



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110073675 B

(45) 授权公告日 2021.03.02

(21) 申请号 201780077732.2

(22) 申请日 2017.12.15

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110073675 A

(43) 申请公布日 2019.07.30

(30) 优先权数据  
17152621.3 2017.01.23 EP  
62/435,611 2016.12.16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.06.14

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/066663 2017.12.15

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/112335 EN 2018.06.21

(73) 专利权人 杜比实验室特许公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 C·P·布朗 M·J·史密斯斯

(74) 专利代理机构 北京市汉坤律师事务所  
11602

代理人 魏小微 吴丽丽

(51) Int.Cl.  
H04R 1/34 (2006.01)  
H04R 1/02 (2006.01)  
H04R 3/14 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 1647579 A, 2005.07.27  
US 2009190787 A1, 2009.07.30  
CN 106416293 A, 2017.02.15

审查员 颜燕

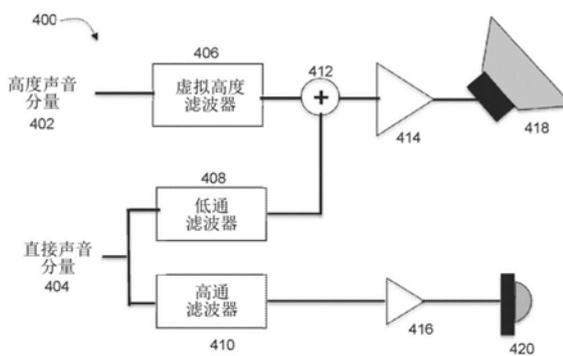
权利要求书2页 说明书18页 附图16页

(54) 发明名称

具有用于反射声音投射的全频向上发声驱动器的音频扬声器

(57) 摘要

实施例涉及一种将声音从天花板反射到距扬声器一定距离的收听位置的向上发声扬声器。反射声音提供高度提示以再现具有头顶音频分量的音频对象。扬声器在一体外壳中包括分别用于回放前声道信号和高度声道信号的直接发声高音扬声器和向上发声全频驱动器。分频器将前声道信号的高频直接传递到高音扬声器,并且将所述前声道信号的低频与要通过所述全频驱动器播放的高度声道信号组合。将虚拟高度滤波器应用于高度声道信号,以改善对由虚拟高度扬声器所传输的音频信号的高度的感知,从而提供对头顶反射声音的最佳再现。



1. 一种用于传输要从收听环境的上表面反射的声波的扬声器,所述扬声器包括:  
机箱;  
直接发声高音扬声器驱动器,所述直接发声高音扬声器驱动器安装在所述机箱的面向前的表面上,并且被定向成沿基本上垂直于所述机箱的前表面的水平轴线传输声音;  
向上发声全频驱动器,所述向上发声全频驱动器安装在所述机箱的倾斜表面上,并且相对于所述水平轴线以18度到22度之间的倾角被定向;  
第一输入,所述第一输入接收包括直接声音分量的前声道信号;以及  
低通滤波器,所述低通滤波器被配置用于接收所述直接声音分量,并且将其低频信号传递到所述向上发声全频驱动器。
2. 如权利要求1所述的扬声器,进一步包括:高通滤波器,所述高通滤波器被配置用于接收所述直接声音分量,并且将其高频信号传递到所述直接发声高音扬声器驱动器。
3. 如权利要求2所述的扬声器,进一步包括:  
延迟电路,所述延迟电路被配置用于通过相对于收听区域补偿所述直接发声高音扬声器驱动器与所述向上发声全频驱动器之间的空间距离来对这两者进行时间校准。
4. 如权利要求3所述的扬声器,其中,所述延迟电路设置在所述高通滤波器的下游,并且被配置用于向从所述高通滤波器传递到所述直接发声高音扬声器驱动器的高频信号施加延迟。
5. 如权利要求4所述的扬声器,其中,所述延迟、所述低通滤波器和所述高通滤波器被配置成使得所述向上发声全频驱动器和所述直接发声高音扬声器驱动器的声能总和在所述直接发声高音扬声器驱动器的直接的或向前的方向上给出基本上最大的声能。
6. 如权利要求2所述的扬声器,进一步包括:衰减电路,所述衰减电路被配置用于衰减所述直接声音分量以补偿所述向上发声全频驱动器与所述直接发声高音扬声器驱动器之间的驱动器效率的差。
7. 如权利要求6所述的扬声器,其中,所述衰减电路设置在所述高通滤波器的下游,并且被配置用于衰减从所述高通滤波器传递到所述直接发声高音扬声器驱动器的高频信号。
8. 如权利要求7所述的扬声器,进一步包括:  
延迟电路,所述延迟电路被配置用于通过相对于收听区域补偿所述直接发声高音扬声器驱动器与所述向上发声全频驱动器之间的空间距离来对这两者进行时间校准;其中,所述衰减电路设置在所述延迟电路的下游,并且被配置用于衰减被传递到所述直接发声高音扬声器驱动器的经延迟的高频信号。
9. 如权利要求1所述的扬声器,进一步包括:第二输入,所述第二输入接收包括要发送到所述向上发声全频驱动器以向下反射到收听区域的高度声音分量的高度声道信号。
10. 如权利要求1所述的扬声器,其中,所述机箱被配置用于以条形音箱配置来固持两组或更多组的向上发声全频驱动器和直接发声高音扬声器驱动器。
11. 如权利要求1所述的扬声器,其中,所述向上发声全频驱动器被安装成与所述机箱的向上倾斜侧齐平或嵌入所述机箱的顶表面内,并且被配置用于从所述收听环境的天花板上的反射点反射声音,并且其中,来自所述向上发声全频驱动器的直接响应与所述水平轴线的相应角度标称地为70度。
12. 如权利要求1所述的扬声器,进一步包括:

虚拟高度滤波器电路,所述虚拟高度滤波器电路耦接到所述向上发声全频驱动器,并且将频率响应曲线应用于被传输到所述向上发声全频驱动器的信号以创建目标传递曲线,并且其中,所述虚拟高度滤波器电路补偿直接传输通过所述收听环境的声波中存在的高度提示以支持从所述收听环境的上表面反射的声音中存在的高度提示。

13. 如权利要求12所述的扬声器,其中,所述倾角是所述水平轴线与所述向上发声全频驱动器的安装平面之间的角度。

14. 一种用于从扬声器生成音频场景的方法,所述方法包括:

接收第一音频信号和第二音频信号;

将所述第一音频信号路由到所述扬声器的直接发声高音扬声器;

将所述第二音频信号路由到所述扬声器的向上发声全频驱动器;

将所述向上发声全频驱动器定向成相对于由直接发声高音扬声器所定义的水平角度成限定倾斜角度,以便将声音向上传输到房间的天花板上的反射点,从而使得所述声音向下反射到距所述房间中的扬声器一定距离的收听区域;

将虚拟高度滤波器频率响应曲线应用于所述第二音频信号,以便补偿直接通过所述房间传输的声波中存在的高度提示以支持从所述房间的天花板反射的声音中存在的高度提示;以及

应用将所述第一音频信号的低频传递到所述向上发声全频驱动器的低通滤波器。

15. 如权利要求14的所述的方法,进一步包括应用将所述第一音频信号的高频信号直接传递到所述直接发声高音扬声器的高通滤波器。

## 具有用于反射声音投射的全频向上发声驱动器的音频扬声器

### 技术领域

[0001] 一种或多种实施方式总体上涉及音频扬声器,并且更多地涉及用于使用反射信号渲染自适应音频内容的向上发声扬声器和相关联的高度滤波器电路。

### 背景技术

[0002] 数字电影院的出现已经为电影院声音创建了新的标准,比如,结合多个音频声道以允许内容创作者发挥更大的创造力并且为观众提供更具包围感和更加逼真的听觉体验。已经开发了基于模型的音频描述以超越传统的扬声器馈送和基于声道的音频,作为用于分发空间音频内容并以不同的回放配置进行渲染的手段。在真正的三维(3D)或虚拟3D环境中回放声音已成为越来越多地被研究和开发的领域。声音的空间呈现利用音频对象,所述音频对象是具有对视在源位置(例如,3D坐标)、视在源宽度和其他参数的相关联参数化源描述的音频信号。基于对象的音频可以用于诸如数字电影、视频游戏、模拟器等许多多媒体应用,并且在扬声器的数量及其布置通常受到相对较小收听环境的边界的限制或约束的家庭环境中特别重要。

[0003] 已经开发了各种技术以在完整的电影院环境和较小规模的家庭环境两者中更准确地捕获和再现创作者对音轨的艺术意图。已经开发了体现在 Dolby®Atmos®系统中的下一代空间音频(也称为“自适应音频”)格式,这种格式包括音频对象和传统的基于声道的扬声器馈送以及音频对象的位置元数据的混合。在空间音频解码器中,将声道直接发送到其相关联的扬声器或向下混合到现有扬声器组,并且由解码器以灵活的方式渲染音频对象。采用与每个对象相关联的参数化源描述(比如3D空间中的位置轨迹)以及连接到解码器的扬声器的数量和位置作为输入。渲染器利用某些算法跨所附接的扬声器组分发与每个对象相关联的音频。因此,通过收听环境中存在的特定扬声器配置来最佳地呈现每个对象的创作空间意图。

[0004] 当前的空间音频系统提供了空前水平的观众沉浸感以及最高精度的音频位置和运动。然而,由于其通常被开发用于电影院,因此其涉及在较大房间中的部署以及使用相对昂贵的设备,这些昂贵的设备包括围绕剧院分布的多个扬声器的阵列。然而,通过流媒体技术和高级媒体技术(比如蓝光(或类似)盘),越来越多数量的高级音频内容可用于在家庭环境中进行回放。为了最佳地回放空间音频(例如,杜比全景声)内容,家庭收听环境应当包括这样的扬声器:其可以复制旨在来源于三维空间中收听者的上方的音频。为了实现这一点,消费者可以将附加的扬声器安装在天花板上、传统的二维环绕系统上方的推荐位置中,并且一些家庭影院爱好者可能会采用这种方法。然而,对于许多消费者而言,这种高度扬声器可能不是负担得起的或者可能造成安装困难。在这种情况下,如果仅通过安装在地面上的扬声器或壁挂式扬声器来播放头顶声音对象,则将丢失高度信息。

[0005] 因此,需要这样一种扬声器设计:其使得小型低成本扬声器能够将音频复制成好像声源来源于天花板一样,以允许有效地回放表示高度源的音频对象的音频。

[0006] 背景技术部分中讨论的主题不应仅仅因为在背景技术部分中被提及而被认为是

现有技术。类似地,不应假设在背景技术部分中提及的或与背景技术部分的主题相关联的问题先前已在现有技术中被认识到。背景技术部分中的主题仅表示不同的方法,这些方法本身也可以是发明。杜比 (Dolby) 和全景声 (Atmos) 是杜比实验室许可公司 (Dolby Laboratories Licensing Corporation) 的注册商标。

### 发明内容

[0007] 实施例涉及一种用于传输要从收听环境的上表面反射的声波的扬声器的扬声器,所述扬声器包括:机箱;直接发声高音扬声器驱动器,所述直接发声高音扬声器驱动器安装在机箱的面向前的表面上,并且被定向成沿基本上垂直于机箱的前表面的水平轴线传输声音;以及向上发声全频驱动器,所述向上发声全频驱动器安装在机箱的倾斜表面上,并且相对于水平轴线以18度到22度之间的倾角被定向(例如,倾角可以被定义或测量为水平轴线与向上发声全频驱动器的安装平面之间的角度)。向上发声驱动器被安装成与所述机箱的向上倾斜侧齐平或嵌入所述机箱的顶表面内,并且被配置成从收听环境的天花板上的反射点反射声音,并且其中,来自向上发声驱动器的直接响应与水平轴线的相应角度为标称地70度。扬声器进一步具有:第一输入,所述第一输入接收包括要发送到直接发声高音扬声器的直接声音分量的前声道信号;以及第二输入,所述第二输入接收接收要发送到向上发声全频驱动器以向下反射到所述收听区域的高度声音分量的高度声道信号。扬声器系统还具有耦接到所述直接发声高音扬声器的分频器,所述分频器包括:将直接声音分量的高频信号直接传递到高音扬声器的高通滤波器;以及将直接声音分量的低频传递到向上发声全频驱动器的低通滤波器。

[0008] 在一个实施例中,扬声器具有虚拟高度滤波器电路,所述虚拟高度滤波器电路耦接到向上发声全频驱动器并且将频率响应曲线应用于传输到向上发声驱动器的信号以创建目标传递曲线。虚拟高度滤波器补偿直接通过收听环境传输的声波中存在的高度提示以支持从收听环境的上表面反射的声音中存在的高度提示。扬声器还可以具有:延迟电路,所述延迟电路被配置成通过相对于收听区域补偿直接发声高音扬声器与向上发声全频驱动器之间的空间距离来对这两者进行时间校准;以及衰减电路,所述衰减电路被配置成衰减直接声音分量以补偿全频与高音扬声器之间的驱动器效率的差。结合延迟电路,可以选择分频滤波器来提供全频驱动器和高音扬声器两者在高音扬声器朝向收听区域的方向上的响应的基本相位匹配。机箱可以是一体的单个扬声器机箱,或者其可以被配置成以条形音箱配置固持两组或更多组向上发声低音扬声器或全频驱动器和直接发声高音扬声器。

[0009] 实施例进一步涉及一种用于将声波从房间天花板反射到房间中的收听位置的扬声器系统,所述扬声器系统具有:机箱;直接发声高音扬声器,所述直接发声高音扬声器位于机箱内并且被定向成沿基本上垂直于机箱的前表面的水平轴线传输声音;向上发声全频驱动器,所述向上发声全频驱动器安装到机箱的倾斜顶表面,并且被配置成从天花板上的反射点反射声音,并且其中,来自向上发声驱动器的直接响应与水平轴线的相应角度为标称地70度;以及虚拟高度滤波器电路,所述虚拟高度滤波器电路将频率响应曲线应用于被传输到向上发声驱动器的信号以创建目标传递曲线,所述目标传递曲线通过至少部分地移除来自扬声器位置的定向提示并且至少部分地通过插入来自反射点的定向提示来补偿直接通过房间传输的声波中存在的高度提示以支持从天花板反射的声音中存在的高度提示。

扬声器系统进一步具有：第一输入，所述第一输入接收包括要发送到直接发声高音扬声器的直接声音分量的前声道信号；以及第二输入，所述第二输入接收接收要发送到向上发声低音扬声器以向下反射到所述收听区域的高度声音分量的高度声道信号。所述扬声器系统还具有耦接到所述直接发声高音扬声器的分频器，所述分频器包括：将直接声音分量的高频信号直接传递到高音扬声器的高通滤波器；以及将直接声音分量的低频传递到向上发声全频驱动器的低通滤波器。全频驱动器可以是三英寸锥形驱动器，并且高音扬声器可以是一英寸圆顶高音扬声器。

[0010] 实施例又进一步涉及一种用于通过以下操作从扬声器生成音频场景的方法：接收第一音频信号和第二音频信号；将第一音频信号路由到扬声器的直接发声高音扬声器；将第二音频信号路由到扬声器的向上发声全频驱动器；将向上发声全频驱动器定向成相对于由向前发声驱动器所定义的水平角度成限定倾斜角度，以便将声音向上传输到房间的天花板上的反射点，从而使得声音向下反射到距房间中的扬声器一定距离的收听区域；以及将虚拟高度滤波器频率响应曲线应用于第二音频信号，以便补偿直接通过房间传输的声波中存在的高度提示以支持从房间的天花板反射的声音中存在的高度提示。所述方法还可以应用高通滤波器将第一音频信号的高频信号直接传递到高音扬声器，以及应用低通滤波器将第二音频信号的低频传递到向上发声全频驱动器。

