞。

## 耳机中的压力均衡

### 背景技术

[0001] 本公开涉及耳机中的压力均衡。

[0002] 音频耳机,并且特别地,入耳式耳机意味着至少部分地就位于用户的耳道或耳道入口中,有时具有将耳机内的体积耦合至耳道、至彼此或至自由空间的多个开口或端口。如图1所示,典型的耳机10具有限定由电声换能器或驱动器18在主体内分隔的前腔14和后腔16的壳体12。主输出端口20将前腔耦合至耳道,以使用户可以听到由驱动件18产生的声音。后端口22和24将后腔耦合至自由空间,以控制背腔的声学特性及其通过所述输出端口20对音频输出或响应的影响,如在美国专利7,916,888中所描述的,其全部内容通过引用并入本文。前端口26类似地控制前腔的声学特性,如在美国专利8,594,351中所描述的,其全部内容通过引用并入本文。前端口26还用作压力均衡 (PEQ) 端口,因为它将前腔耦合至自由空间。PEQ端口用于减轻当耳机插入耳朵时在前腔内产生的压力。耳塞28用作壳体12和耳朵之间的人机接触面。

### 发明内容

[0003] 一般地,在一个方面,一种耳机包括限定封闭体积的壳体,将所述封闭体积分隔为前体积和后体积的电声换能器,在所述壳体中布置成当所述耳机被佩戴时将前体积耦合至用户耳道的第一端口,在壳体中布置成当耳机被佩戴时将前体积耦合至用户耳朵外部空间的第二端口,在壳体中布置成当耳机被佩戴时将后体积耦合至用户耳朵外部空间的第三端口,以及配置成围绕第一端口并包括折边,当耳机被佩戴时该折边用来将耳道相对于耳朵外部空间密封的耳塞。第二端口的直径和长度提供一个具有如下声阻抗的声质量,该声阻抗具有高抗性分量和低阻性分量。

[0004] 实施方式可以包括以下的任何组合的一个或多个。第二端口的直径和长度可以为第二端口提供在低频处的低声阻抗和在高频处的高声阻抗。壳体可以包括用于保持耳塞的延伸突片,并且第二端口可以包括定位于邻接延伸突片的壳体的出口,延伸突片位于第一端口与第二端口出口之间。耳塞可以包括定位成围绕第二端口出口的空隙,耳塞保护第二端口出口免遭堵塞。空隙可以不向第二端口赋予附加声阻抗。耳塞可以由具有至少两个不同硬度的材料形成,耳塞限定空隙的部分比耳塞形成密封的部分有更大的硬度。换能器可以包括膜片,其一般通过拳平面而被表征、沿垂直于该平面的第一轴线径向对称、并且以外边缘为界,第一端口从入口延伸到换能器的外边缘附近的前体积内,并且第二端口从入口延伸到前体积内,该第二端口入口沿将第一轴线连接到第一端口入口的线定位。第二端口入口可以在第一端口与第一轴线之间、面向膜片定位。

[0005] 第一端口可具有比第二端口更低的特性声阻抗。第二端口可以在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7$ 的特性声阻抗。第三端口可以在20Hz处具有至少 $8.0 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^8$ 的特性声阻抗。第二端口可以在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7$ 的特性声阻抗。壳体内的第四端口可被布置为当耳机被佩戴时将前体积耦合至用户耳朵外部的

空间,第四端口的直径和长度为第四端口提供具有如下的高声阻抗:该高声阻抗具有大阻性分量和低抗性分量。第四端口可以在3kHz处具有至少 $8.3 \times 10^7 \text{kg/m}^4$ 的特性声阻抗。

[0006] 一般地,在一个方面,耳机包括配置成限定一个封闭体积的壳体,将封闭体积分隔为前体积和后体积的电声换能器,在壳体中布置成当耳机被佩戴时将前体积耦合至用户耳道的第一端口,在壳体中布置成当耳机被佩戴时将前体积耦合至用户耳朵外部空间的在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7$ 的特性声阻抗的第二端口,在壳体中布置成当耳机被佩戴时将后体积耦合至用户耳朵外部空间的在20Hz处具有至少 $8.0 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^8$ 的特性声阻抗的第三端口,以及配置成围绕第一端口并当耳机被佩戴时在壳体与耳道间形成密封的耳塞。

[0007] 一般地,在一个方面,耳机包括配置成将耳机密封至耳道以形成包括耳道和耳机的前腔的一个封闭体积的耳塞,前抗性端口将否则被密封(otherwise-sealed,若无该前抗性端口则被密封)的前腔耦合至耳机外部的空间,以提供跨可听频谱的一致响应,以及后抗性端口和后阻性端口并联地将背腔耦合至耳机外部的空间,以结合密封对于给定的输入信号电平提供高电平输出。

[0008] 实施方式可包括以下的任意组合的一个或多个。耳机可以通过在20Hz处小于 $6.8 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处小于 $3.1 \times 10^7$ 的特性声阻抗耦合至耳道。前抗性端口可以在20Hz处具有至少 $6.8 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^7$ 的特性声阻抗,后抗性端口可以在20Hz处具有至少 $8.0 \times 10^6$ 的特性声阻抗并且在3kHz处具有至少 $3.1 \times 10^8$ 的特性声阻抗。

