

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04R 9/06

H04R 9/02 H04R 1/02

H04R 7/06



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96196627.0

[45] 授权公告日 2004 年 8 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1164144C

[22] 申请日 1996.9.2 [21] 申请号 96196627.0

[30] 优先权

[32] 1995.9.2 [33] GB [31] 9517918.0

[32] 1995.10.31 [33] GB [31] 9522281.6

[32] 1996.3.30 [33] GB [31] 9606836.6

[86] 国际申请 PCT/GB1996/002167 1996.9.2

[87] 国际公布 WO1997/009859 英 1997.3.13

[85] 进入国家阶段日期 1998.2.27

[71] 专利权人 新型转换器有限公司

地址 英国伦敦

[72] 发明人 亨利·阿兹玛 马丁·科洛姆斯

尼尔·哈里斯

审查员 刘世昌

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

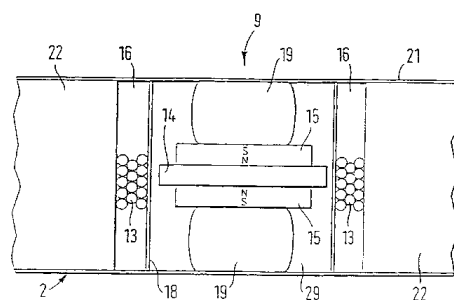
代理人 马莹

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称 惯性振动式换能器

[57] 摘要

一种惯性振动式换能器(9)，其特征在于包括一个电机线圈组件，其包括一个管状组件(18)和紧固在该管状组件上的线圈(13)，还有一个同轴安置在电机线圈内的磁铁组件(15)，以及支承磁铁组件(19)，电机线圈与管状组件都紧固在分布式辐射器(2)上。



ISSN 1008-4274

1. 一种惯性振动式换能器(9)，用于激励组件(2)，该组件能够通过至少在
5 至少一个横向伸展其厚度的操作区域中的偏转波来保持和传播输入振动能
量，以具有在所述至少一个区域上分布的谐振模式振动分量和在所述区域中
具有用于换能器装置的预定优选位置和地点，并具有安装在所述位置或地点
10 之一的所述组件上的换能器，以振动所述组件使其谐振，从而当谐振时形成
提供声输出的声辐射器，所述惯性振动换能器包括：具有线圈(13)的电机线
圈组件(13, 18)，所述线圈(13)紧固在管状组件(18)上；与所述电机线圈组
件同轴安装的磁铁组件(15)；和支承所述磁铁组件以使其能相对于所述电机
线圈组件作轴向运动的弹性装置(19, 136)，其中所述管状组件(18)通过粘
接装置(16, 20)直接紧固在组件(2)上以使其振动。

2. 根据权利要求1所述的惯性振动式换能器，其特征在于所述弹性装
置(19, 136)包括设置在所述磁铁组件的相对侧的互相相对的弹性组件。

15 3. 根据权利要求1或2所述的惯性振动式换能器，其特征在于包括包
封所述管状组件(18)的轴端的盖子(59, 119)，并且所述弹性装置(19, 136)
安装在所述盖子上。

4. 根据权利要求1至2中任何一项所述的惯性振动式换能器，其特征
在于所述线圈(13)安装在所述管状组件(18)的内表面。

20 5. 根据权利要求1或2所述的惯性振动式换能器，其中所述电机线圈
组件(13, 18)在所述辐射器(2)中相应形状的空腔(120)中安放。

6. 根据权利要求3所述的惯性振动式换能器，其特征在于所述盖子(59)
包括所述弹性装置(136)。

25 7. 根据权利要求6所述的惯性振动式换能器，其特征在于每个盖子(59)
包括一个环状柔性卷状包裹部分(136)。

8. 根据权利要求6所述的惯性振动式换能器，其特征在于所述盖子(59)
上具有磁屏蔽罩(121)。

9. 根据权利要求1至2中任何一项所述的惯性振动式换能器，其特征
在于所述电机线圈组件(13, 18)紧固在所述辐射器(2)的表面。

30 10. 根据权利要求9所述的惯性振动式换能器，其特征在于所述磁铁组
件(15)包括相对的普通盘状的磁极件(14)，其中一个磁极件的周边位于所述

电机线圈组件(13, 18)之中且邻近所述电机线圈组件(13, 18), 而另一个磁极件的周边则形成有凸缘(162), 所述凸缘(162)与所述电机线圈组件相邻安放并包围所述电机线圈组件。