[0011] 在一个实施例中，机箱可以被配置成使得全频驱动器将声音投射朝向侧表面或墙壁以使声音反射回到收听区域、或朝向地面以使声音向上反射回到收听区域。同样，结合向上发声扬声器的外壳或条形音箱可以包括一个或多个侧向或底部发声驱动器，以使声音从收听环境的其他表面（比如墙壁、地面、屏幕、隔断等）反射。

[0012] 实施例又进一步涉及制造和使用或部署优化反射声音内容的渲染和回放的扬声器、电路和换能器设计的方法。

[0013] 通过引用并入

[0014] 本说明书中提及的每个出版物、专利和/或专利申请通过引用以其全文并入本文，其程度如同明确地且单独地指出每个独立的出版物和/或专利申请通过引用并入。

## 附图说明

[0015] 在以下附图中，相同的附图标记用于指代相同的元素。尽管以下附图描绘了各种示例，但是一种或多种实施方式不限于附图中所描绘的示例。

[0016] 图1图示了使用反射声音来模拟收听环境中的头顶扬声器的向上发声驱动器的使用。

[0017] 图2A更详细地图示了根据一些实施例的图1的向上发声驱动器。

[0018] 图2B是根据实施例的图2A的外壳202的透视图。

[0019] 图2C是根据实施例的图2A的完整扬声器202的透视图。

[0020] 图3图示了根据实施例的向上发声驱动器与直接发声驱动器的相对倾斜角度。

[0021] 图4图示了根据一些实施例的图2的向上发声扬声器外壳的电路配置。

[0022] 图5A稍微更详细地图示了根据实施例的图4的电路配置。

[0023] 图5B稍微更详细地图示了根据替代实施例的图4的电路配置。

[0024] 图6是图示了根据实施例的图5的分频电路的操作的频率曲线图。

- [0025] 图7是图示了根据实施例的从定向听力模型得到的虚拟高度滤波器的幅度响应的曲线图。
- [0026] 图8A图示了根据实施例的虚拟高度滤波器的数字实施方式的示例系数值。
- [0027] 图8B图示了图17A的滤波器的示例频率响应曲线以及期望响应曲线。
- [0028] 图9图示了根据实施例的使用虚拟高度滤波器来优化高度反射声音的目标传递函数。
- [0029] 图10图示了根据实施例的被结合作为具有向上发声驱动器的扬声器系统的一部分的虚拟高度滤波器。
- [0030] 图11是根据替代实施例的扬声器外壳的透视图。
- [0031] 图12A是根据另一替代实施例的向上发声扬声器的配置。
- [0032] 图12B是图12A的扬声器机箱的局部顶视图。
- [0033] 图13图示了根据实施例的具有两个向上发声扬声器的条形音箱。
- [0034] 图14A图示了以其一侧放置在地面上以从收听环境的墙壁或侧表面反射声音的反射扬声器。
- [0035] 图14B示出了在示例实施方式中的房间中的图14A的扬声器,并且所述扬声器被放置成使得将声音反射到房间中。
- [0036] 图15图示了根据一些实施例的反射扬声器的不同配置。
- [0037] 图16A是根据一些实施例的组的向上和侧向发声条形音箱的顶视图。
- [0038] 图16B是图16A的组合条形音箱的正视图。
- [0039] 图17A是图示了具有多个向上发声扬声器的条形音箱的一个示例替代实施例的透视图。
- [0040] 图17B是图17A的条形音箱的剖面图,示出了内部腔室和挡板。

### 具体实施方式

[0041] 描述了包括用于渲染旨在提供沉浸式音频体验的自适应音频内容的向上发声驱动器的音频扬声器和换能器系统的实施例。扬声器可以包括具有虚拟高度滤波器电路的自适应音频系统或者与所述自适应音频系统结合使用,所述虚拟高度滤波器电路用于使用反射声音来渲染基于对象的音频内容以再现头顶声音对象并提供虚拟高度提示。本文描述的一个或多个实施例的各方面可以在包括执行软件指令的一个或多个计算机或处理设备的混合、渲染和回放系统中处理源音频信息的音频或视听(AV)系统中实施。所描述的实施例中的任何一个都可以单独使用或以任何组合彼此一起使用。虽然各种实施例可能已经受到可能在说明书中的一个或多个地方讨论或提及的现有技术的各种缺陷的推动,但是实施例不一定解决这些缺陷中的任何缺陷。换言之,不同的实施例可以解决可能在说明书中讨论的不同缺陷。一些实施例可以仅部分地解决可能在说明书中讨论的一些缺陷或仅一个缺陷,并且一些实施例可能不解决这些缺陷中的任何缺陷。

[0042] 出于本说明书的目的,以下术语具有相关联的含义:术语“声道”意指音频信号加元数据,其中,位置被编码为声道标识符,例如,左前或右上环绕;“基于声道的音频”是被格式化以便通过具有相关联的标称位置的预定义扬声器区域组(例如,5.1、7.1等)来回放的音频;术语“对象”或“基于对象的音频”意指具有比如视在源位置(例如,3D坐标)、视在源宽

度等参数化源描述的一个或多个音频声道；并且“自适应音频”意指基于声道和/或基于对象的音频信号加元数据，自适应音频使用音频流加元数据基于回放环境来渲染音频信号，其中，位置在元数据中被编码为空间中的3D位置；并且“收听环境”意指任何开放的、部分封闭的、或完全封闭的区域，比如，可以用于单独地或与视频或其他内容一起回放音频内容的房间，并且可以体现为家庭、电影院、剧院、礼堂、工作室、游戏控制台等。这种区域可以具有布置在其中的一个或多个表面，比如，可以直接反射或漫反射声波的墙壁或挡板。

[0043] 实施例涉及反射声音渲染系统，其被配置为与可以被称为“空间音频系统”或“自适应音频系统”的、基于音频格式和渲染技术的声音格式和处理系统一起工作，以允许增强的观众沉浸感、更好的艺术控制、以及系统灵活性和可扩展性。整体自适应音频系统通常包括音频编码、分发和解码系统，所述音频编码、分发和解码系统被配置成生成包含传统的基于声道的音频元素和音频对象编码元素两者的一个或多个比特流。与单独采用的基于声道或基于对象的方法相比，这种组合方法提供了更高的编码效率和渲染灵活性。可以与本实施例结合使用的自适应音频系统的示例体现在商用杜比全景声系统中。

[0044] 通常，音频对象可以被认为是可以被感知为从收听环境中的一个或多个特定物理位置发出的声音元素群组。这些对象可以是静态的（静止的）或动态的（移动的）。音频对象由定义声音在给定时间点的位置以及其他功能的元数据控制。当回放对象时，使用存在的扬声器根据位置元数据来渲染所述对象，而不是必须将其输出到预定义的物理声道。在一个实施例中，具有空间方面（包括高度提示）的音频对象可以被称为“漫射音频（diffused audio）”。这种漫射音频可以包括比如环境头顶声音（例如，风、沙沙响的树叶等）等广义高度音频，或者其可以具有特定的或基于轨迹的头顶声音（例如，鸟类、闪电等）。

[0045] 杜比全景声是结合了可以被实施为9.1环绕系统或类似的环绕声配置（例如，11.1、13.1、19.4等）的高度（上/下）维度的系统的示例。9.1环绕系统可以包括组合的地面平面中的五个扬声器和高度平面中的四个扬声器，并且可以被称为5.1.4系统（5个地面扬声器，1个LFE扬声器，5个高度扬声器）。通常，这些扬声器可以用于产生被设计成在收听环境内或多或少准确地从任何位置发出的声音。在典型的商业或专业实施方式中，高度平面中的扬声器通常被提供为比如经常在电影院中看到的安装在天花板上的扬声器、或被高高地安装在观众上方的墙壁上的扬声器。这些扬声器通过直接从头顶位置向观众向下传输声波来提供旨在收听者上方被听到的信号的高度提示。

#### [0046] 向上发声扬声器系统

[0047] 在比如典型的家庭环境等许多情况下，安装在天花板上的头顶扬声器是不可用的或安装起来不实用。在这种情况下，必须由安装在地面或较低墙壁上的扬声器来提供高度维度。在实施例中，高度维度由具有向上发声驱动器的扬声器系统提供，所述向上发声驱动器通过从天花板反射声音来模拟高度扬声器。在自适应音频系统中，渲染器实施某些虚拟化技术以通过这些向上发声驱动器来再现头顶音频内容，并且驱动器使用关于应在标准水平面上方渲染哪些音频对象的特定信息来相应地引导音频信号。

[0048] 出于描述的目的，术语“驱动器”意指响应于电音频输入信号而产生声音的单个电声换能器（或紧密的换能器阵列）。驱动器可以以任何适当的类型、几何形状和大小来实施，并且可以包括喇叭、锥形、带状换能器等。术语“扬声器”意指一体外壳中的一个或多个驱动器，并且术语“机箱”或“壳体”表示封闭一个或多个驱动器的一体外壳。因此，向上发声扬声

器或扬声器系统包括扬声器机箱和其他相关联的电路(例如,分频器、滤波器等),所述机箱至少包括向上发声驱动器和一个或多个其他直接发声驱动器(例如,高音扬声器加主或低音扬声器)。直接发声驱动器(或向前发声驱动器)指的是沿着扬声器的主轴线传输声音的驱动器,所述声音通常水平地从扬声器的前面传出。

[0049] 图1图示了使用反射声音来模拟一个或多个头顶扬声器的向上发声驱动器的使用。简图100图示了收听位置106位于收听环境内的特定位置的示例。所述系统不包括用于直接传输包含高度感的音频内容的任何高度扬声器(例如,安装在天花板上的扬声器)。相反,扬声器机箱或扬声器阵列包括向上发声驱动器以及向前发声驱动器。向上发声驱动器被配置(关于位置和倾角)用于将其声波108向上发送到天花板102上的特定点104,所述声波从所述特定点向下反射回到收听位置106。假设天花板由适当的材料和成分制成,以充分地将声音向下反射到收听环境中。可以基于收听环境的天花板成分、房间大小和其他相关特性来选择向上发声驱动器的相关特性(例如,大小、功率、位置等)。

[0050] 扬声器可以被放置在任何适当高度的支架或立柱112上,以将扬声器驱动器升高到适合于收听环境的大小和收听位置的定位/高度的高度。可替代地,机箱可以配置成允许驱动器立在地面上、或者放置在比如橱柜、书架、桌子等适当的家具上。

[0051] 图1图示了向上发声驱动器和直接发声驱动器设置在同一机箱中的实施例。这种扬声器配置集成在单个机箱向上/直接发声扬声器系统中。在替代实施例中,向上发声驱动器和直接发声驱动器可以容纳在其各自的机箱或机箱的多个部分中,但是对于驱动器相对较小(例如,直径为5英寸或更小)并且直接发声驱动器是高音扬声器的实施例中,为了降低成本和封装/设置便利性,并且由于高音扬声器通常不需要其自身的壳体的事实(因为高音扬声器通常在后部密封),通常优选单个集成式机箱。

[0052] 图2A更详细地图示了根据一些实施例的图1的向上发声驱动器。如图2A所示,外壳202被成形为具有前(或正面)侧表面205,所述前侧表面被定向成使得抵靠此表面安装的驱动器基本上沿相对于收听环境的地面或天花板的水平面将声音直接投射到收听位置(如图1中的声音投射线107所示)。外壳还具有向上倾斜表面203,所述向上倾斜表面被定向成使得抵靠此表面安装的驱动器朝向收听环境的天花板向上投射声音,使得声音被向下反射到收听位置106(如图1中的声音投射线108所示)。

[0053] 对于图2A的实施例,全频驱动器204抵靠向上倾斜表面203安装,并且高音扬声器驱动器206抵靠前表面205安装。图2B是根据实施例的图2A的外壳202的透视图,示出了在其各自的机箱表面203和205中钻出的用于全频驱动器的安装孔208和用于高音扬声器的安装孔210。图2C是图2A的完整扬声器202的透视图,示出了安装在外壳中并且分别抵靠向上倾斜表面和前表面安装的全频驱动器204和高音扬声器206。

[0054] 虽然图2A中仅示出了一个向上发声驱动器,但是在一些实施例中,可以将多个向上发声驱动器和/或直接发声驱动器结合到扬声器中。对于图2的实施例,应当注意,驱动器可以具有任何适当的形状、大小和类型,这取决于所需的频率响应特性、以及比如大小、额定功率、部件成本等任何其他相关的约束;虽然对于此实施例,向上发声驱动器是能够回放音频频率的全部实际范围(例如,20Hz至20kHz)的全频驱动器,但是其通常可以实施为低音扬声器换能器(低频/中频/中高频),并且直接发声驱动器是高音扬声器换能器(高频)。术语“低音扬声器”在本文中与“全频”驱动器可互换地使用,并且意指能够回放低频、中频和

高频范围的全部频谱的任何适当的活塞驱动器。

[0055] 如图1和图2A至图2C所示,向上发声驱动器被定位成使得其以一定角度将声音向上投射到天花板,然后声音可以从天花板向下弹回到收听者。可以取决于收听环境特性和系统要求来设置倾斜角度。例如,向上发声驱动器204可以在20度到60度之间向上倾斜,并且可以在扬声器外壳202中被定位在直接发声驱动器206上方,以便最小化与从直接发声驱动器206产生的声波的干扰。向上发声驱动器204可以以固定角度安装,或者其可以安装成使得可以手动调节倾斜角度。可替代地,可以使用伺服机构来自动或电气控制向上发声驱动器的倾斜角度和投射方向。对于比如环境声音等某些声音,可以使向上发声驱动器从扬声器外壳202的上表面直接指向上方,以便创建可以称为“顶部发声”驱动器的驱动器。在这种情况下,取决于天花板的声学特性,声音的大部分分量可以向下反射回到扬声器。然而,在大多数情况下,通常使用某个倾斜角度来帮助将声音通过从天花板反射投射到收听环境内的不同位置或更中心位置。

[0056] 在实施例中,顶部发声扬声器安装平面相对于水平面以 $18^{\circ}$ 到 $22^{\circ}$ 之间( $20^{\circ}$ 标称)的角度向前倾斜。这在图3中示出,其图示了扬声器301的向上发声驱动器相对于直接发声驱动器的倾斜角度。如简图300所示,直接发声驱动器310沿垂直于或基本垂直于扬声器机箱的前表面的直轴线302并且如上所述基本上水平或平行于地面将声音投射至收听者。向上发声驱动器308与直轴线成 $20^{\circ}$ 的倾斜角度。然后,来自向上发声驱动器308的直接响应与收听者的相应角度306将标称地为 $70^{\circ}$ 。尽管图示了相当精确的 $20^{\circ}$ 的角度304,但应当注意,可以使用任何类似的角度,比如 $18^{\circ}$ 至 $22^{\circ}$ 范围内的任何角度。在一些情况下,为了实现声音向下反射到收听者所需的方向性,可以将驱动器安装成使得其不被定向成相对于水平面在 $18^{\circ}$ 到 $22^{\circ}$ 之间( $20^{\circ}$ 标称)。如果是这样,则仍应当相对于与竖直线成 $20^{\circ}$ 的参考轴线进行所有测量。其他角度的使用可以取决于某些特性,比如,天花板高度和角度、收听者位置、墙壁效果、扬声器功率等。如图3所示,直接发声驱动器310(其可以例如是低音扬声器驱动器)被定向成沿水平轴线302在向前方向上从扬声器301传输声音,并且向上发声驱动器308(其可以例如是全频驱动器)被定向成在相对于向前方向形成锐角306(换言之,在 $0$ 度到 $90$ 度之间的角度,在图3中以 $70$ 度的锐角306例示)的方向上从扬声器301传输声音。