[0009] 其优点包括提供跨可听频谱的一致响应和减少因密封耳道所引起的堵耳效应。

[0010] 上面提到的所有示例和特征可以以任何技术上可行的方式相结合。其他特征和优点将从说明书和权利要求书中显而易见。

## 附图说明

[0011] 图1、2、8和10示出了耳机的截面图。

[0012] 图3、4和11示出了图2中的耳机的等距视图。

[0013] 图5、6和7示出了耳机响应的曲线图。

[0014] 图9示出了图2中的耳机的示意平面图。

## 具体实施方式

[0015] 一般的耳机以及特别是入耳式耳机,就它们在多大程度上密封到耳朵可以大致分为两类。隔离式耳机旨在创建将驱动器耦合至耳道的密封前腔,防止耳道与环境之间的气流(和声压泄漏)。开放式耳机旨在不创建这种密封,从而空气和因此声音可以在环境和耳道之间流动。在许多情况下,在隔离和开放中进行选择以便平衡诸如保真度、灵敏度、隔离和舒适性等因素。当然,控制这些因素中的任一个也需要耳机声学的适当配置。开放式耳机往往更易受外界噪音干扰的影响,而隔离式耳机往往不太舒服。

[0016] 隔离式耳机往往比其他类型的耳机不舒服的一个原因,除了它们对耳朵上的肉有更多的压力这一简单的事实外,在于它们引起所谓的堵耳效应,当用户的耳朵被堵住时他对其自己的声音感知失真。当用户的耳朵被堵塞,无论是通过耳机、耳塞还是手指,用户声

音经过空气从嘴传递到耳朵的高频分量被衰减。同时,声音的低频分量经过头部并经过耳道侧壁直接进入耳道内,并通过密封耳道的声学效应相对于当耳朵开放时的声音被放大。这些声音不仅在没有高频声音时存在,实际上是作为被截留在耳道内的结果而被放大。总的效果是使用户的声音听起来更低沉和不自然,但只有他自己知道。即使当不出声时,诸如血液流动和颞运动的声音也被密封耳道放大,导致堵塞感,而不管实际上是什么堵住了耳朵。密封耳道的耳机还可影响用户的情景感知,也就是他对环境声音的感知。有时这是需要的但有时不需要。如在图1中所示的那样的PEQ端口可以减少堵耳效应,通过减轻在耳道中的一些压力,但它们通常还降低了低频输出和隔离,失去了使用隔离耳机本来希望获得的一些优点。

[0017] 如下文所述,耳机中密封于耳道的PEQ端口和后腔端口以这样的方式配置,使得最小化堵耳效应且提高情景感知,而不会失去改善的灵敏度和随后对由将耳机密封至耳道提供的响应特性的控制。密封耳塞还提供了在各种佩戴中一致的低频声学响应。如在图2和图4中所示,这样的耳机200具有从耳塞228延伸的密封凸缘230。图3示出了耳塞被移除的耳机200。凸缘接触用户耳道与外耳之间的过渡边缘,以密封耳道而不深突出到其中,如在美国专利公开号2013/230204中所描述的,其内容通过引用并入本文。与此结合,将前腔214耦合至耳朵外部的空间的PEQ端口226被配置为抗性的,也就是说,该端口的尺寸使得其中的空气用作声质量,在低频时为端口提供低声阻抗,并在高频时提供更高的声阻抗。后端口222和224将后腔216耦合至耳朵外部的空间,并分别提供抗性和阻性阻抗,进一步调谐耳机的响应。如在图1中,壳体212限定由驱动器218分隔的前腔和后腔。管口220连接前腔与耳道。

[0018] 图3和图4示出了同一耳机的外视图,在图3中为了清楚而移除了耳塞228。壳体212包括含有抗性端口222的延伸部202。在安装后突片204(图3)保持耳塞228(图4)。在这个示例中,PEQ端口226在保持突片204下方离开壳体。这具有当耳机就位于耳朵中时保护PEQ端口免遭堵塞的优点。

[0019] 如图4所示,在成形的耳塞中的间隙206围绕PEQ端口并进一步保护端口免遭堵塞。图4还示出了一个可选的定位和保持构件232,其从耳塞228延伸并就位于耳朵的耳廓中,以帮助定位和保持耳机,如在美国专利8,249,287中所描述,将其内容通过引用并入本文。为构造和封装所述背腔端口的其他选选在美国专利申请13/606,149中描述,其内容通过引用并入本文。线缆出口210允许引线从壳体212内的驱动器到达有线耳机中的电缆或者无线或其他有源耳机中的集成电子器件。

[0020] 图5示出了像图2中所示的耳机两个可能的响应曲线,并且特别地,其示出了与背腔体积216共振的抗性背腔端口222的影响。前腔和背腔的每个包围一定体积的空气,因此每一个都具有声顺。该驱动器218具有移动质量和声顺,其也以体积单位测量,即 $\text{cm}^3$ ,表示具有相同声顺的空气的体积。背腔的顺应性和驱动器的质量产生了在频率响应中的共振,其可以在图5中的曲线304的峰值302和曲线308的峰值306处可见。对于具有 $0.15\text{cm}^3$ 的背腔和具有20至 $50\text{cm}^3$ 的顺应性以及2.5至20mg的移动质量的驱动器的典型耳机来说,共振发生于1与3kHz之间。在背腔中的抗性端口222也具有声质量(因此它有时被称为质量端口),并且该质量与后腔的顺应性共振以在响应中产生空值,在曲线304的波谷310和曲线308的波谷312处可见。在一些示例中,理想的是,质量端口空值是驱动器峰值以下的至少一个倍频程。这样做能使阻性端口224的电阻减弱响应,即降低峰值,而不降低那些响应,在其之下保