11. 根据权利要求 10 所述的惯性振动式换能器, 其特征在于所述弹性
5 组件(17)夹放在各磁极件之一和所述辐射器的一个表面之间。

12. 根据权利要求 1 至 2 中任何一项所述的惯性振动式换能器, 其特征在于所述磁铁组件(15)包括其中夹有一磁极件(14)的一对同极相对的磁铁(15)。

13. 根据权利要求 1 或 2 所述的惯性振动式换能器, 其特征在于包括在
10 所述辐射器相对表面上的互补磁铁组件和电机线圈组件, 并包括将所述磁铁组件固紧在一起以进行推挽操作的装置(93)。

惯性振动式换能器

5

技术领域

本发明涉及换能器，尤其涉及包括面板型声辐射元件的扬声器的振动式换能器。

技术背景

已知在 GB—A—2262861 中提出了一种面板型扬声器，该扬声器包括：
10 谐振多模式辐射器元件，它是一种由带有横向蜂窝结构的芯子分开的两个表层材料形成的一体化夹层板，其中该面板在所有方位上的抗弯刚度(B)与每单位表面积(μ)上面板质量的立方幂之比至少为 10；

固定装置，它以自由无阻尼方式支撑该面板或将其粘贴到一支撑体；和
15 与该面板耦接的机电传动装置，用于响应于在扬声器的工作频带中的电输入来激励辐射器面板中的多模式谐振。

MULTIPHONIE 的 US—A—4, 506, 117 公开了一种电声换能器，其包括一质量块，其通过其基板紧固地粘贴到面板以使面板振动。

发明公开

本发明的各实施例中所采用的组件的特征、结构和配置可通常和/或特别通过实施与本发明同日一起提出的公开号为 W097/09842 的 PCT 专利申请文件中的内容而获得。因此这些组件：具有通过有效区域内的偏转波而保持和传播输入振动能量的能力，该工作区域厚度的横向伸展可以到各组件的周边，但这不是必须的；被配置成具有或不具有抗弯刚度的各向异性，以使谐振式振动元件分布于所述区域，从而有益于与周围空气进行声耦合；和在所述区域内具有用于换能器装置（尤其是其可操作有源或移动部分）的预定优选位置或地点，该换能器装置与所述区域内的声振动活动和相应于这种振动活动的声音成份信号密切相关，该信号通常为电信号。对这些组件的使用在
25 与本发明同日提出的公开号为 W097/09842 的国际专利申请文件中公开，这些组件：或者是在例如用于混响或用于声滤波或用于声学“发声(Voicing)”
30 于一空间或场所内的无换能器装置的“无源”声学设备中，或者是在具有换能器装置的“有源”声学设备中，例如在声源或扬声器被提供有将被转换成