[0057] 如图2A所示,向上发声驱动器204是全频扬声器(本文中称为低音扬声器),并且直接发声驱动器206是低音扬声器。这种类型的扬声器基本上将全频音频信号投射和反射高度信号投射两者整合到单个驱动器中,从而节省空间和部件成本,以生产更小、更便宜的扬声器。与其他反射扬声器设计相比,这种配置将低频整合到面向上的驱动器(其在低频下是全向的)中,并且单独的面向前的高音扬声器用于高频。换言之,扬声器200不包括面向前的低频驱动器,也不包括面向前的全频驱动器。高度声道跨所有频率使用面向上的驱动器,并且可以与虚拟高度滤波器一起使用以确保直接分量和高度分量两者的清晰度。与可以使用全频驱动器以及用于前驱动部分的高音扬声器的扬声器相比,这允许一个不那么大的驱动器和用于前部的小得多的放大器。

[0058] 图2A的扬声器设计使用这样的事实:锥形驱动器的特征在于随着频率增加,驱动器关于声音扩散模式的方向性变窄。在低频下,锥形驱动器的声音投射可以接近几乎全向( $360$ 度)扩散,而在高频下,声音扩散变得更窄并且成平衡线形状(lob shaped)(即,接近射束),并且更大直径的驱动器在甚至更低的频率下变得更具定向性。例如,3英寸驱动器可以

在大约1kHz之前是全向的,并且然后变得越来越窄,而5英寸驱动器可以仅在大约500Hz至600Hz之前是全向的。对于反射扬声器,通常期望声音扩散相对较窄,这是因为将声音从天花板上的相对较小点反射出来是有利的。如果声音在天花板上过度扩散,则反射可能会过于分散。对于图2A的实施例,使用比如在3英寸到5英寸数量级上的相对较小的全频驱动器(低音扬声器)204来投射包括高度分量的全频音频信号。从驱动器发射的低频声音将围绕收听环境并背向天花板较宽地扩散,而高频声音将背向天花板更窄地传输以获得更集中的反射声音传输。高音扬声器206是被配置成将高频声音分量直接传输到收听环境中的驱动器。高音扬声器可以实施为直径为1英寸(或类似)的数量级的圆顶高音扬声器。一般而言,圆顶高音扬声器的特征为比小锥形驱动器更大的扩散模式。

[0059] 尽管关于某些驱动器大小和类型(比如,3英寸锥形低音扬声器和1英寸圆顶高音扬声器等)描述了实施例,但应当注意,可以取决于外壳形状和大小、系统配置、房间大小、音频内容等使用不同大小/类型的低音扬声器和高音扬声器的任何其他实际组合。

[0060] 在实施例中,扬声器200由高度声音分量和直接声音分量通过两个声道信号驱动,这两个声道信号通过某些滤波器和放大器电路传输到对应的驱动器。图4图示了根据一些实施例的图2A的向上发声扬声器外壳的电路配置。在图4的电路400中,直接声音分量通过包括低通滤波器408和高通滤波器410的分频电路被传输以通过向前发声高音扬声器420进行回放。低通滤波器截断来自直接声音分量的低频信号,并将这些信号发送到组合电路(加法器)412,以通过低音扬声器418进行播放。通过放大器416对通过高通滤波器410的高频信号进行放大,并且然后将其发送到高音扬声器420,以便直接投射到收听环境中。通过虚拟高度滤波器406和放大器404将高度声音分量402传输到向上发声低音扬声器418。因此,当直接声音分量中的低频信号和来自高度声音分量的全频信号在加法器412中组合并由放大器414放大时,低音扬声器418将这些信号向上投射以便向下反射到收听环境中。因为高音扬声器不需要太多功率,所以用于直接声音分量的放大器416可以相对较小且功率较低,比如取决于扬声器和房间大小为15W的数量级。这有助于减少部件数量并保持部件成本较低。

[0061] 在实施例中,结合延迟电路,分频滤波器可以被配置或选择用于提供低音扬声器和高音扬声器两者在高音扬声器朝向收听区域的方向上的响应的基本相位匹配。对于此实施例,选择分频滤波器和延迟电路以使得这两个驱动器在高音扬声器的向前方向上具有基本声学相位匹配。

[0062] 在实施例中,虚拟高度滤波器406(也称为“耳廓滤波器(Pinna filter)”)用于补偿直接通过收听环境传输的声波中存在的高度提示以支持从收听环境的上表面反射的声音中存在的高度提示,如以下将更详细描述。

[0063] 图5A稍微更详细地图示了根据实施例的图4的电路配置。对于图5A的实施例,高度声音分量体现在高度声道信号502中,并且直接声音分量体现在前声道信号504中。通过相应的均衡器506和508输入两个声道,以使直接声音分量和高度声音分量的频率响应变得平坦。高度声道通过耳廓滤波器510和低频保护电路发送到向上发声低音扬声器522。低频保护电路518可以实施为截止频率为大约100Hz数量级的高通滤波器,以防止过低的频率传递到低音扬声器518,所述低音扬声器可以被实施为相对较小(例如,3英寸)的锥形驱动器。

[0064] 前声道信号504通过高通滤波器514发送,并通过延迟电路516和衰减器520发送到前置驱动高音扬声器524。延迟电路516用于对低音扬声器信号和高音扬声器信号进行时间

校准,以补偿高音扬声器相对于收听者放置在低音扬声器前方的事实,如可以在图2A和2C中所看到的。可以基于扬声器的大小和配置提供适当的延迟量。衰减器520用于补偿高音扬声器524通常比低音扬声器522更高效的事实。衰减器用于填充高音扬声器,以在这两个不同的驱动器之间提供适当的相对增益。在实施例中,衰减器520可以被提供为离散电路,或者其可以比如通过用于高音扬声器524的低功率放大器和用于低音扬声器522的更高功率放大器而被实施为差分增益。

[0065] 在替代实施例中,图5A的电路中关于任何部件的变型是可能的。图5B稍微更详细地图示了根据一个这样的替代实施例的图4的电路配置。在此实施例中,延迟电路517插入在低通前声道信号与加法器电路之间,使得前声道信号的低频分量相对于与其组合的高度声道信号被延迟。图5B示出了图5A的电路的一个可能的替代实施例,并且许多其他的替代电路元件或连接也是可能的。

[0066] 对于图5A的实施例,分频电路滤波器512和514分离前声道信号的低频并通过加法器电路将其传递到低音扬声器。可以根据基于扬声器配置、房间大小、音频内容等的特定要求来配置分频点和斜率。在示例实施例中,低通滤波器512被实施为1阶巴特沃斯滤波器(Butterworth filter),将其前声道的低于1400Hz的所有信号传递到低音扬声器522并从高音扬声器524截断所述信号,而高通滤波器被实施为2阶巴特沃斯滤波器,将其前声道的高于2200Hz的所有信号传递到高音扬声器524并截断低于2200Hz的所有信号。图6图示了根据实施例的图5A的分频电路的操作的频率曲线图。如图6所示,低通滤波器曲线602以-6dB/倍频程的速率截断高于1.4kHz的前声道信号以实现1阶滤波器,并且高通滤波器曲线以-12dB/倍频程的速率截断低于2.2kHz的前声道信号以实现2阶滤波器。图6的滤波器曲线和配置仅作为示例提供,并且可以使用任何适当的高通滤波器和低通滤波器、或其他类型的交叉电路。

#### [0067] 虚拟高度滤波器

[0068] 如图4所示,电路400包括虚拟高度滤波器(或图5A中的耳廓滤波器)。对于此实施例,自适应音频系统利用向上发声驱动器来为头顶音频对象提供高度元素。这部分地通过感知来自上方的反射声音来实现,如图1所示。然而,在实践中,声音不会以完美定向方式沿着反射路径从向上发声驱动器辐射。来自向上发声驱动器的一些声音将沿着直接从驱动器到收听者的路径传播,从而减少对来自反射位置的声音的感知。与期望的反射声音相比,这种不期望的直接声音的量通常是一个或多个向上发声驱动器的方向性图的函数。为了补偿这种不期望的直接声音,已经示出了结合信号处理将感知高度提示引入被馈送到向上发声驱动器的音频信号中改善了虚拟高度信号的定位和感知质量。例如,已经开发了定向听力模型以创建虚拟高度滤波器,所述虚拟高度滤波器当用于处理由向上发声驱动器再现的音频时改善了再现的感知质量。在实施例中,虚拟高度滤波器是从物理扬声器位置(与收听者大致齐平)和相对于收听位置的反射扬声器位置(在收听者上方)两者得到的。对于物理扬声器位置,基于声音从扬声器位置直接传播到收听位置处的收听者耳朵的模型来确定第一定向滤波器。这种滤波器可以从定向听力模型得到,比如,HRTF(头部相关传递函数)测量数据库、或参数化双耳听力模型、耳廓模型、或利用有助于感知高度的提示的其他类似传递函数模型。虽然将耳廓模型考虑在内的模型通常是有用的,因为其有助于限定感知高度的方式,但是滤波器函数并非旨在隔离耳廓效应,而是旨在处理从一个方向到另一个方向的声音。

级比,并且耳廓模型是可以使用的双耳听力模型的一个这样的模型的示例,但也可以使用其他模型。

[0069] 接下来确定该滤波器的逆并用于移除沿着直接从物理扬声器位置到收听者的路径传播的音频的定向提示。接下来,对于反射扬声器位置,使用相同的定向听力模型基于声音从反射扬声器位置直接传播到同一收听位置处的收听者耳朵的模型来确定第二定向滤波器。直接应用此滤波器,从而实质上施加耳朵将接收的定向提示声音,就像声音是从收听者上方的反射扬声器位置发出的一样。在实践中,可以以允许单个滤波器至少部分地移除来自物理扬声器位置的定向提示并且至少部分地插入来自反射扬声器位置的定向提示的方式来组合这些滤波器。这样的单个滤波器提供频率响应曲线,所述频率响应曲线在本文中被称为“高度滤波器传递函数”、“虚拟高度滤波器响应曲线”、“期望频率传递函数”、“高度提示响应曲线”或类似词语,以描述从音频回放系统中的高度声音分量中过滤直接声音分量的滤波器或滤波器响应曲线。

[0070] 关于滤波器模型,如果 $P_1$ 表示第一滤波器对来自物理扬声器位置的声音传输进行建模的以dB为单位的频率响应,并且 $P_2$ 表示第二滤波器对来自反射扬声器位置的声音传输进行建模的以dB为单位的频率响应,则以dB为单位的虚拟高度滤波器 $P_T$ 的总响应可以表示为: $P_T = \alpha (P_2 - P_1)$ ,其中, $\alpha$ 是控制滤波器强度的比例因子。当 $\alpha = 1$ 时,滤波器被最大限度地应用,并且当 $\alpha = 0$ 时,滤波器不进行任何动作(0dB响应)。在实践中,基于反射声音与直接声音的相对平衡,将 $\alpha$ 设置在0与1之间(例如 $\alpha = 0.5$ )。随着直接声音的水平与反射声音相比增加, $\alpha$ 也应当增加,以便更充分地向这种不期望的直接声音路径施加反射扬声器位置的定向提示。然而, $\alpha$ 不应当大到损害沿反射路径传播的已经包含适当的定向提示的音频的感知音质。在实践中,已经发现在向上发声配置中标准扬声器驱动器的方向性图的情况下 $\alpha = 0.5$ 的值能够很好地工作。通常,滤波器 $P_1$ 和 $P_2$ 的精确值将是物理扬声器位置相对于收听者的方位角和反射扬声器位置的仰角(elevation)的函数。此仰角进而是物理扬声器位置距收听者的距离以及天花板的高度与扬声器的高度之间的差的函数(假设收听者的头部与扬声器的高度相同)。

[0071] 图7描绘了基于跨大量对象求平均的HRTF响应的数据库从定向听力模型得到的 $\alpha = 1$ 的虚拟高度滤波器响应 $P_T$ 。黑线703表示在与合理的扬声器距离和天花板高度相对应的方位角范围和仰角范围上计算出的滤波器 $P_T$ 。观察这些 $P_T$ 的各种实例,首先注意到大多数情况下每个滤波器的变化发生在高于4Hz的较高频率处。另外,每个滤波器展现出峰值位于大约7kHz处,并且陷波位于大约为12kHz处。峰值和陷波的精确水平在各种响应曲线之间存在几dB的变化。鉴于在这组响应之间的峰值和陷波的位置的这种紧密一致,已经发现由粗灰线给出的单个平均滤波器响应702可以充当用于大多数合理的物理扬声器位置和房间尺寸的通用高度提示滤波器。鉴于这一发现,可以针对虚拟高度扬声器设计单个滤波器 $P_T$ ,并且不需要精确的扬声器位置和房间尺寸的知识以获得合理的性能。然而,为了提高性能,可以利用这类知识将滤波器 $P_T$ 动态地设置为图7中的特定黑色曲线中的与特定扬声器位置和房间尺寸相对应的一个特定黑色曲线。

[0072] 这种用于虚拟高度渲染的虚拟高度滤波器的典型使用是用于在通过向上发声低音扬声器204播放之前要由展现出图7中所描绘的幅度响应之一(例如,平均曲线702)的滤波器进行预处理的音频。滤波器可以作为扬声器单元的一部分而提供,或者其可以作为渲

染器、放大器或其他中间音频处理部件的一部分而提供的单独部件。

[0073] 虚拟高度滤波器可以在扬声器中单独、或与分频电路一起、或作为分频电路的一部分实施,所述分频电路根据分频设计将输入音频频率分离为高频带和低频带、或者更多频带。这些电路中的任何一个都可以被实施为实施FIR(有限脉冲响应)或IIR(无限脉冲响应)滤波器以接近虚拟高度滤波器曲线的数字DSP电路或其他电路。分频电路、分离电路和/或虚拟高度滤波器中的任一个都可以被实施为无源电路或有源电路,其中,有源电路需要单独的电源来起作用,并且无源电路使用由其他系统部件或信号提供的电力。

[0074] 图8A描绘了用于在采用DSP电路或有源电路的通电扬声器中使用的高度提示滤波器的数字实施方式。滤波器被实施为四阶IIR滤波器,其中,系数被选择为48kHz的采样率。可以可替代地通过本领域技术人员公知的手段将此滤波器转换成等效的有源模拟电路。图8B描绘了此滤波器的示例频率响应曲线824以及期望的响应曲线822。

[0075] 在实施例中,应用无源或有源高度提示滤波器以创建目标传递函数,从而优化高度反射声音。如利用所有包括的部件测量的系统的频率响应(包括高度提示滤波器)是使用正弦对数扫描在参考轴线上米处测量的,并且与使用六分之一倍频程的最大平滑的目标曲线相比从180Hz到5kHz的最大误差必须为 $\pm 3$ dB。另外,相对于1,000Hz到5,000Hz的均值,应在7kHz处存在不小于1dB的峰值并且在12kHz处存在不大于-2dB的最小值。在这两点之间提供单调关系可能是有利的。向上发声驱动器的低频响应特性应当遵循目标截止频率为180Hz、品质因数为0.707的二阶高通滤波器的低频响应特性。具有转折频率低于180Hz的滚降是可接受的。在90Hz处,响应应当大于-13dB。应使用正弦对数扫描以在参考轴线上米处产生的86dB的从1kHz至5kHz的三分之一倍频带内的均值SPL来测试自供电系统。图9图示了根据实施例的使用虚拟高度滤波器来优化高度反射声音的目标传递函数。图9的曲线图902图示了以上在示例实施例中描述的目标参数的目标传递曲线图。应当注意的是,图9仅被提供以用于说明,并且其他值和曲线图特性也是可能的。