持足够的灵敏度以便被有效地均衡。

[0021] 除了引起峰值和空值的不同分量之间的共振,端口的声阻抗也影响响应。图6示出了背腔端口的组合阻抗对耳机的总体响应的影响的范围。如曲线402所示,如果背腔端口阻抗 $Z_{bc}$ 太高,则在低频中几乎没有输出。另一方面,曲线404表明,如果 $Z_{bc}$ 太低而保持低频响应,则中频响应可以下降得过低,如由约4至5kHz附近的波谷406所示。这样的低下沉能够防止耳机在该范围内具有足够的灵敏度以被均衡到期望的响应。曲线408示出了一个更优化的响应,其中背腔端口的阻抗被平衡,以从低阻抗曲线404中放弃在200Hz与1kHz之间的更高响应中的一些,并在1.5kHz与5kHz之间恢复响应,使得总曲线在30Hz以上仍然高于约115dB SPL。

[0022] 提供具有低声阻抗的前腔PEQ可以改善堵耳效应和情景感知,因为它有效地取消了前腔对耳道的密封,但损害了输出。通过在PEQ端口中维持高电抗可以保留中波段的输出,保留它的阻抗同时允许所需的低电阻以避免堵塞。图7示出了前腔PEQ阻抗 $Z_{fc}$ 中的若干变化的响应。曲线502示出了在 $Z_{fc}$ 中具有低电抗的响应。总体响应在中低频中足够高,但在低和高端均下降得太低而无法被电子补偿,特别是在3至4kHz的波谷504处。曲线506示出了在 $Z_{fc}$ 中具有高电阻的响应——这将低端的响应提升得过高,使得堵塞效应不舒服。曲线508示出了具有优化的 $Z_{fc}$ 的响应,其中较高电抗和较低电阻的平衡在整个显著频率范围内提供了一个足够高的响应,通过均衡可以用灵敏度换取保真度。如关于图2所提及的,这种优化,具有高电抗和低电阻的PEQ端口,可以通过提供具有更大横截面面积的端口从而降低它的声阻结合足够的长度以包含空气的抗性声质量来实现。在一些实例中,当具有在20Hz处具有 $8.00 \times 10^6$ 的特性声阻抗和在3kHz处具有 $3.10 \times 10^8$ 的特性声阻抗的后腔质量端口共同使用时,PEQ端口的尺寸提供在20Hz处具有至少 $6.83 \times 10^6 \text{ kg/m}^4$ 的电阻值和和在3kHz处具有 $3.10 \times 10^7$ 的电抗值的特性声阻抗。PEQ端口在两个频率的阻抗均可以增加达3dB,而不显著影响堵塞。注意,PEQ端口的阻性分量没有完全消除——在低频的剩余声阻抗保留低频输出,因为它将滚降从第二阶转移(如果没有电阻)到第一阶。虽然这确实保留了一些堵塞效果,但是人声在该波段中并不明显,而音乐却倾向于具有显著的能量。