所述声音的输入信号时的相当宽的范围内，或者在例如麦克风被暴露于将被转换成其它信号的声音时。

本发明尤其涉及扬声器形式的有源声学设备。

这里，如上所述的各组件称为分布式声辐射器，并将在上述 PCT 专利中
5 请和/或另外在此特别提供的说明中给出其特征。

本发明是一种惯性振动式换能器，用于激励组件，该组件能够通过至少在
10 至少一个横向伸展其厚度的操作区域中的偏转波来保持和传播输入振动能量，
以具有在所述至少一个区域上分布的谐振模式振动分量和在所述区域中具有
15 用于换能器装置的预定优选位置和地点，并具有安装在所述位置或地点之
一的所述组件上的换能器，以振动该组件使其谐振，从而当谐振时形成提供
声输出的声辐射器，该惯性振动换能器包括：具有一线圈的电机线圈组件，
该线圈紧固在管状组件上；与该电机线圈组件同轴安装的磁铁组件；和支承
20 该磁铁组件以使其能相对于该电机线圈组件作轴向运动的弹性装置，其中该
管状组件通过粘接装置直接紧固在该组件上以使其振动。该弹性装置可包括
15 设置在该磁铁组件的相对侧的互相相对的弹性组件。可设置包封管状组件的
轴端的盖子，并且该弹性装置可安装在该盖子上。该盖子可包括该弹性装置。
每个盖子可包括一个环状柔性卷状包裹部分。可在盖子上设置磁屏蔽罩。该
线圈可安装在该管状组件的内表面。该电机组件可在该辐射器中相应形状
20 的空腔中安放。该电机线圈组件可紧固在辐射器的表面。该磁铁组件可包括相
对的普通盘状的磁极件，其中一个磁极件的周边位于该电机线圈组件之中且
邻近该电机线圈组件，而另一个磁极件的周边则形成有凸缘，该凸缘与该电
机线圈组件相邻安放并包围该电机线圈组件。该弹性组件可被夹放在各磁极
25 件之一和该辐射器的一个表面之间。该磁铁组件可包括其中夹有一磁极件
的一对同极相对的磁铁。可在该辐射器相对表面上设置互补磁铁组件和电机线
圈组件，并可设置将该磁铁组件固紧在一起以进行推挽操作的装置。

从另一方面，本发明是一种扬声器，其包含如上所述的惯性换能器。

附图简述

附图中以示例形式图示说明了本发明，附图中：

图 1 是表示上面所述并在我们的与本发明同日提出的公开号为
30 W097/09842 的国际专利申请文件中所公开的分布式扬声器的示意图；

图 2a 是图 1 中沿 A—A 线的部分剖面图；

图 2b 是图 2a 中所示那种分布式辐射器的放大剖面图，并表示出两个可替换结构；

图 3 是换能器的第一实施例的剖面侧视图；

图 4 是换能器的第二实施例的剖面侧视图；

5 图 5a 是换能器的第三实施例的剖面侧视图；

图 5b 是换能器的第四实施例的剖面侧视图；

图 5c 是换能器的第五实施例的剖面侧视图；和

图 6 是换能器的第六实施例的剖面侧视图。

实现本发明的最佳模式

10 参照附图中的图 1，该图示出在我们的与本发明同日提出申请的公开号为 WP97/09842 的国际专利申请文件中描述和限定的那种面板型扬声器 81，该扬声器包括矩形框架 1，该框架绕其内缘带有一支撑分布式声辐射面板 2 的弹性悬挂部分。例如参照我们的与本发明同日提出申请的公开号为 WO97/09859、WO97/09861、WO97/09858 的国际专利申请文件中详细描述
15 的换能器 9 整体并独立地安装在面板 2 上的由线度 x 和 y 限定的位置上或位置中，该位置的计算如在我们的与本发明同日提出申请的公开号为 WO97/09842 的国际专利申请文件中描述的那样进行计算，以将偏转波发射到该面板中，以使该面板谐振从而辐射声输出。

换能器 9 由信号放大器 10 例如音频放大器来驱动，该放大器用导线 28
20 与该换能器相连。类似于常规的锥形扬声器，所需的放大器负荷及功率很一般，当处于室内安装条件下其灵敏度的数量级在 86 — 88dB/瓦特。放大器的负载阻抗大致为 6 欧姆，使用功率为 20 — 80 瓦特。其中该面板芯子和/或表层用金属制成，可用作该换能器的散热器，以消除来自该换能器的电机线圈的热量，从而改善使用功率。

25 图 2a 和 2b 为图 1 中扬声器 81 的部分典型剖面图。图 2a 表示框架 1、包裹部分 3 和面板 2 由相应的粘接组件 20 连接在一起。适用于该框架的材料包括轻质框，例如诸如铝合金的压制金属或塑料的画框。适用的包裹部分材料包括诸如泡沫橡胶或泡沫塑料的弹性材料。适用于组件 20 的粘接材料包括环氧树脂、丙烯酸和腈基丙烯酸酯等粘合剂。