#### [0076] 系统和扬声器配置

[0077] 图5的电路元件可以被实施为使用已知模拟部件(例如,电容器、电感器、电阻器等)和已知电路设计的模拟电路。可替代地,其可以被实施为使用数字信号处理器(DSP)部件、逻辑门、可编程阵列或其他数字电路的数字电路。分频器、虚拟高度滤波器和放大功能可以作为渲染器部件(音频视频接收器或AVR)的一部分、或者内置于扬声器本身、或者作为渲染器与扬声器之间的中间电路的一部分来提供。

[0078] 图10图示了根据实施例的被结合作为具有向上发声驱动器的扬声器系统的一部分的虚拟高度滤波器。如图10的系统1000中所示,自适应音频渲染器(AVR)1002输出包含单独的高度信号分量和直接信号分量的音频信号。高度信号分量旨在通过向上发声驱动器1012来播放,而直接音频信号分量旨在通过直接发声驱动器1014来播放。信号分量在频率内容或音频内容方面不一定不同,而是基于音频对象或信号中存在的高度提示来进行区分。对于图10的实施例,包含在渲染部件1002内或以其他方式与所述渲染部件相关联的高度滤波器1008通过向高度信号中提供感知高度提示来补偿高度信号中可能存在的任何不期望的直接声音分量以改善虚拟信号的定位和感知质量。这种高度滤波器可以结合图7中所示的参考曲线。分频电路1006截断来自直接高音扬声器驱动器1014的低频信号,并将其与通过全频低音扬声器1012播放的高度声道进行组合。一个或多个放大器1010对扬声器

1011进行供电。如图所示,高度滤波器1008、分频器1006和放大器1010中的任何一个或全部可以实施为AVR部件1002内的电路、或实施为AVR与扬声器1011之间的一个或多个独立部件。可替代地,这些功能可以内置于扬声器1011中,以产生可以容易地耦接到标准自适应音频渲染器或沉浸式音频AVR的独立扬声器。

#### [0079] 替代扬声器配置

[0080] 如前所述,向上发声或反射扬声器的外壳可以被配置成容纳用于向上发声低音扬声器驱动器和向前发声高音扬声器驱动器中的任一个或两个的任何实际数量和大小的驱动器。外壳本身也可以被成形和配置成适应不同的声音投射和应用需求。本文描述的实施例已经示出了侧视形状基本上为梯形的外壳,但是实施例不限于此。图11图示了根据替代实施例的扬声器外壳,其中,向前发射高音扬声器安装在扬声器的突出前部部分1104中。其他替代实施例也是可能的,比如,将高音扬声器放置成更靠近低音扬声器锥体的一部分或甚至在其下面的实施例等。

[0081] 图12A是根据另一替代实施例的向上发声扬声器的配置。对于图12A的实施例,扬声器1200具有凹入外壳的顶部中并且安装到内表面1202的向上发声扬声器1206,所述内表面以适当的角度倾斜,从而允许扬声器以 $20^{\circ}$  (或任何其他适当的角度)的向上角度发声。内架1202为向上发声低音扬声器1206和向前发声高音扬声器1204提供声学分离和加载。图12B是图12A的扬声器机箱的局部顶视图。根据实施例,扬声器机箱1200可以具有至少部分地围绕向上发声驱动器1206的吸音泡沫1214。吸音泡沫1214被示出为部分地围绕向上发声驱动器,这是由于机箱的上部成角度的事实。可替代地,取决于声学特性,吸音泡沫可以被配置成完全围绕驱动器,或者泡沫可以仅沿着驱动器的某些周边放置。吸音泡沫用于扬声器机箱的向上发声驱动器周围的凹入区域中以减少驻波和衍射的影响,从而有效地平滑驱动器的频率响应。取决于扬声器大小约束和声学要求,可以使用任何适当的材料和厚度的泡沫。

[0082] 还可以针对发送到向上发声扬声器的音频信号提供某些其他功能作为扬声器和/或渲染器电路的声音处理功能的一部分。这些功能包括:用于高度声道的旁路切换、使用通过具有已连接的扬声器的AVR进行回放的音频测试信号的房间校正、自动频率均衡和/或音量补偿、使用预加重滤波的系统校准、以及其他类似功能。这些功能在基于美国专利申请14/421,768的优先权日期为2012年8月31日的美国专利公开2015/0350804中进行了描述,所述专利公开的全部内容通过引用以其全文结合在此。

[0083] 已经关于单组向前发声驱动器和向上发声驱动器的外壳描述了实施例,并且两个这样的扬声器可以用于立体声回放,或者多个这样的扬声器可以用于环绕声系统中。在实施例中,外壳可以被组合或配置成提供具有以限定距离分隔开的两个或更多个相应的向前/向上发声驱动器组的条形音箱扬声器系统。图13图示了根据实施例的具有两个向上发声扬声器的条形音箱。对于图13的实施例,两个单独的扬声器1302和1304耦接在一起以形成条形音箱单元1300。每个扬声器的驱动器组可以分隔开如由形成在各个扬声器中的间隔物或壳体所设置的规定距离。可替代地,条形音箱外壳可以是单个长矩形一体外壳,其具有用于前声道和高度声道的每组低音扬声器/高音扬声器驱动器的适当切口。条形音箱可以根据期望包括任何数量的驱动器组。条形音箱可以包括内部挡板或壁,以在不同的驱动器组之间提供声学分离。

[0084] 图2的扬声器外壳或图13的条形音箱还可以包括一个或多个侧向发声驱动器,以从外壳的侧面投射声音。这些驱动器可以是低音扬声器驱动器或高音扬声器驱动器,并且可以被配置成将声音直接投射到收听环境中、或者从比如墙壁等其他房间表面反射声音。反射扬声器外壳还可以被配置成向下投射声音,以使得声音从地面向上反射回到收听环境中。在这些实施例中,耳廓滤波器的特性可能由于不同的定向而发生改变。同样在这些实施例中,向上发声扬声器可以被称为“反射扬声器”,因为其被配置成从除了收听环境的天花板或顶部之外的表面反射(反弹)全频驱动器声音。

[0085] 图14A图示了以其侧面放置在地面1410上以从收听环境(房间)的墙壁或侧表面反射声音的反射扬声器。对于此实施例,外壳1400以其侧面放置在地面1410上,使得表面1406上的高音扬声器1407投射到房间中,而表面1408中的低音扬声器1408被配置成从墙壁反射声音。图14B示出了房间中的图14A的扬声器1400,并且所述扬声器被放置成将声音反射到房间中。图14B是俯视由侧壁1411和1413以及前/后壁1417和1419界定的房间的地面1410的俯视图,其中,扬声器1400放置在地面上。扬声器被放置成成角度,以使得低音扬声器1408将声音1412投射到墙壁1411上,从而产生反射声波1414。高音扬声器1407以其通常的宽扩散模式1417投射被路由至所述高音扬声器的高频信号。扬声器1400可以基于成角度的表面1408相对于前表面1406的倾斜度被放置或旋转成以任何角度投射到墙壁。

[0086] 对于本实施例以及从除了天花板(对于向上发声扬声器)之外的任何表面反射声音的那些实施例,虚拟高度滤波器将在滤波器设置方面不同,因为声音从侧面而不是天花板反射。在这种情况下,虚拟高度滤波器被配置成补偿直接通过收听环境传输的声波中存在的反射声音提示以支持从收听环境的上表面反射的声音中存在的反射声音提示。这些反射声音提示可以取决于声音从哪个表面反射而是侧面提示或底部提示。

[0087] 图2的向上发声扬声器还可以安装在墙壁或天花板上以通过将全频驱动器定向成朝向墙壁或比如地面、屏幕、隔断等其他表面投射而成为反射扬声器。图15图示了根据一些实施例的将声音反射到房间中的反射扬声器的不同安装和布置配置。图15是观察具有天花板1420和地面1430以及竖直墙壁1421和1423的房间的视图。扬声器1422安装在天花板1420上并且被定位成使得所述扬声器通过将其低音扬声器声音1425投射到墙壁1421上以将所述声音向下反射1426到房间中而充当侧向向下发声扬声器。扬声器1432安装在墙壁1423上并且被定位成使得所述扬声器通过将其低音扬声器声音投射到地面1430上以将所述声音向上反射回到房间中而充当向下发声扬声器。可以根据期望使用不同的安装位置和倾斜角度以实现通过房间的优选声音分布,比如,使用适当的安装硬件和/或转节或伺服安装件以根据需要旋转低音扬声器。

[0088] 如图14B和图15中可以看到,组合低音扬声器/高音扬声器设计利用了以下事实:高音扬声器无论其定向如何都在其交叉的整个频率范围上保持较宽扩散,因此允许全频低音扬声器相应地定向以实现期望的反射。成角度的表面1408和相对较小的平坦前表面1406有助于以仍然实现成角度的声音传输以从房间的任何表面反射的方式齐平地安装外壳的底部表面。应当注意的是,扬声器的实施方式图未按比例绘制,并且仅作为示例提供。在本文描述的实施例中,任何布置、定向、安装和配置都是可能的。

[0089] 如前所述,向上或反射扬声器的外壳可以被配置成包括一个或多个侧向或底部发声驱动器以及前置高音扬声器和向上发声低音扬声器。例如,图13的条形音箱实施例可以

被扩展为包括一个或多个反射发声驱动器,使得条形音箱在各个方向上投射声音,包括不同的直接发声高音扬声器模式和不同的成角度反射模式。图16A是根据一些实施例的组合同向上和侧向发声条形音箱的顶视图,并且图16B是图16A的组合条形音箱的正视图。如图16A所示,条形音箱1600包括中央扬声器阵列1603,其包含多个(例如,三个)向上发声扬声器,其中,高音扬声器1606向前投射并且低音扬声器向上投射。条形音箱1603的两侧放置了侧向发声扬声器1601和105,这两个侧向发声扬声器各自的驱动器向侧面发声或以由表面1602和1604限定的角度发声。图16B图示了如将条形音箱1600水平放置在地面上时看到的条形音箱的正视图,并示出了在表面1602和1604上以某个角度朝向房间发声的侧向发声低音扬声器。

[0090] 图16A和图16B中所示的条形音箱系统的实施例仅旨在用于说明,并且任何数量和定向的低音扬声器/高音扬声器对、以及附接到条形音箱的侧向扬声器的数量和配置都是可能的。条形音箱1600可以如图16B所示地水平放置或安装,或者其可以竖直安装、甚至安装在墙壁或天花板上。

[0091] 图17A是图示了具有多个向上发声扬声器的条形音箱的一个示例替代实施例的透视图。如图17所示,条形音箱1700包括放置在条形音箱外壳的端部的至少两个向上发声扬声器1702和1704,所述条形音箱外壳具有位于中心的直接发声高音扬声器1703。如果期望的话,侧开口1706也可以容纳侧向发声驱动器或其他驱动器。条形音箱1700还图示了高音扬声器偏离低音扬声器的中心轴线的实施例。此实施例允许外壳更紧凑,因为其允许外壳稍微“平坦化”,但与图13的实施例相比可能稍微宽一些。

[0092] 扬声器外壳或条形音箱中的任何一个的内部结构可以包括腔室或挡板以修改由扬声器产生的声音。图17B是根据实施例的图17A的条形音箱的剖面图,示出了内部腔室和挡板。如图17B所示,条形音箱1700包括用于不同驱动器的独立腔室、以及用于比如中心部分等部分的结构或声学隔断或挡板1704。图17B中所示的配置仅旨在用于说明,并且任何其他不同的内部配置也是可能的。

[0093] 实施家庭影院或类似收听环境的反射高度扬声器和虚拟高度滤波的自适应音频系统中所使用的扬声器可以使用基于现有环绕声配置(例如,5.1、7.1、9.1等)的配置。在这种情况下,按照已知的环绕声惯例提供并限定多个驱动器,其中,为向上发射的声音分量提供附加的驱动器和定义。向上发声驱动器和直接发声驱动器可以在一体机箱中具有不同的独立驱动器单元和驱动器组合的各种不同的配置封装。

[0094] 扬声器机箱的尺寸和构造材料可以取决于系统要求来定制,并且许多不同的配置和大小都是可能的。例如,在实施例中,机箱可以由中密度纤维板(MDF)或比如木材、玻璃纤维、有机玻璃等其他材料制成;并且其可以具有任何适当的厚度,比如对于MDF机箱为0.75英寸(19.05mm)。扬声器可以被配置成具有适于书架扬声器、落地式扬声器、桌面扬声器的大小或任何其他适当的大小。

[0095] 如前所述,向上发声扬声器的最佳角度是导致收听者上的最大反射能量的虚拟高度驱动器的倾角。在实施例中,这个角度是距扬声器和天花板高度的距离的函数。虽然通常天花板高度对于特定房间中的所有虚拟高度驱动器而言都相同,但是这些虚拟高度驱动器可能与收听者或收听位置106不等距。虚拟高度扬声器可以用于不同的功能,比如,直接投射和环绕声功能。在这种情况下,可以使用向上发声驱动器的不同倾角。例如,取决于内容

和房间条件,与前虚拟高度驱动器相比,可以将环绕虚拟高度扬声器设置成更浅或更陡的角度。此外,不同的 $\alpha$ 比例因子可以用于不同的扬声器,例如,用于环绕虚拟高度驱动器与前置高度驱动器。同样,不同形状的幅度响应曲线可以用于应用于不同扬声器的虚拟高度模型。因此,在所部署的具有多个不同虚拟高度扬声器的系统中,扬声器可以以不同角度定向和/或这些扬声器的虚拟高度滤波器可以展现出不同的滤波器曲线。

[0096] 通常,结合了如本文所描述的虚拟高度滤波技术的向上发声扬声器可以用于从硬天花板表面反射声音,以模拟被定位在天花板中的头顶/高度扬声器的存在。自适应音频内容的引人注目的属性在于使用头顶扬声器阵列来再现空间上不同的音频。然而,如上所述,在许多情况下,在家庭环境中安装头顶扬声器过于昂贵或不实用。通过使用在水平面上正常定位的扬声器来模拟高度扬声器,可以利用易于定位的扬声器来创建引人注目的3D体验。在这种情况下,自适应音频系统以新的方式使用向上发声/高度模拟驱动器,因为音频对象及其空间再现信息用于创建由向上发声驱动器再现的音频。虚拟高度滤波部件帮助协调或最小化与反射声音相比可以直接传输到收听者的高度提示,从而使得由头顶反射信号恰当地提供高度感知。

[0097] 本文所描述的向上发声扬声器的实施例通过使用向上发声低音扬声器将全频音频信号与高度分量信号进行整合而提供了与其他反射扬声器设计相比一定程度的封装效率和制造成本节省。向前发声高音扬声器的使用提供了有效的高频回放,并节省了向前发声低音扬声器和相关联的放大器/处理电路的成本和空间。这种设计从其他设计部分地移除了面向前的驱动器,并且将低频整合到面向上的驱动器(其在低频的情况下是全向的)中,并且单独的面向前的高音扬声器用于高频。高度声道仍然跨所有频率使用面向上的驱动器以及虚拟高度滤波器。与其他设计相比,这允许存在一个不那么大的驱动器和用于前部的小得多的放大器。

[0098] 本文所描述的系统的各方面可以在适当的基于计算机的声音处理网络环境中实施,以便处理数字或数字化音频文件。自适应音频系统的部分可以包括一个或多个网络,所述网络包括任何期望数量的独立机器,所述机器包括用于缓冲和路由在计算机之间传输的数据的一个或多个路由器(未示出)。这样的网络可以在各种不同的网络协议上构建,并且可以是因特网、广域网(WAN)、局域网(LAN)或其任何组合。

[0099] 除非上下文另有明确要求,否则在整个说明书和权利要求中,词语“包括(comprise)”、“包括(comprising)”等应当以包含性的意义而不是排他性或穷举性的意义来解释;即,“包括但不限于”的意义。使用单数或复数的词语也分别包括复数或单数。另外,词语“本文”、“下文”、“以上”、“以下”和具有类似含义的词语指的是作为整体的本申请而不是指本申请的任何特定部分。当词语“或”用于引用两个或更多项的列表时,所述词语涵盖词语的以下所有解释:列表中的项中的任何一个、列表中的所有项以及列表中的项的任何组合。