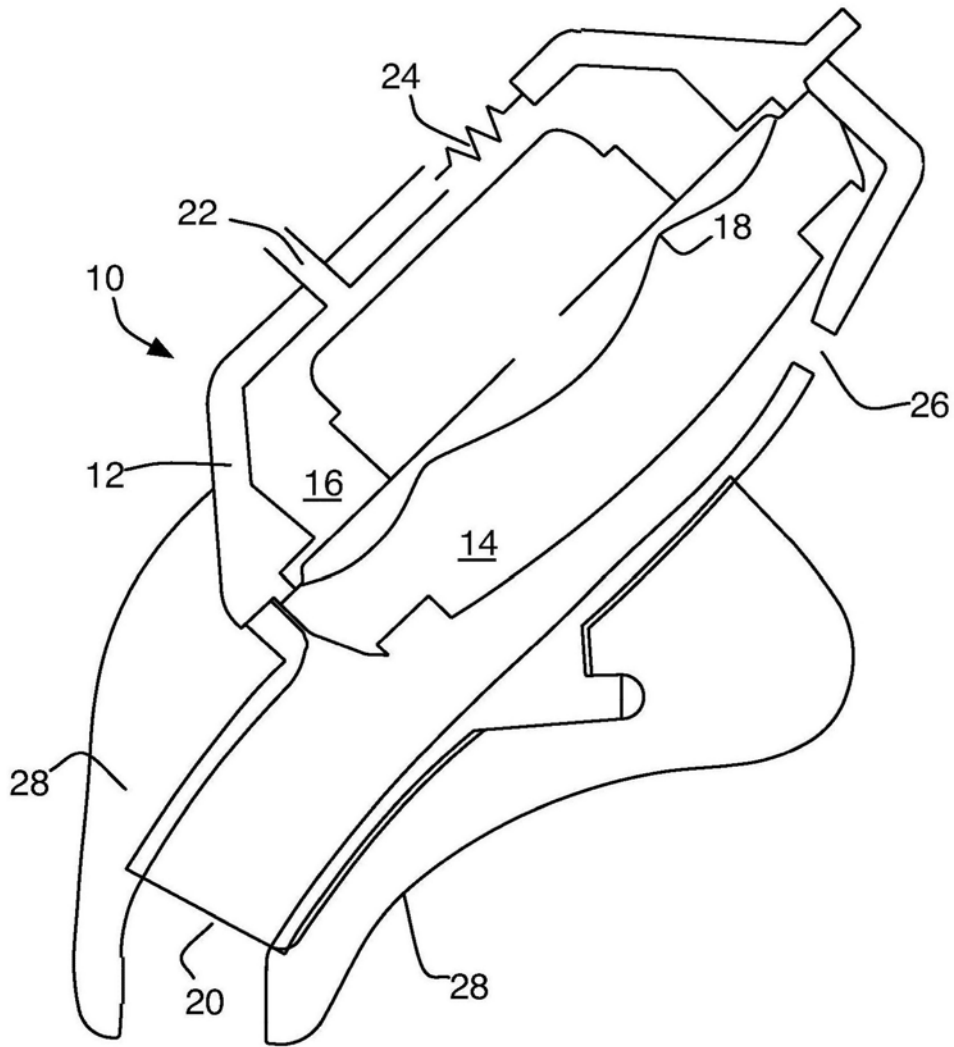
[0023] 除了其阻抗,PEQ端口的位置也被控制以改善耳机性能。如上所述,将PEQ端口定位于保持突片后面恰好将端口入口(前腔内部的端口端部)定位于邻接管口220的入口,其在驱动器218上产生了对称负载。这避免了在由对称负载引起的声学响应中引入不期望的特征或共振。在一些示例中,如图8和图9所示,换能器膜片602通常是平面的,以平面604为特征。该管口具有在膜片的边缘的入口606,虽然它不一定是在膜片的平面604中。PEQ端口具有通往前腔的入口608,其被定位成与从换能器的中心线(线612)到管口入口的径向线610对准。即,线612对应于一个轴线,膜片围绕该轴线径向对称,线610与线612相交并穿过管口的入口606,并且线614与线610相交并穿过PEQ端口的入口608。

[0024] 在一些示例中,有利的是增加第二PEQ端口以进一步塑造耳机的被动频率响应。如在图10和图11的修改的耳塞700中所示,附加端口702被增加到前腔。该端口702被示为一个小孔,但它也可以由网状端口224覆盖。虽然抗性端口226具有总体低的电阻,前面所使用的小PEQ端口的附加特征(即衰减高频率峰值)将丢失。平行于高电抗、低阻抗的PEQ端口增加一个低电抗、高阻抗的PEQ端口衰减了这样的峰值,而不会影响由大端口所优化的低频响应。在3kHz处时 $2.0 \times 10^7 \text{ kg/m}^4$ 或更大的特性阻抗将提供这样的优点。例如,由具有260瑞利



(Ray1)的阻抗的网格覆盖的直径为4mm的孔将提供这样的阻抗。

[0025] 已经描述了许多实施方式。然而,应该理解的是,在不脱离本文所描述的发明概念的范围的情况下,可以做出另外的修改,并且相应地,其他实施例在以下权利要求的范围之内。



(现有技术)