30 图 2b 放大地示出面板 2 是一种硬质轻质面板，该面板具有诸如硬质塑料泡沫 97(例如交联的聚氯乙烯)的芯子，或者蜂窝基体 98，即金属箔、塑料或

类似物的蜂房基体，其每个单元横向伸展到该面板的面上，并由对置的表层 21 例如纸张、卡片、塑料或金属箔或片来密封。尽管该表层采用塑料来制成，但也可采用例如碳、玻璃、Kevlar(聚芳酰胺纤维)(RTM)等纤维以一种熟知方式来加强自身，从而增强它们的模数。

- 5 因此，所设想的表层材料和增强物包括：碳、玻璃、Kevlar(聚芳酰胺纤维)(RTM)、Nomex(聚芳酰胺)(RTM)即 aramid(芳香胺)等各种层次和编排的纤维；以及纸张、粘合纸层、芯子、三聚氰酰胺、和各种高模数合成塑料薄膜，例如 Mylar(聚对苯二甲酸乙二酯薄膜)(RTM)、Kaptan(聚酰亚胺薄膜)(RTM)、聚碳酸酯、酚醛、聚脂或相关塑料、和纤维增强塑料等；及金属片或箔。对
- 10 液晶聚合物热塑性塑料的维克特拉等级(Vectra grade)的研究表明，它们有助于对超薄表层或更小尺寸的外层，比如说直径达到约 30 厘米的注模。这种材料本身在注入方向上形成定向晶体结构，该方向是高频能量从驱动点向面板周边良好传播的优选方向。

- 此外，对这种和其它热塑性塑料的压模允许压模工具带有诸如沟槽或圆
- 15 环的定位和对准部件，以用于对换能器部分例如电机线圈和磁悬挂部分进行精确定位。此外，采用一些较弱的芯子材料，已计算出局部增加表层的厚度（例如在大至换能器直径的 150%的区域或圆环中）是有益的，以增强该区域并有效地将振动能量耦合到该面板。以这种方法，采用较软的泡沫材料将改善高频响应。

- 20 所设想的芯层材料包括装配好的蜂窝结构和槽纹，这些蜂窝结构和槽纹为铝合金片或箔、Kevlar(聚芳酰胺纤维)(RTM)、Nomex(聚芳酰胺)(RTM)、平滑或粘着纸、各种合成塑料薄膜以及多孔或泡沫塑料或纸浆材料，甚至为具有合适低密度的气凝胶金属。一些适用的芯层材料在其制造过程中有效地展现出实用的自身表层(self - skinning)，和/或另外在两个表层之间不采用夹
- 25 层时具有足够的内在刚度。已知有一种高性能的蜂窝状芯子材料以其商品名“Rohacell”著称，该材料适于用作辐射器面板，并且没有表层。在实际中，其目的在于针对特定目标解决总体轻巧性和刚度问题，尤其包括从芯子到表层之间的最佳分布以及它们之间的过渡。

- 面板的几种优选组成采用金属或金属合金表层，或另外采用一种碳纤维
- 30 增强物。这两种组成以及采用合金气凝胶或金属蜂窝状芯子的设计将具有相当的射频筛选特性，这在几种 EMC（电子测量控制）应用中很重要。传统的

面板或锥形扬声器不具有内在的 EMC 筛选能力。

此外，优选型的压电动态换能器具有可以忽略不计的电磁辐射或漏磁场。除非采用特殊的补偿抵消措施，传统的扬声器具有高至 1 米距离的大磁场。

- 5 在应用中保持筛选显得比较重要的情况下，可将适当的 DML 面板的传导部分电气连接，或者将导电泡沫或类似界面用作周边固定。

悬挂部分 3 阻尼面板 2 的周边，以防止该面板过度向周边移动。此外或可替换地，可采用进一步的阻尼，例如象补丁(patch)一样粘到该面板上所选位置，以抑制过量运动，从而在该面板上均匀地分布谐振。这些补丁采用如通常传统扬声器外壳所用的沥青基材料制成，或可由弹性或刚性聚合物片状料制成。有些材料，主要为纸张或卡片，和一些芯子可具有自阻尼能力。在有必要的情况下，通过采用弹性设置的而不是刚性设置的粘接剂来增加面板结构中的阻尼。