[0100] 可以从以下枚举的示例实施例(EEE)中理解本公开的各个方面:

[0101] 1. 一种用于传输要从收听环境的上表面反射的声波的扬声器,所述扬声器包括:

[0102] 机箱;

[0103] 直接发声高音扬声器驱动器,所述直接发声高音扬声器驱动器安装在所述机箱的面向前的表面上,并且被定向成沿基本上垂直于所述机箱的前表面的水平轴线传输声音;

以及

[0104] 向上发声全频驱动器,所述向上发声全频驱动器安装在所述机箱的倾斜表面上,并且相对于所述水平轴线以18度到22度之间的倾角被定向。

[0105] 2.一种用于传输要从收听环境的上表面反射的声波的扬声器,所述扬声器包括:

[0106] 机箱;

[0107] 高音扬声器驱动器,所述高音扬声器驱动器安装在所述机箱的某一表面上,并且被定向成沿基本上垂直于所述机箱的前表面的水平轴线传输声音;以及

[0108] 全频驱动器,所述全频驱动器安装在所述机箱的倾斜表面上,并且相对于所述水平轴线以18度到22度之间的倾角被定向。

[0109] 3.如EEE 2所述的扬声器,其中,所述倾角是所述水平轴线与所述全频驱动器的安装平面之间的角度。

[0110] 4.如EEE 2或3所述的扬声器,其中,所述高音扬声器驱动器被定向成沿所述水平轴线在向前方向传输声音,并且其中,所述全频驱动器被定向成在相对于所述向前方向形成锐角的方向上传输声音。

[0111] 5.如EEE 2至4中任一项所述的扬声器,进一步包括:

[0112] 第一输入,所述第一输入被配置用于接收包括第一声音分量的第一信号;

[0113] 低通滤波器,所述低通滤波器用于接收所述第一声音分量,并且将其低频信号传递到所述全频驱动器;以及

[0114] 虚拟高度滤波器,所述虚拟高度滤波器耦接到所述全频驱动器。

[0115] 6.如EEE 5所述的扬声器,其中,所述虚拟高度滤波器被配置用于将频率响应曲线应用于被传输到所述全频驱动器的信号以创建目标传递曲线。

[0116] 7.如EEE 5或6所述的扬声器,其中,所述虚拟高度滤波器被配置用于补偿直接传输通过所述收听环境的声波中存在的高度提示以支持从所述收听环境的上表面反射的声音中存在的高度提示。

[0117] 8.如EEE 5至7中任一项所述的扬声器,其中,所述第一声音分量是直接声音分量。

[0118] 9.如EEE 5至8中任一项所述的扬声器,其中,所述第一信号是前声道信号。

[0119] 10.如EEE 5至9中任一项所述的扬声器,进一步包括高通滤波器,所述高通滤波器被配置用于接收所述第一声音分量并且将其高频信号传递到所述高音扬声器驱动器。

[0120] 11.如EEE 2至10中任一项所述的扬声器,进一步包括第二输入,所述第二输入被配置用于接收包括要发送到所述全频驱动器以向下反射到所述收听区域的第二声音分量的第二信号。

[0121] 12.如EEE 11所述的扬声器,其中,所述第二声音分量是高度声音分量。

[0122] 13.如EEE 11或12所述的扬声器,其中,所述第二信号是高度声道信号。

[0123] 14.如EEE 2至13中任一项所述的扬声器,其中,所述某一表面是所述机箱的面向前的表面。

[0124] 15.如EEE 2至14中任一项所述的扬声器,其中,所述高音扬声器驱动器是直接发声高音扬声器驱动器,并且其中,所述全频驱动器是向上发声全频驱动器。16.

[0125] 如EEE 1或15所述的扬声器,其中,所述向上发声全频驱动器被安装成与所述机箱的向上倾斜侧齐平或嵌入所述机箱的顶表面内,并且被配置用于从所述收听环境的天花板

上的反射点反射声音,并且其中,来自向上发声驱动器的直接响应与所述水平轴线的相应角度标称地为70度。

[0126] 17.如EEE 1、15或16所述的扬声器,进一步包括:第一输入,所述第一输入接收包括要发送到所述直接发声高音扬声器的直接声音分量的前声道信号;以及第二输入,所述第二输入接收接收要发送到所述向上发声全频驱动器以向下反射到所述收听区域的高度声音分量的高度声道信号。

[0127] 18.如任一前述EEE所述的扬声器,进一步包括耦接到所述直接发声高音扬声器的分频器,所述分频器包括:将所述直接声音分量的高频信号直接传递到所述高音扬声器的高通滤波器;以及将所述直接声音分量的低频传递到向上发声全频驱动器的低通滤波器。

[0128] 19.如任一前述EEE所述的扬声器,进一步包括:

[0129] 延迟电路,所述延迟电路被配置成通过相对于所述收听区域补偿所述直接发声高音扬声器与所述向上发声全频驱动器之间的空间距离来对这两者进行时间校准。

[0130] 20.如任一前述EEE所述的扬声器,其中,所述延迟和分频滤波器被配置成使得所述全频驱动器和高音扬声器的声能总和在所述高音扬声器的直接或向前方向上给出基本上最大的声能。

[0131] 21.如任一前述EEE所述的扬声器,进一步包括:衰减电路,所述衰减电路被配置成衰减所述直接声音分量以补偿所述全频驱动器与所述高音扬声器之间的驱动器效率的差。

[0132] 22.如任一前述EEE所述的扬声器,进一步包括:虚拟高度滤波器电路,所述虚拟高度滤波器电路耦接到所述向上发声全频驱动器,并且将频率响应曲线应用于被传输到所述向上发声驱动器的信号以创建目标传递曲线,并且其中,所述虚拟高度滤波器补偿直接传输通过所述收听环境的声波中存在的高度提示以支持从所述收听环境的上表面反射的声音中存在的高度提示。

[0133] 23.如任一前述EEE所述的扬声器,其中,所述机箱被配置用于以条形音箱配置来固持两组或更多组向上发声全频驱动器和直接发声高音扬声器。

[0134] 24.一种用于将声波从房间天花板反射到所述房间中的收听位置的扬声器系统,所述扬声器系统包括:

[0135] 机箱;

[0136] 直接发声高音扬声器,所述直接发声高音扬声器位于所述机箱内并且被定向成沿基本上垂直于所述机箱的前表面的水平轴线传输声音;

[0137] 向上发声全频驱动器,所述向上发声全频驱动器安装到所述机箱的倾斜顶表面并且被配置用于从所述天花板上的反射点反射声音,并且其中,来自所述向上发声驱动器的直接响应与所述水平轴线的相应角度标称地为70度;以及

[0138] 虚拟高度滤波器电路,所述虚拟高度滤波器电路将频率响应曲线应用于被传输到所述向上发声驱动器的信号以创建目标传递曲线,所述目标传递曲线通过至少部分地移除来自所述扬声器位置的定向提示并且至少部分地通过插入来自所述反射点的定向提示来补偿直接通过所述房间传输的声波中存在的高度提示以支持从所述天花板反射的声音中存在的高度提示。

[0139] 25.如EEE 24所述的扬声器系统,进一步包括:第一输入,所述第一输入接收包括要发送到所述直接发声高音扬声器的直接声音分量的前声道信号;以及第二输入,所述第

二输入接收接收要发送到所述向上发声全频驱动器以向下反射到所述收听区域的高度声音分量的高度声道信号。

[0140] 26. 如EEE 25所述的扬声器系统,进一步包括耦接到所述直接发声高音扬声器的分频器,所述分频器包括:将所述直接声音分量的高频信号直接传递到所述高音扬声器的高通滤波器,以及将所述直接声音分量的低频传递到向上发声全频驱动器的低通滤波器。

[0141] 27. 如EEE 24至26中任一项所述的扬声器系统,其中,所述机箱被配置成使得全频驱动器将声音投射朝向侧表面或墙壁以使声音反射回到所述收听区域中、或朝向地面以使声音向上反射回到所述收听区域中。

[0142] 28. 一种用于从扬声器生成音频场景的方法,所述方法包括:

[0143] 接收第一音频信号和第二音频信号;

[0144] 将所述第一音频信号路由到所述扬声器的直接发声高音扬声器;

[0145] 将所述第二音频信号路由到所述扬声器的向上发声全频驱动器;

[0146] 将所述向上发声全频驱动器定向成相对于由向前发声驱动器所定义的水平角度成限定倾斜角度,以便将声音向上传输到房间的天花板上的反射点,从而使得所述声音向下反射到距所述房间中的扬声器一定距离的收听区域;以及

[0147] 将虚拟高度滤波器频率响应曲线应用于所述第二音频信号,以便补偿直接通过所述房间传输的声波中存在的高度提示以支持从所述房间的天花板反射的声音中存在的高度提示。

[0148] 29. 如EEE 28的所述的方法进一步包括:应用将所述第一音频信号的高频信号直接传递到所述高音扬声器的高通滤波器,以及应用将所述第二音频信号的低频传递到所述向上发声全频驱动器的低通滤波器。

[0149] 虽然已经通过示例并且就具体实施例描述了一种或多种实施方式,但是应当理解,一种或多种实施方式不限于所公开的实施例。相反,其旨在覆盖对本领域技术人员显而易见的各种修改和类似安排。因此,所附权利要求的范围应当被赋予最广泛的解释,以便涵盖所有这些修改和类似安排。