图1

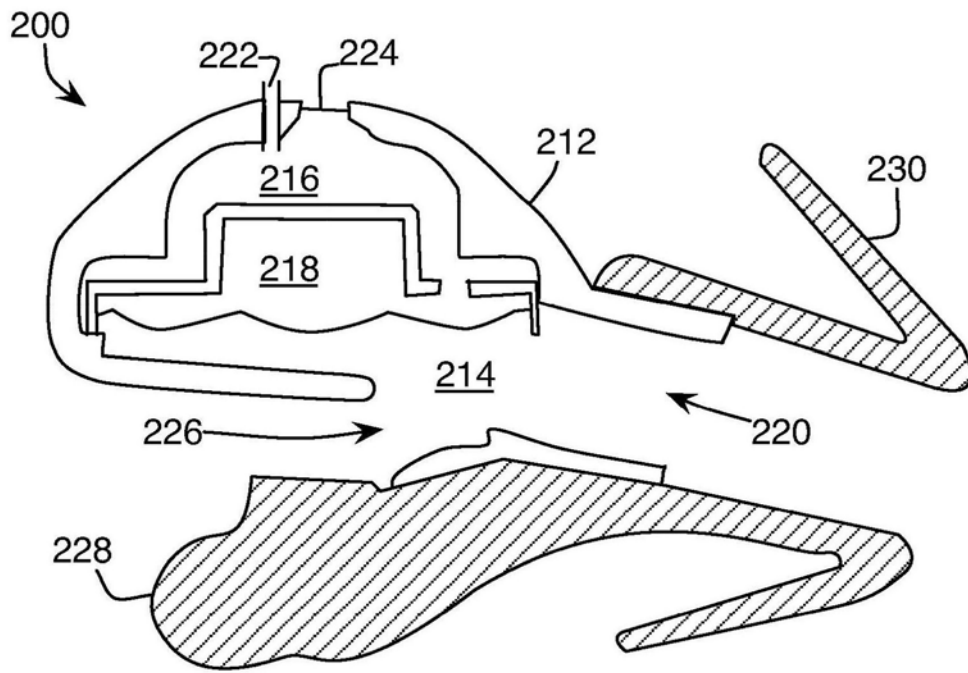


图2

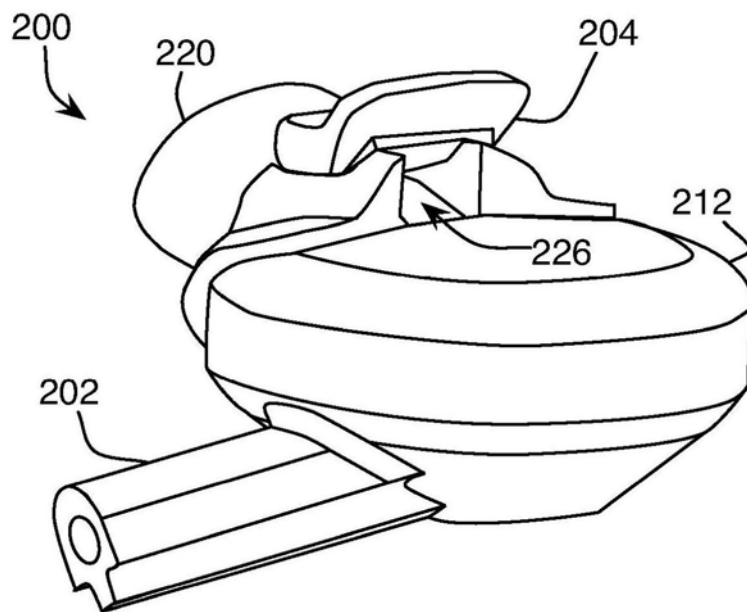


图3

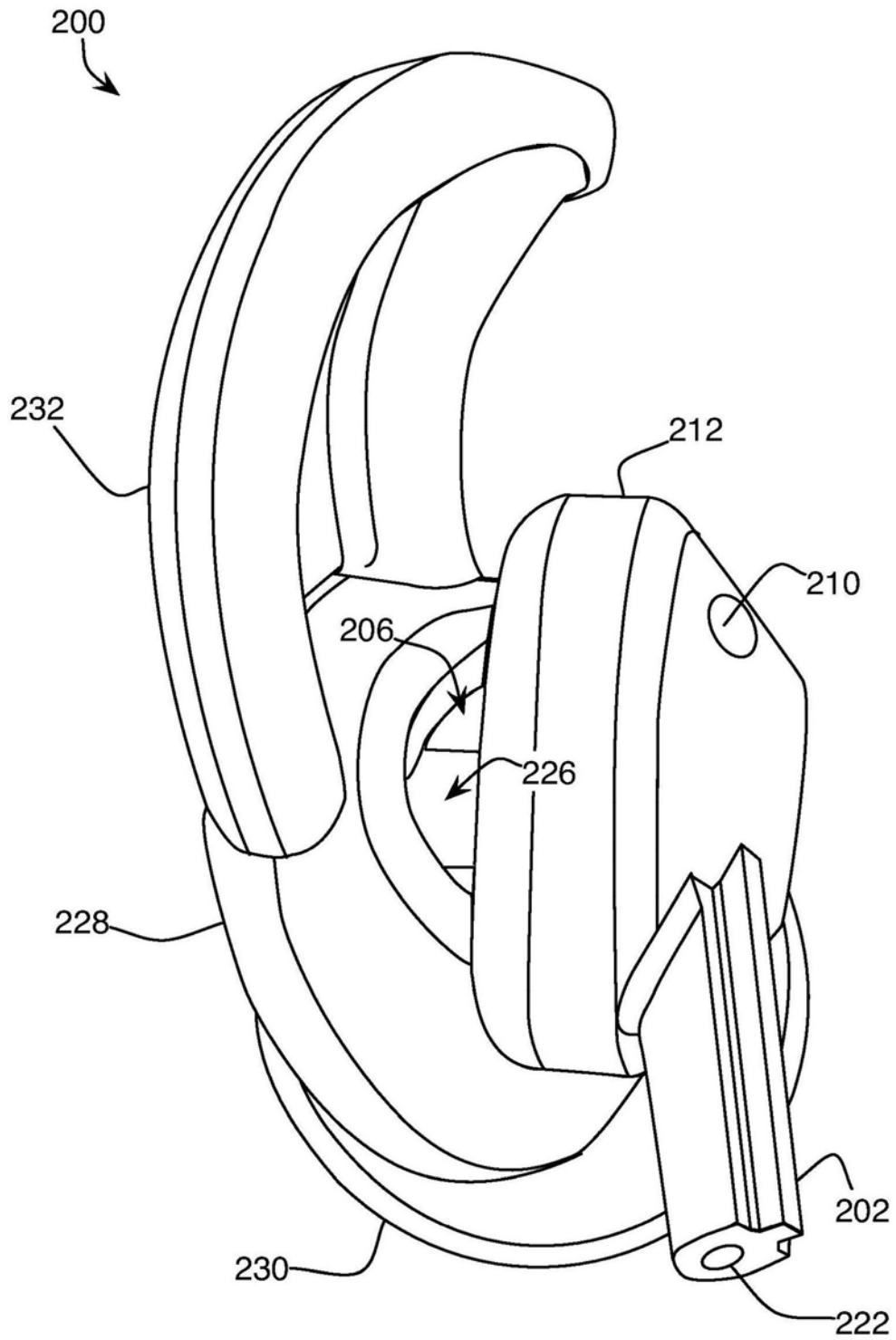


图4

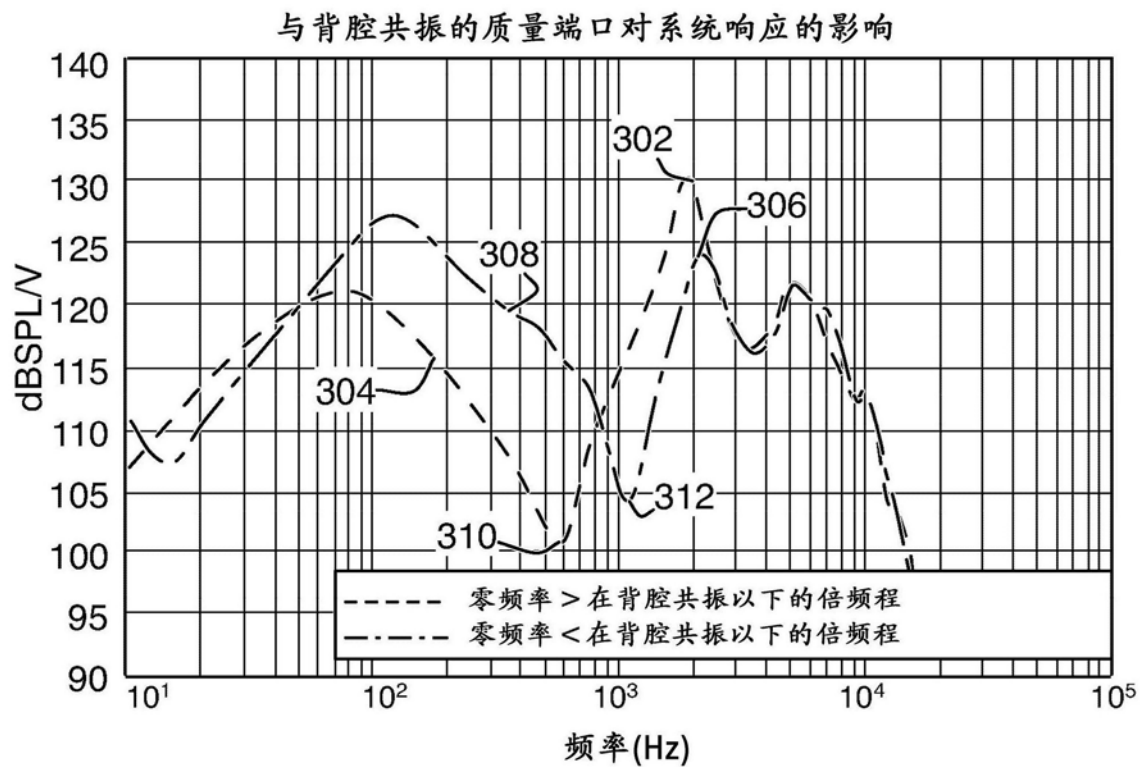


图5

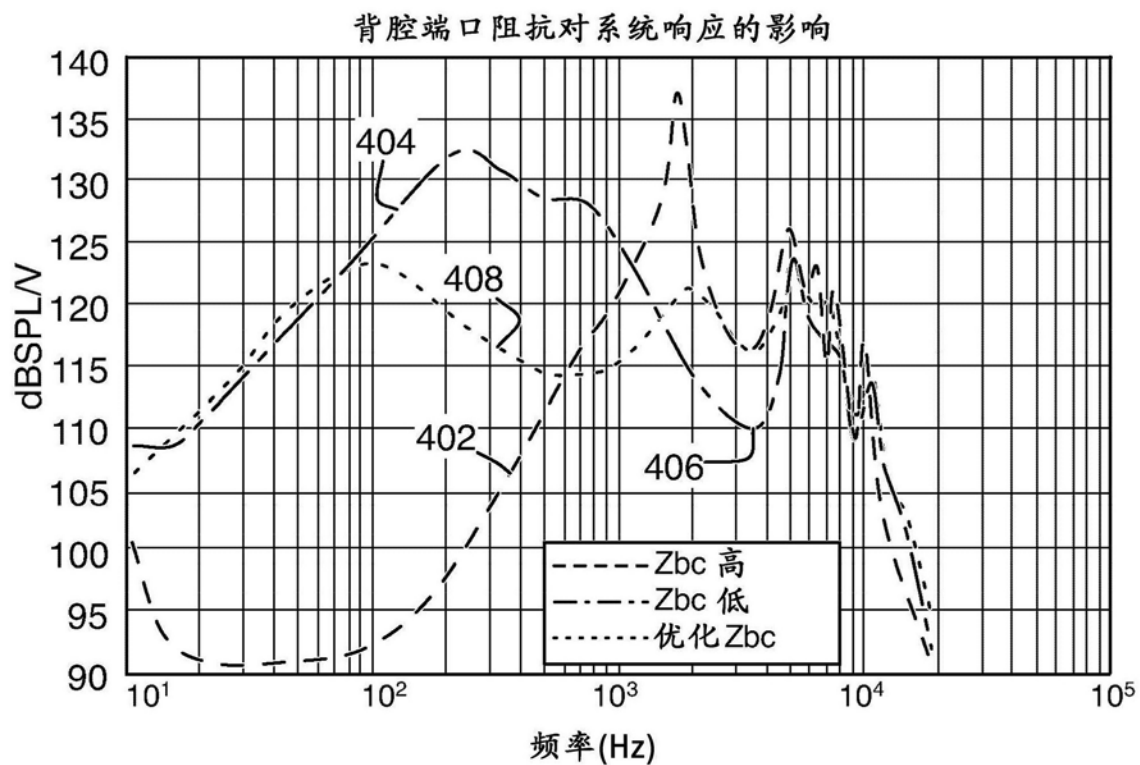