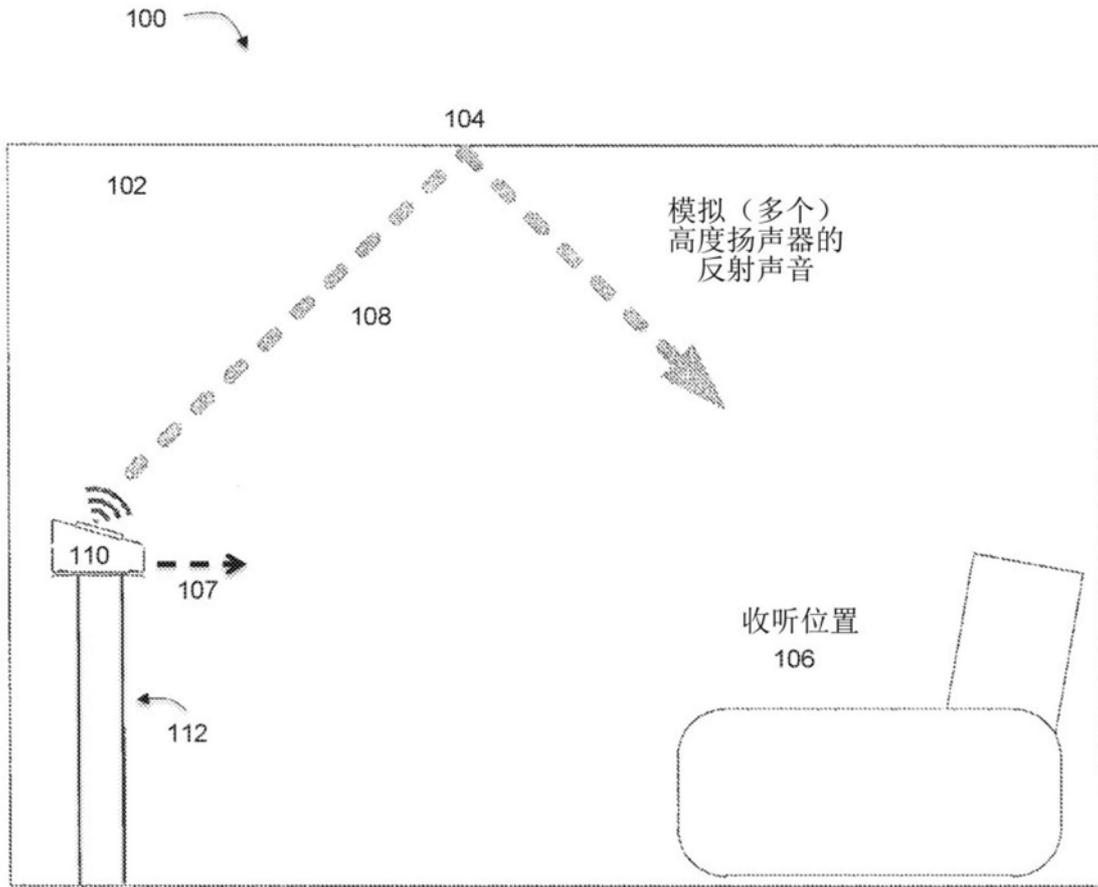


图1

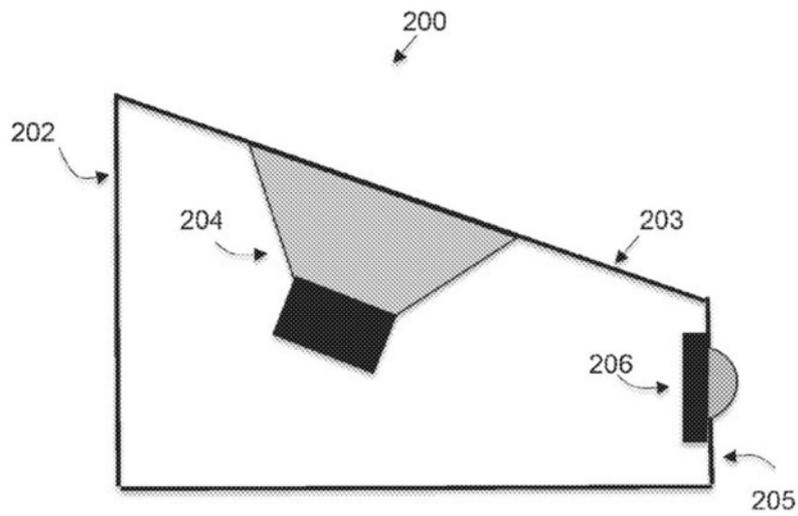


图2A

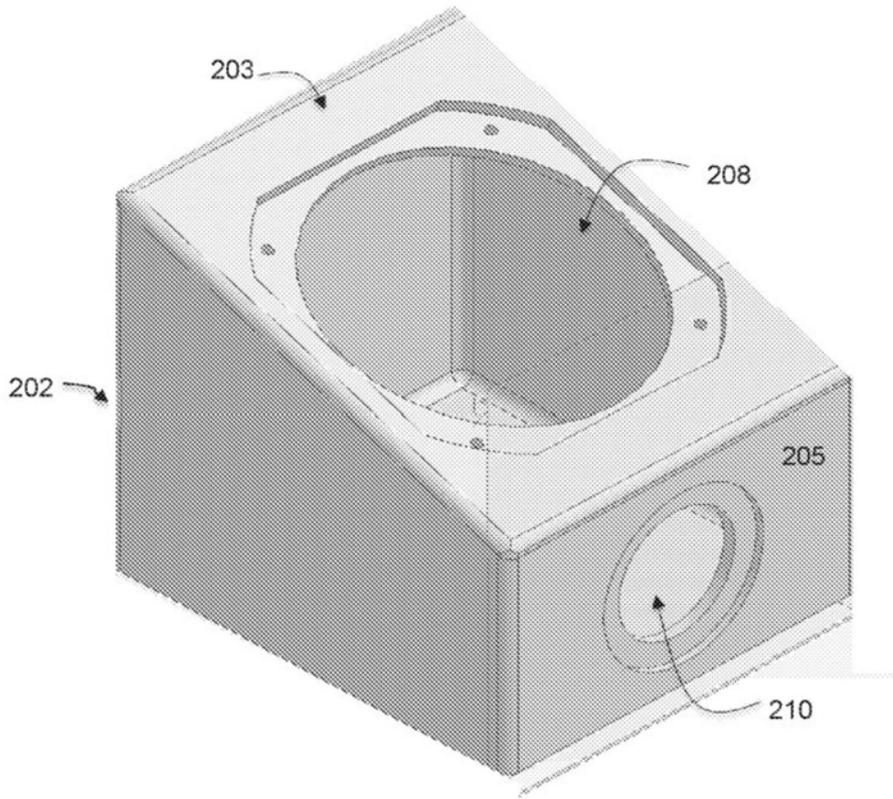


图2B



图2C

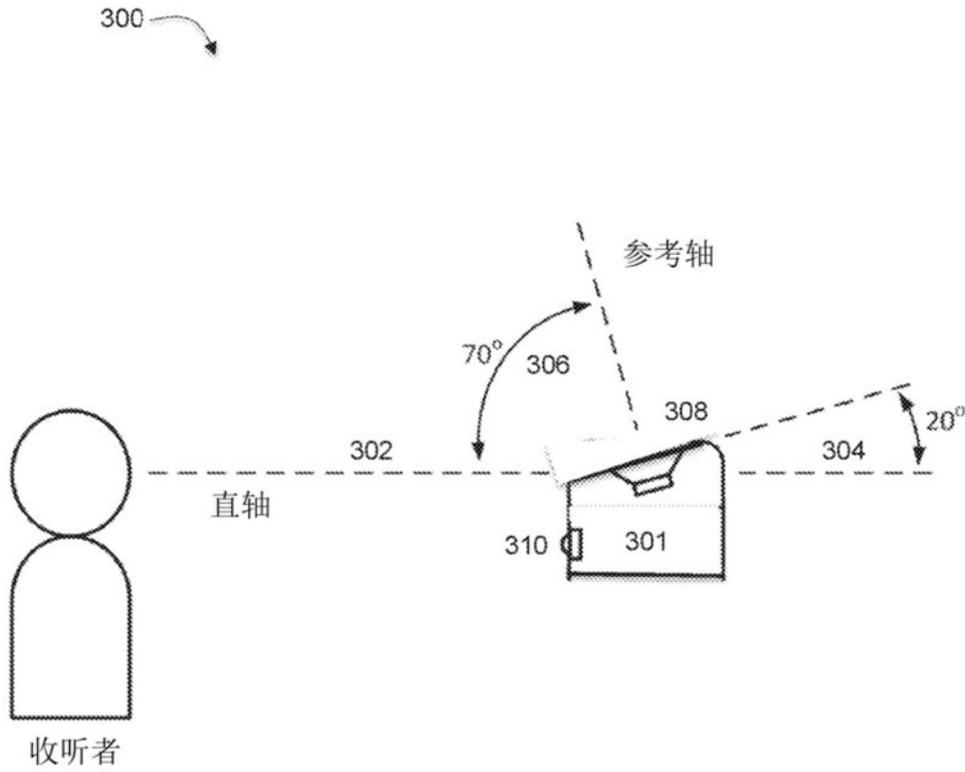


图3

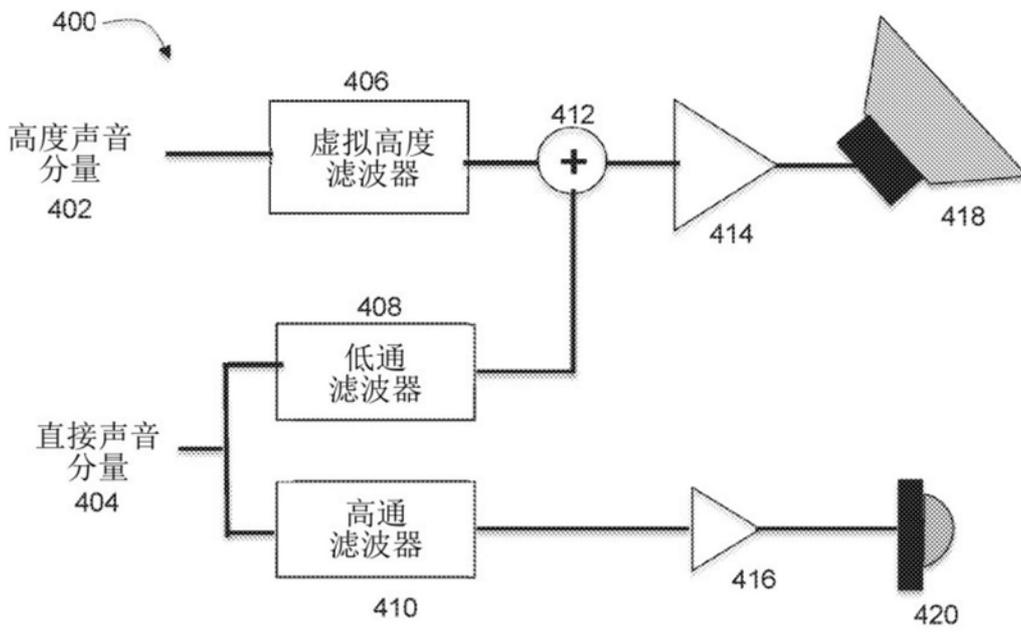


图4

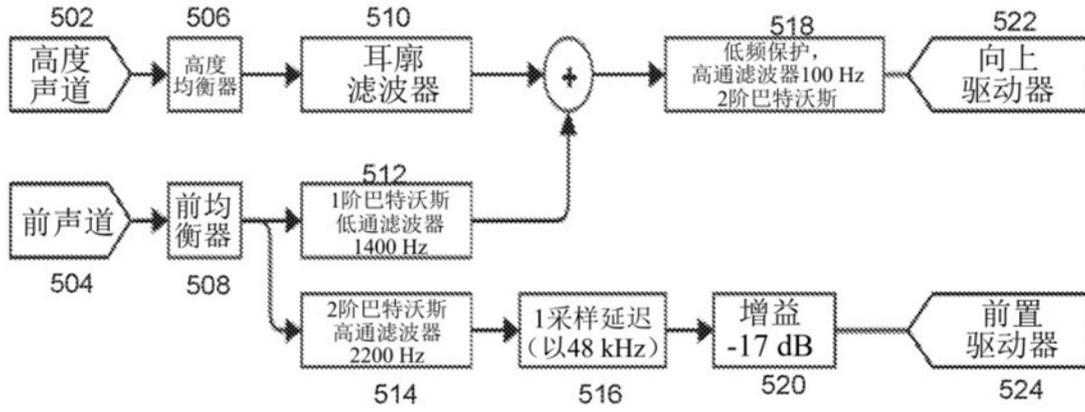


图5A

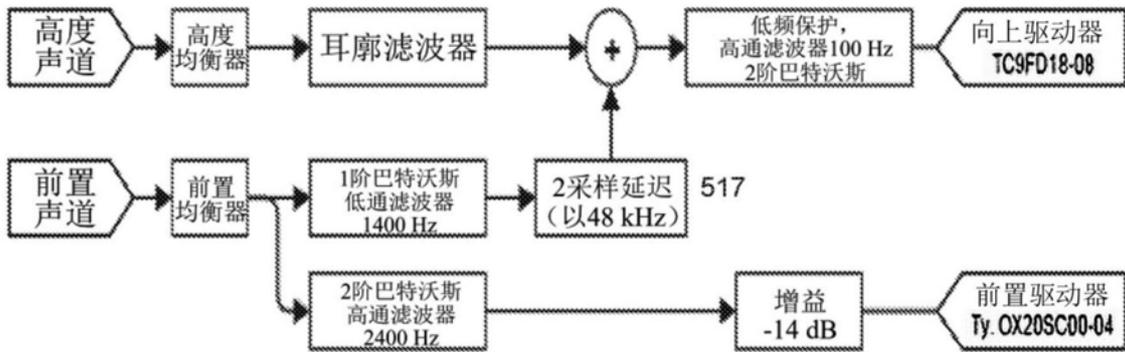


图5B

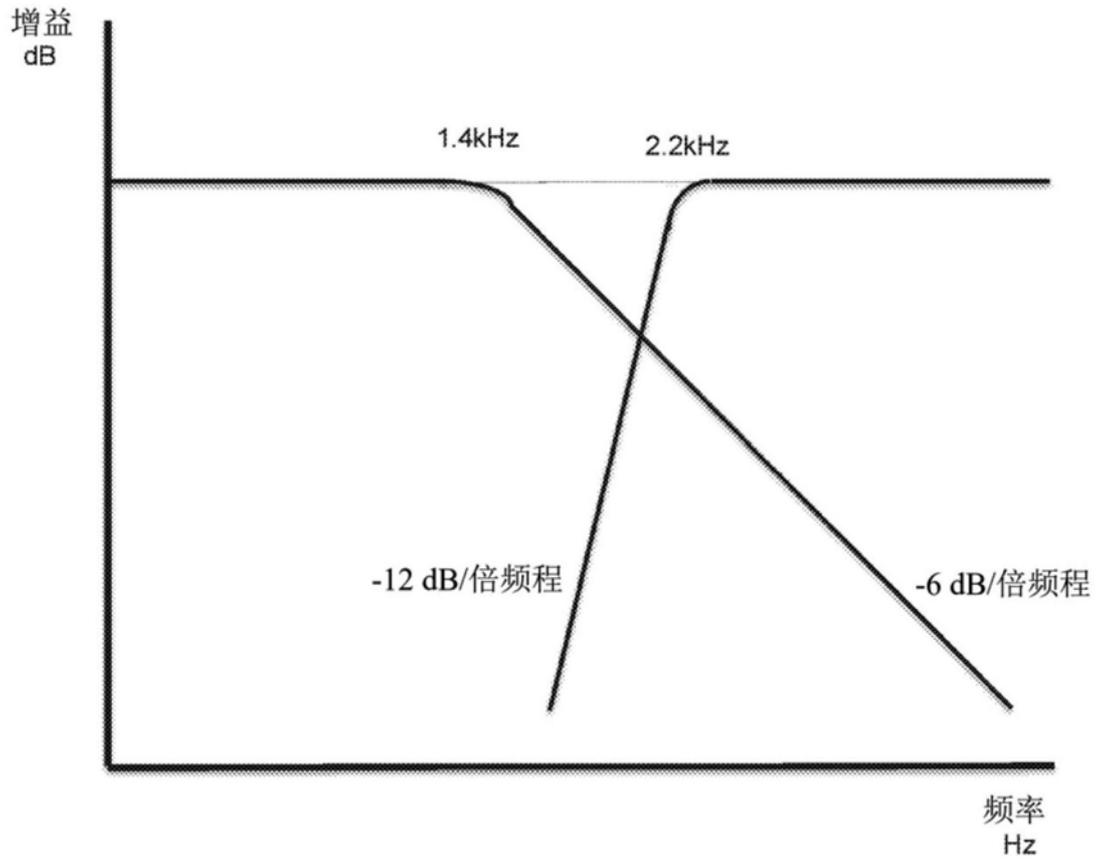


图6

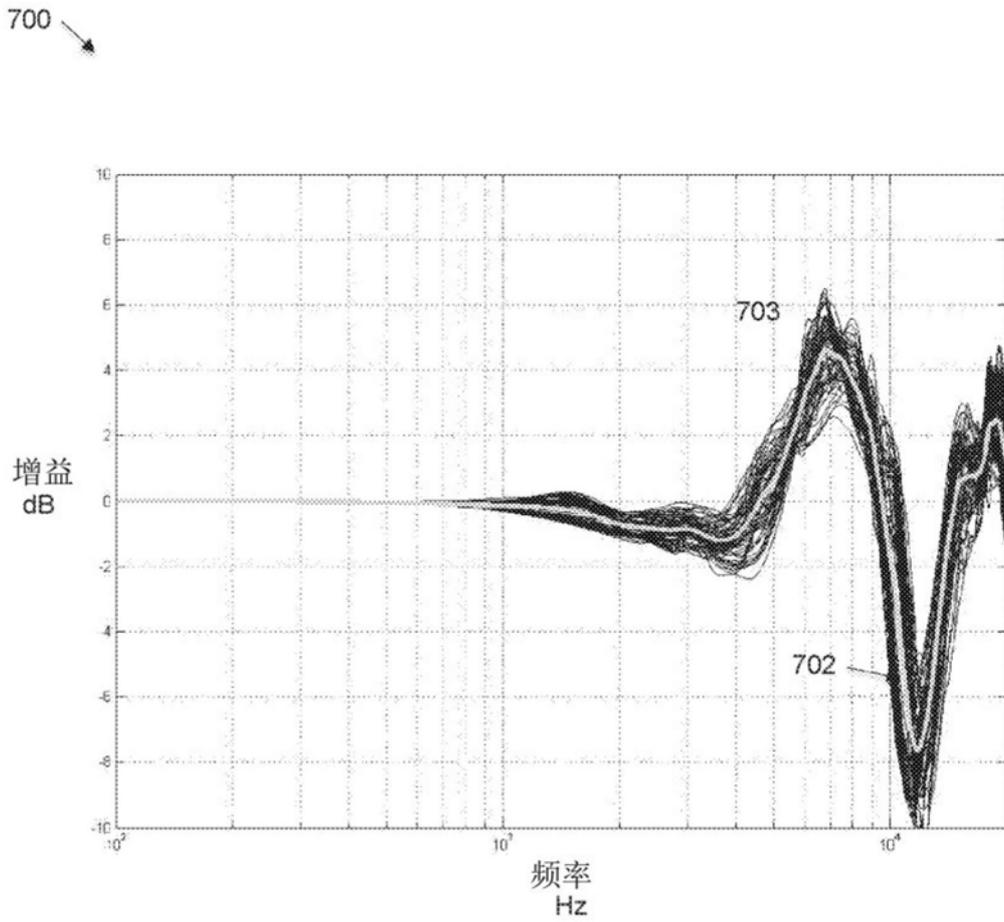


图7

$$H(z) = \frac{0.9911 - 1.3044z^{-1} + 1.3382z^{-2} - 0.8314z^{-3} + 0.3840z^{-4}}{1.000 - 1.3143z^{-1} + 1.2533z^{-2} - 0.6224z^{-3} + 0.2656z^{-4}}$$

图8A

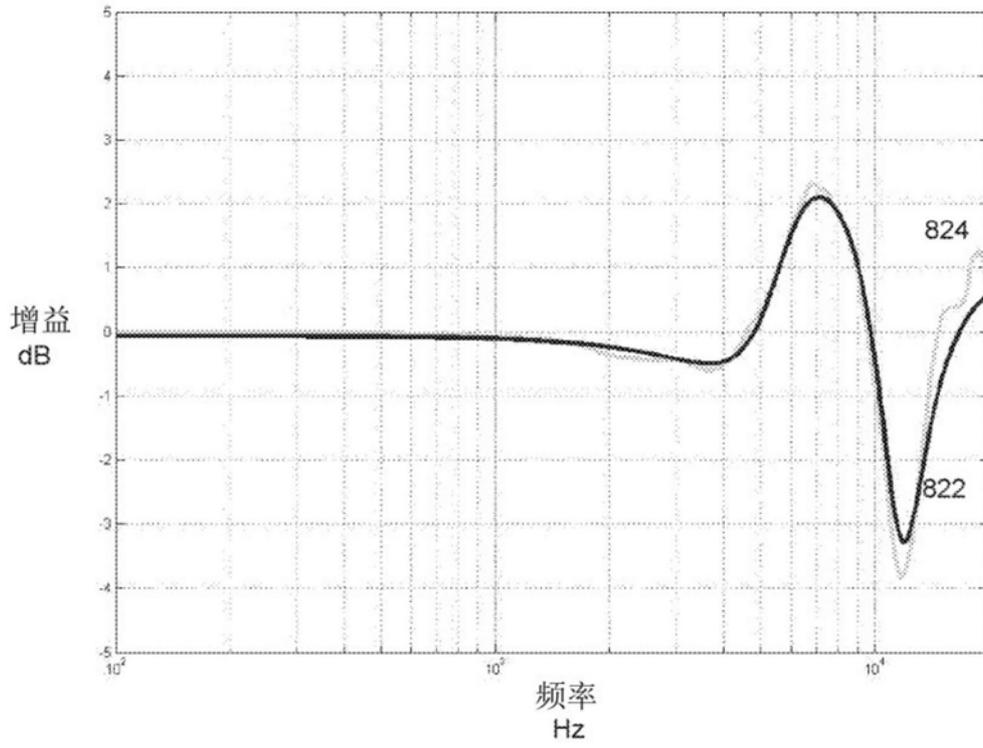


图8B

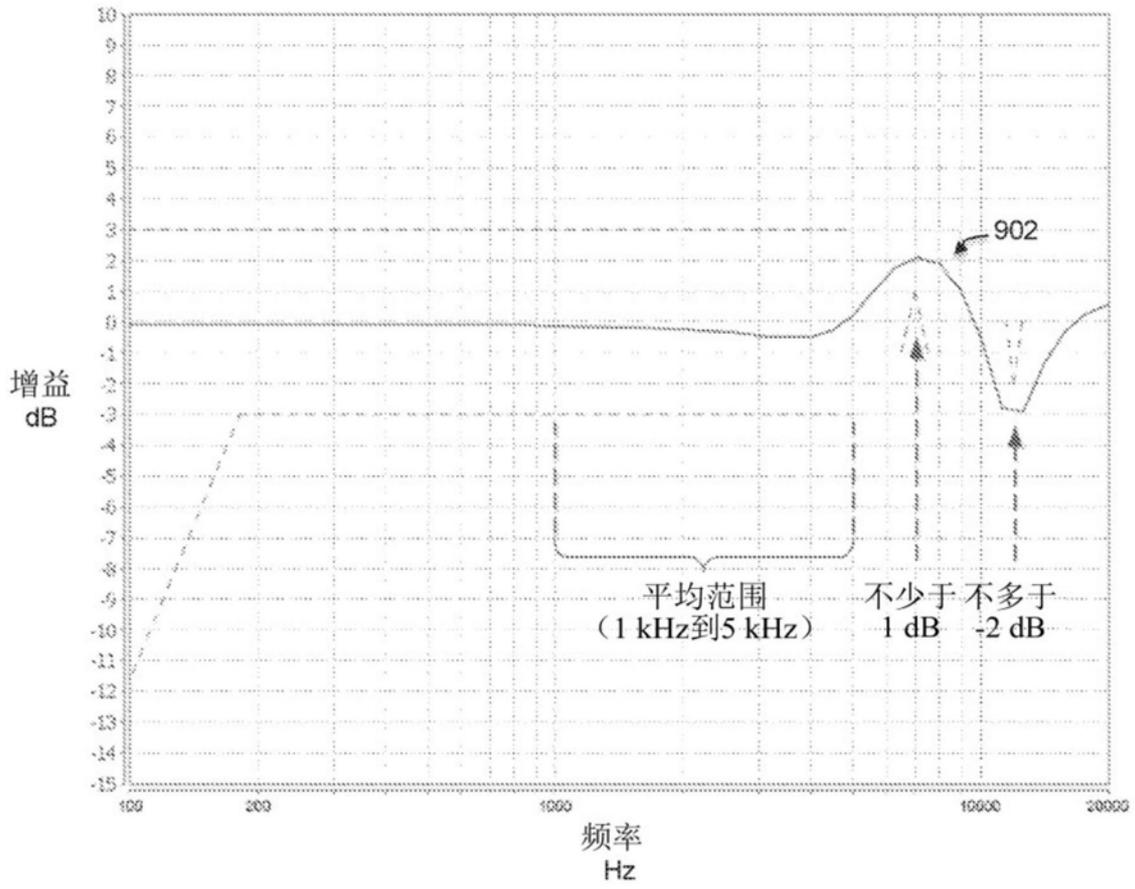


图9

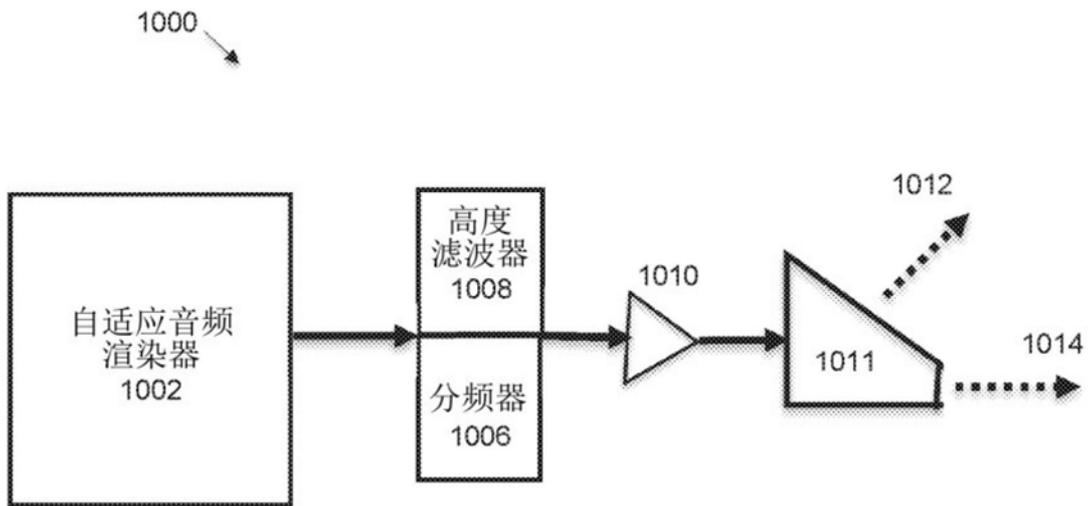


图10

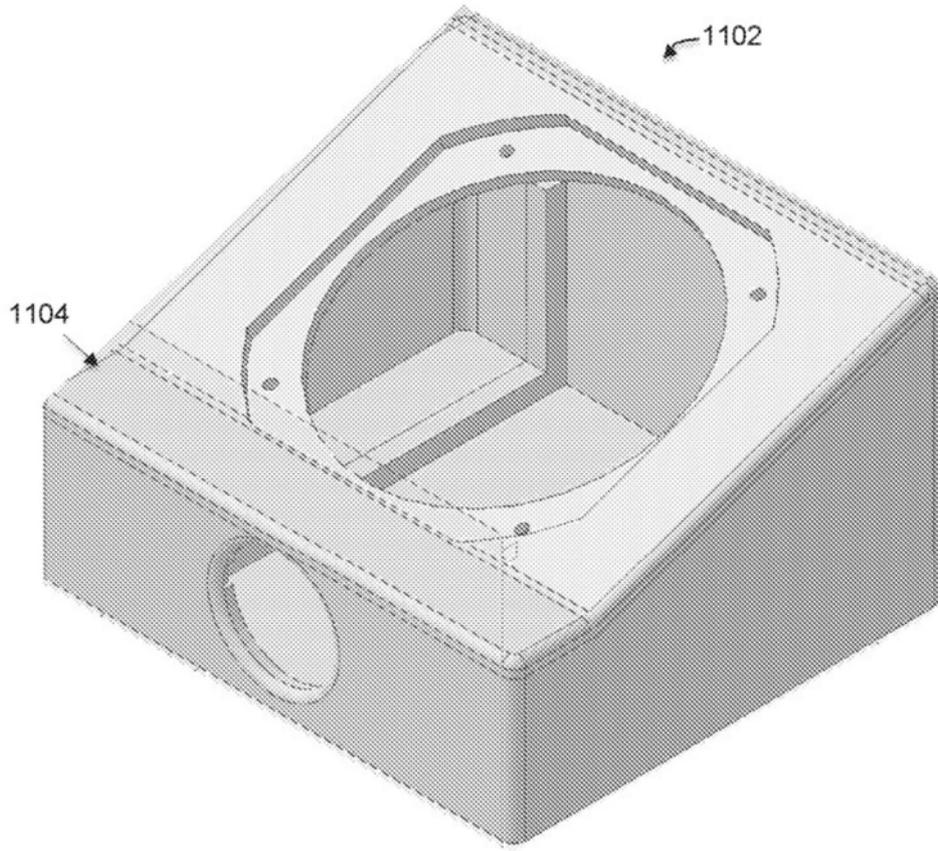


图11

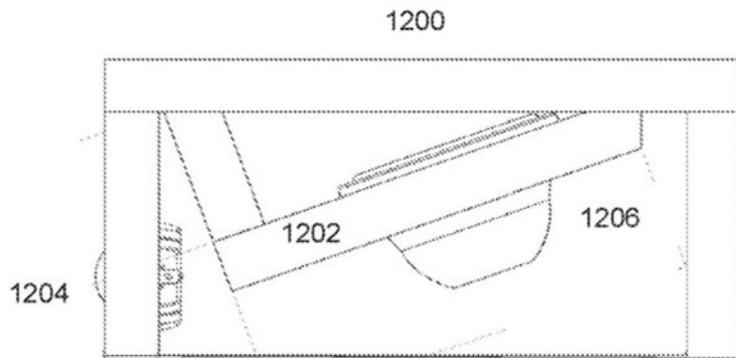


图12A

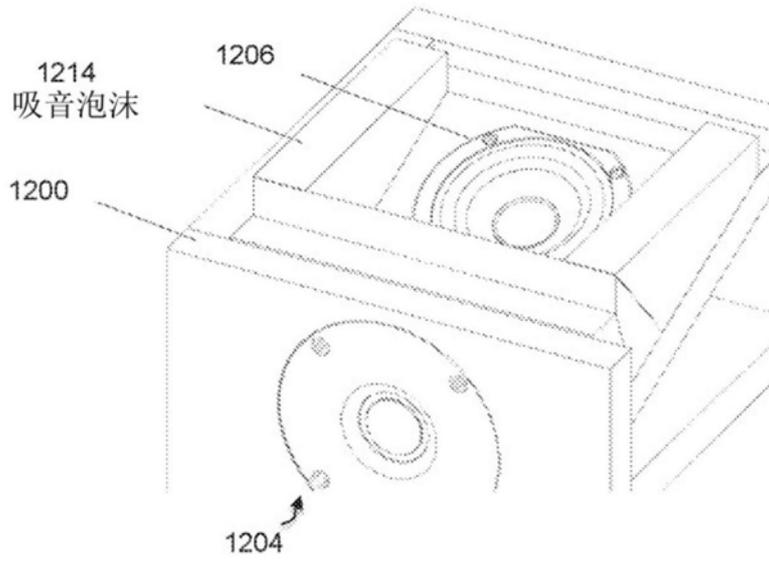


图12B

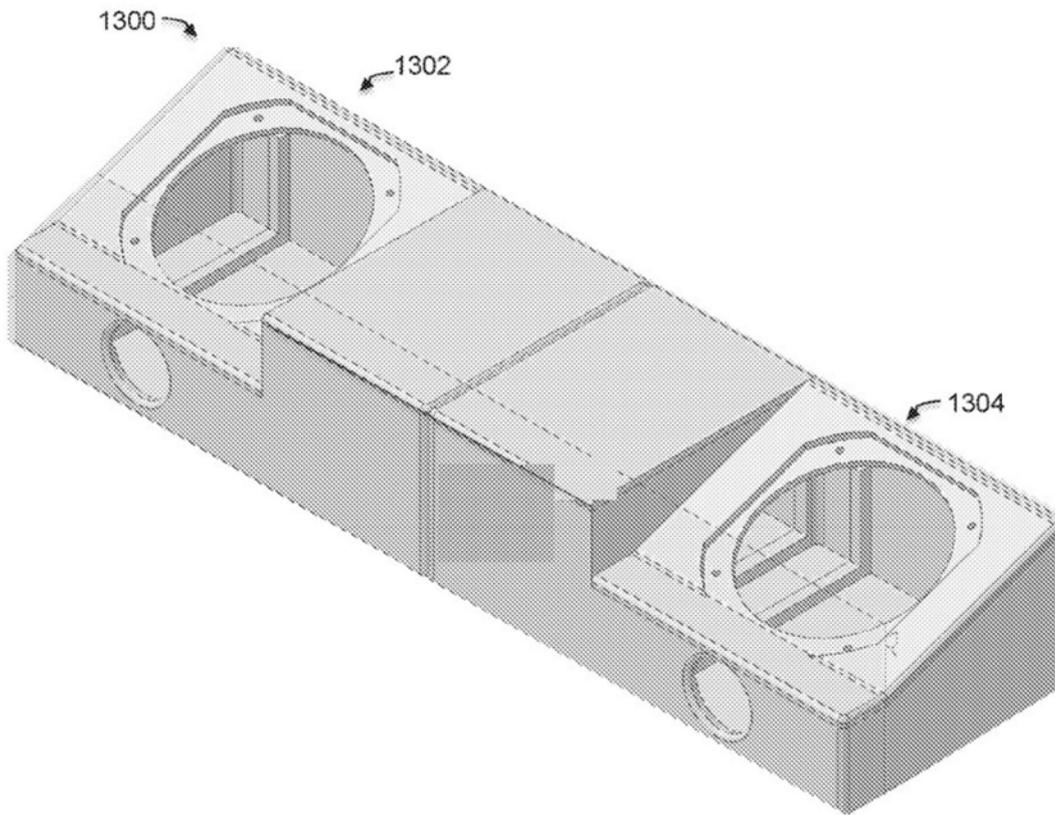


图13