图6

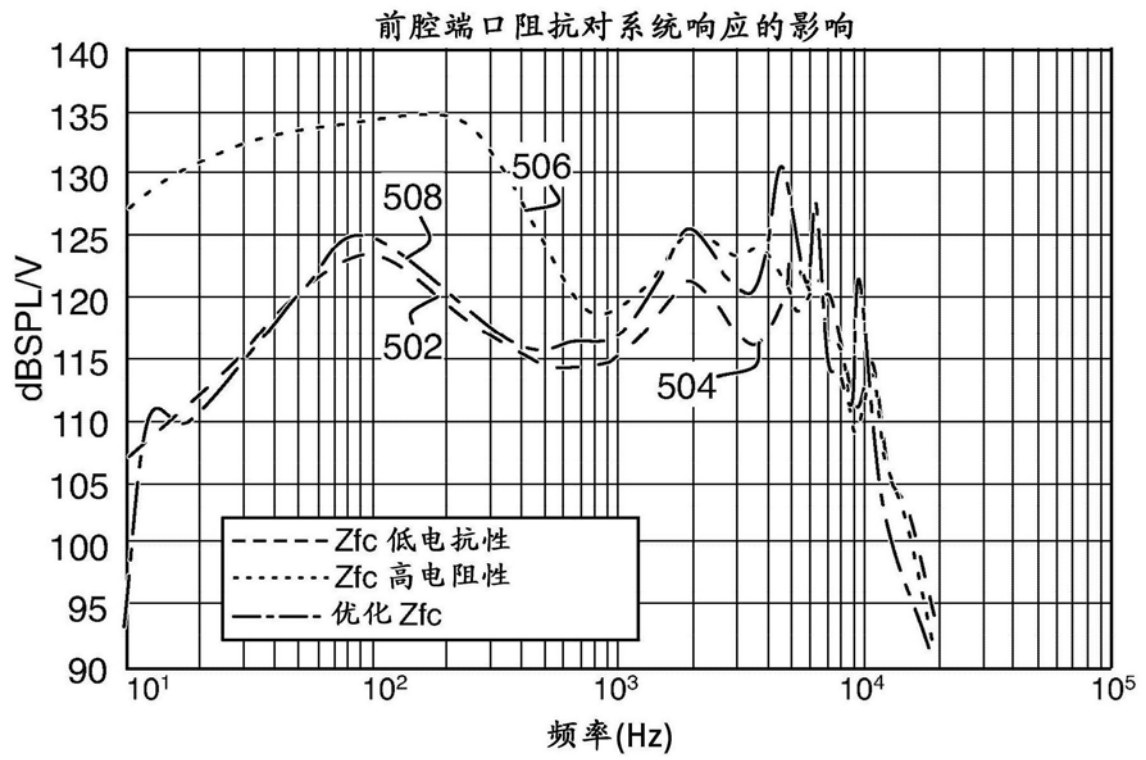


图7

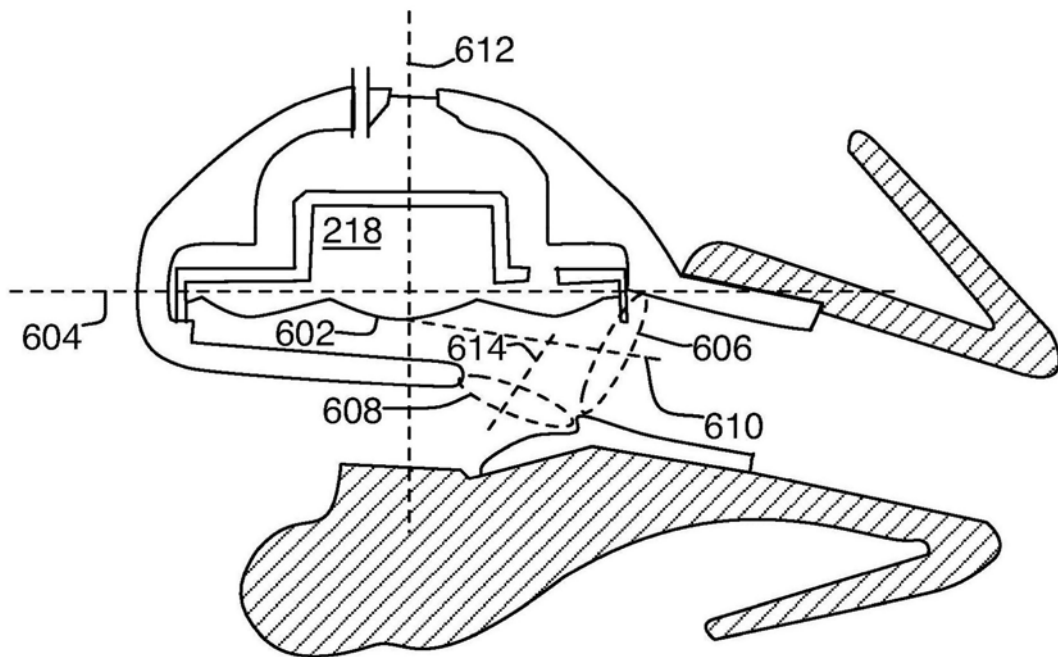


图8

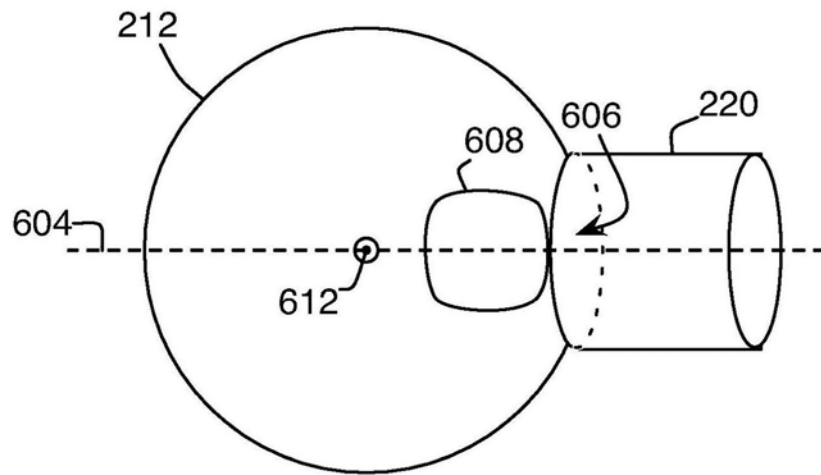