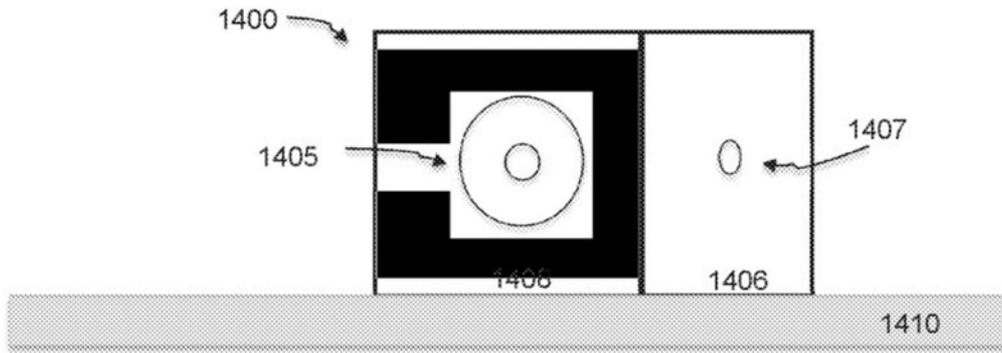


图14A

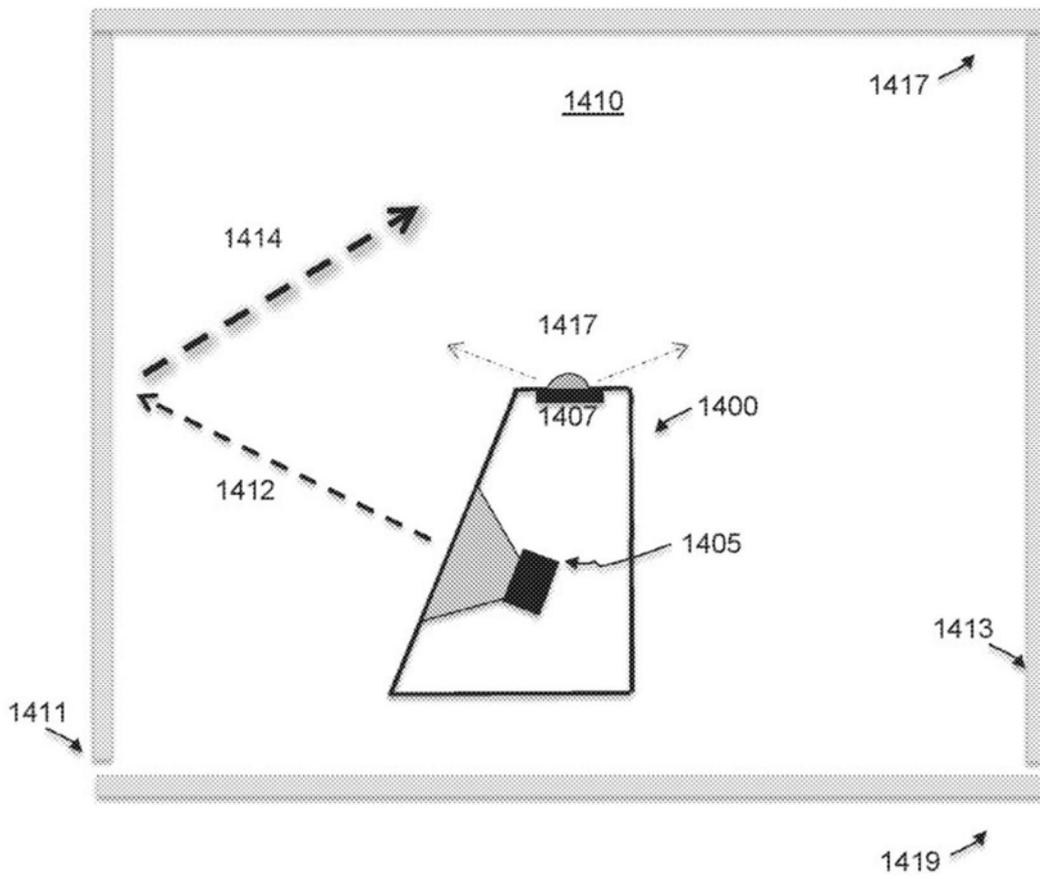


图14B

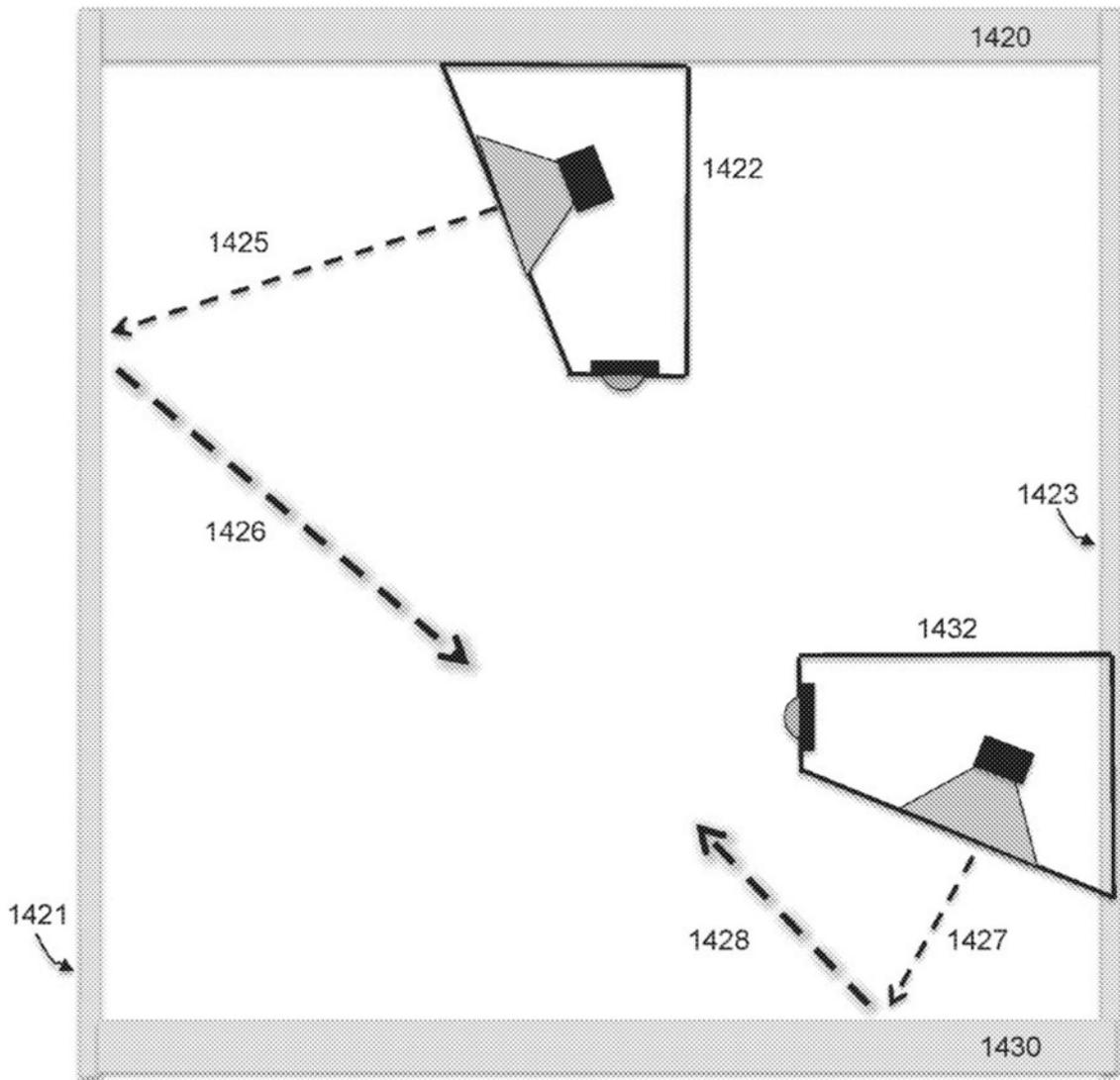


图15

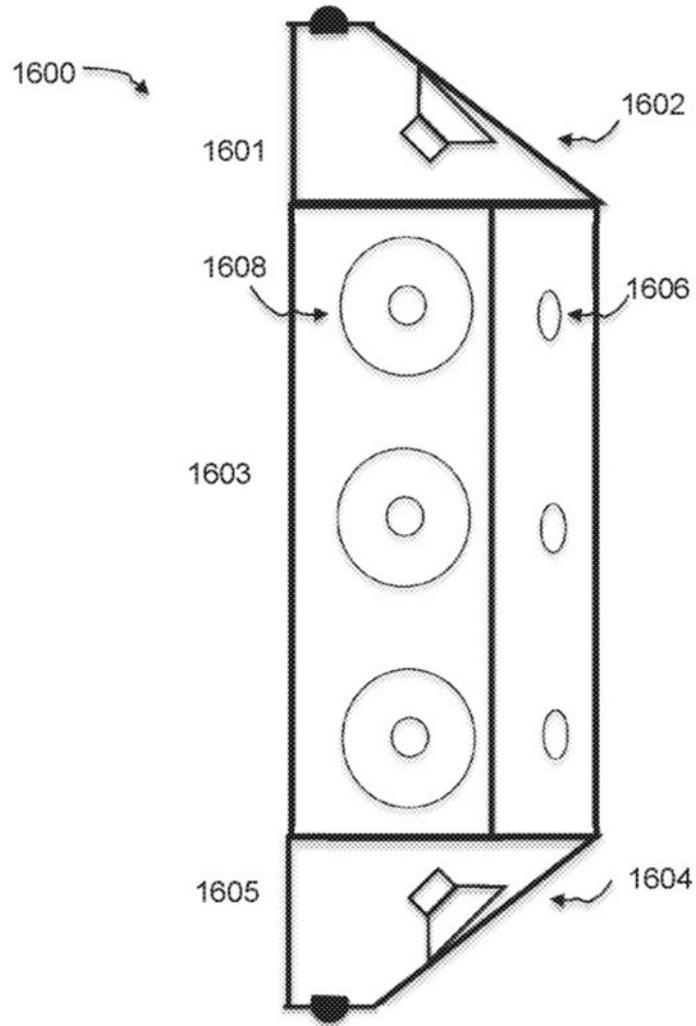


图16A

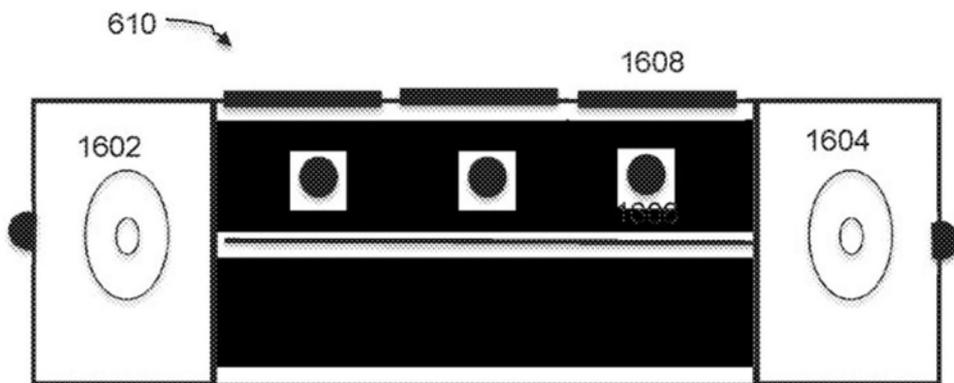


图16B

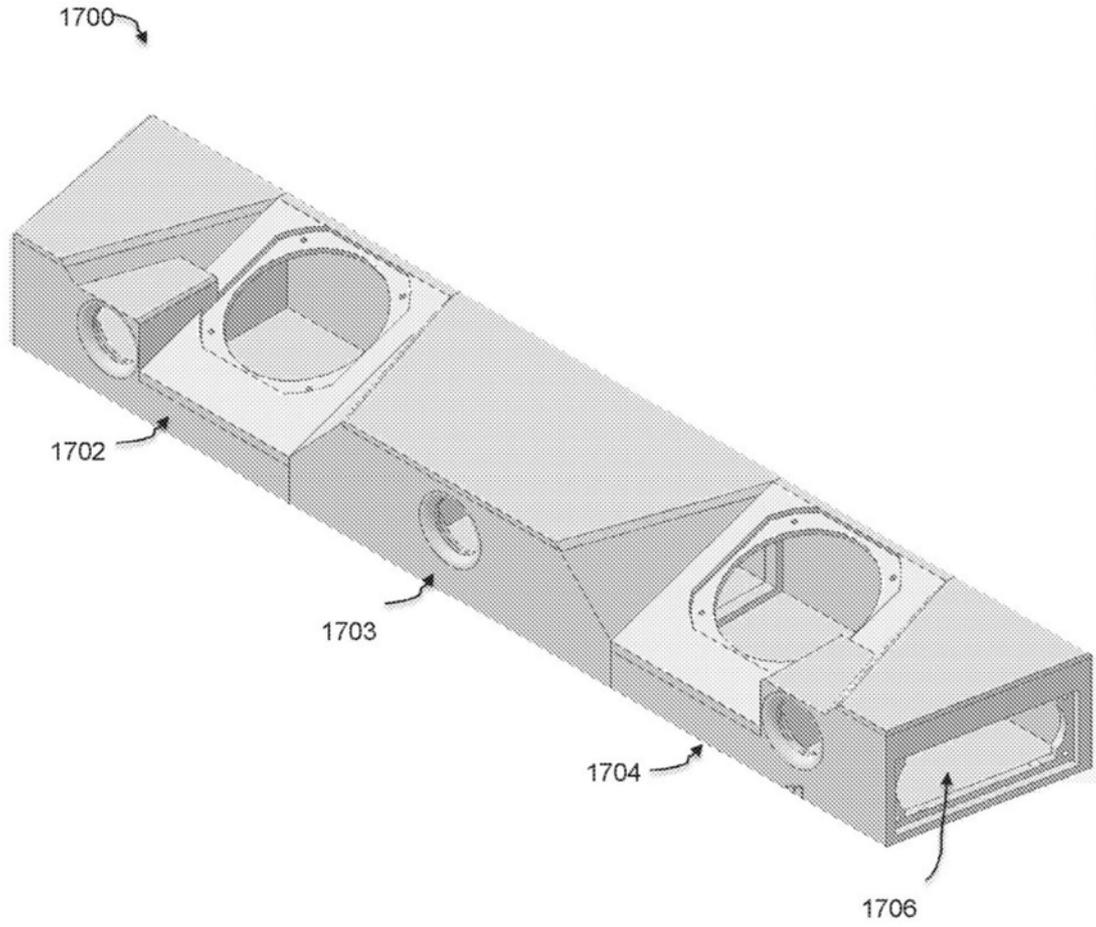


图17A

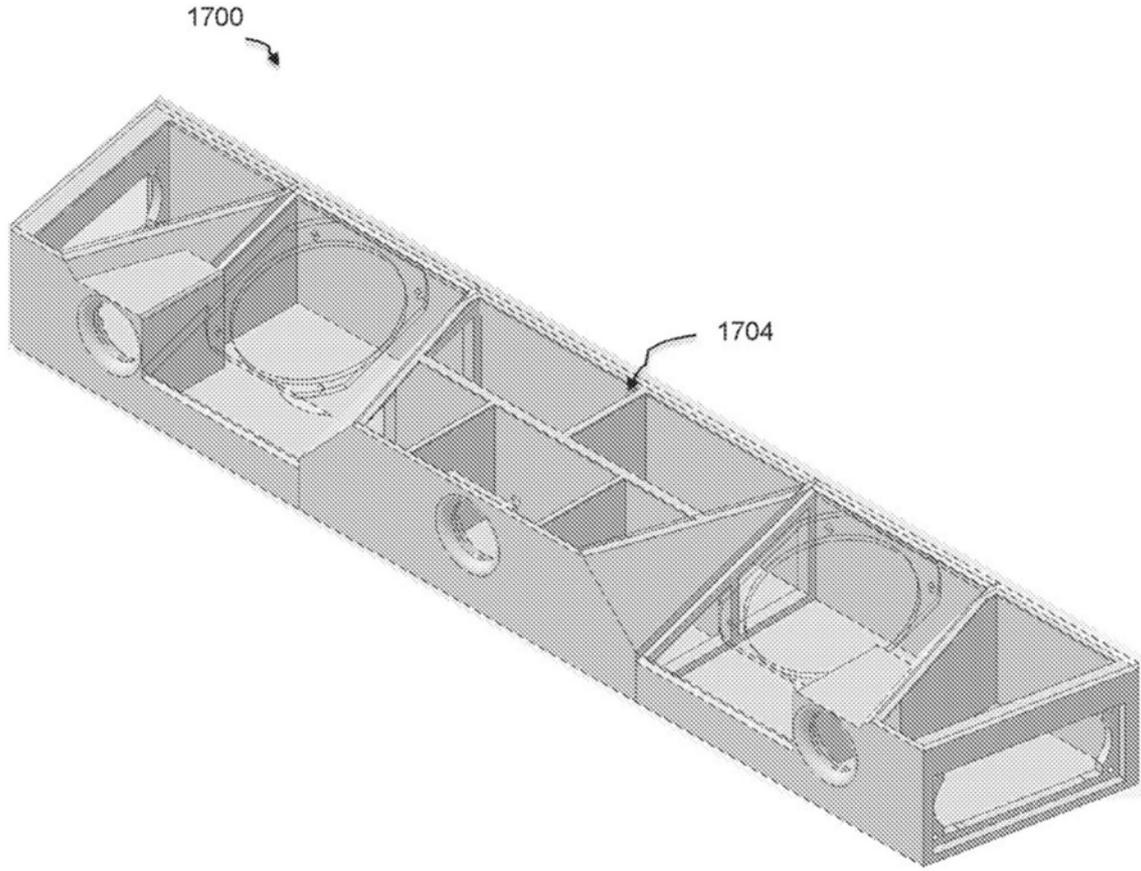


图17B