图9

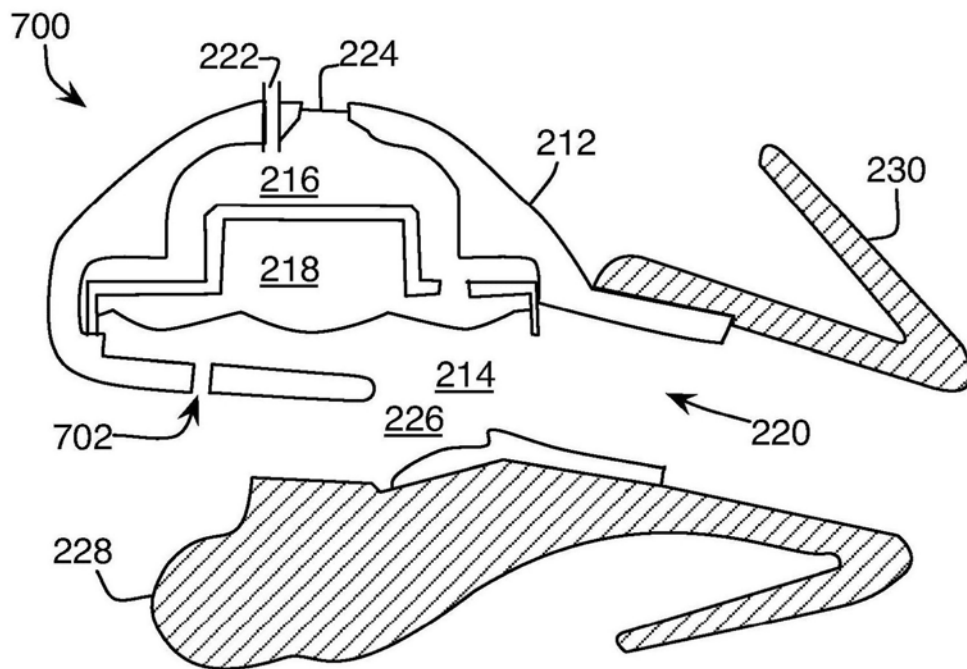


图10

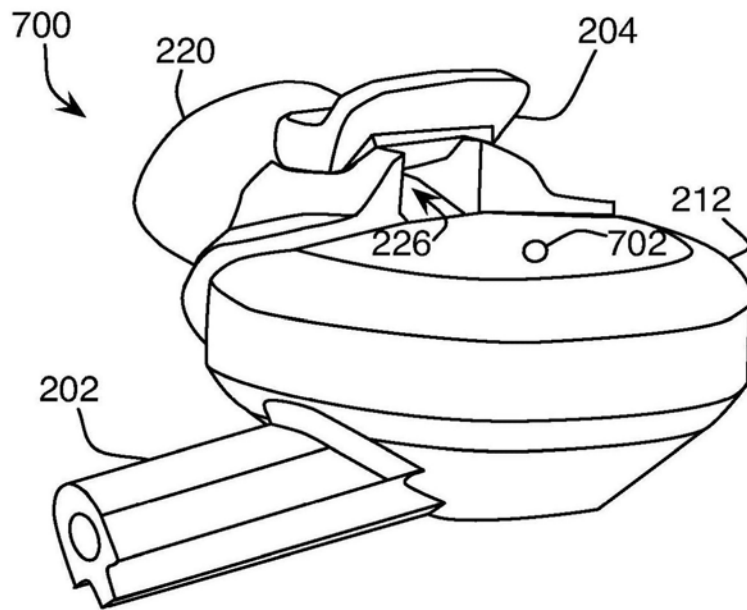


图11