有效的所述可选择阻尼包括对该面板的特殊应用，该面板含有与其永久连接的片状材料装置。对于面板的主要且分散较少的低频振动模式而言，周边和边角可能是特别重要的。尽管它们的边角通常可以是相对自由的，阻尼装置的周边固定可有益地使一面板与其所述片状材料完全适合，比如说希望扩展到更低频操作。可采用粘接或自粘接材料来进行粘着。有效阻尼的其它形式，特别是对于更精密的效果和/或中和高频来讲，可通过在所述区域的预定有效中间局域位置上固接适当物质或多种物质的方式来进行。

上述声面板为双向式。来自后部的声能量与来自前部的声能量并非很强烈地相位相关。因此，这对房间中声功率的整体累积、声能量的均匀频率分布、减弱了的反射和驻波效应非常有益，并且对再现的声唱片中的自然空间和外界的再现方面有极大的优势。

25 尽管出声面板的辐射大多数为无方向性的，但相位相关信息的百分比随偏轴(off axis)增加。就仿真立体图象的改进而言，位于普通站立的人的高度的扬声器的位置，与图象一样，对适当的偏轴位置有利，从而使位于恰当位置上的听众能得到最佳立体声效果。同样，相对于听众的三角形左/右几何图形提供进一步的角分量。从而可获得良好的立体声。

30 与传统的扬声器再现相比，对一群听众来讲还有进一步的好处。声面板声辐射的固有分散特性使其音量不服从对距等效点声源距离的负二次方定

律。由于随距离降落的声强度远低于由负二次方定律预测的强度，因此，与传统的扬声器相比，对于不位于中心和处于不恰当位置上的听众而言，面板扬声器的强度场提供更逼真的立体声效果。这是因为，偏离中心处的听众不再遇到较靠近的听众所遇到的双重问题：首先是从附近扬声器发出的音量的过分增强，其次是从较远扬声器发出的音量的相应降低。

对于平坦的、轻质面板型扬声器而言，其优点还在于其外观美丽、具有良好的音质、只需一个换能器、和从每个面板振动膜发出的全部声音范围内没有交叠点。

图3表示移动线圈换能器9的一个实施例，其完全嵌入在一个坚固的轻质分布式面板2的内部，该轻质分布式面板2包括一个面向具有表层21的两个侧面的芯子22，以把弯曲波反射到面板内。

换能器包括线圈13，其嵌入在面板2的芯子22中的空腔29中的固定件16中，该固定件16是例如环氧树脂材质的，并围绕柱状线圈架18，因此线圈13与线圈架18紧固在面板2中。

一磁铁组件被安装在由线圈架18所限定的空腔29的部分空间中，磁铁组件包括一对同极相对的磁铁15，磁铁15之间由一个极状组件14隔开，藉助于相对的橡胶类材料例如泡沫橡胶的柔性悬挂组件19把磁铁组件安装在面板2的两个表层21的内表面上，柔性悬挂组件19是粘接紧固在磁铁组件和面板的各表层21的内表面上。因此，磁铁组件14、15与线圈13同轴安装，并可在悬挂组件19上作轴向运动。

由于磁铁组件与线圈之间的轴向相对运动。换能器9通过振动而操作以把弯曲波发射到面板中，从而引起面板的局部弹性变形。通过增加磁铁组件的质量而加强了驱动效果。

在操作时，至少在高频时，由于磁铁组件的质量与面板的质量相比相对较大，因此，磁铁组件的惯性使得磁铁组件保持稳定，而使面板相对其进行振动。

图4表示移动线圈换能器9的实施例，它类似于图3所示的实施例，它完全嵌入在一个具有面对表层21的芯子22的坚固的轻质分布式辐射器面板2的内部，以把弯曲波发射到面板中。换能器9组成一个模块组件以将其装入面板2中。如图所示，面板2中形成有一个相适应的空腔120，用以容纳换能器9。

换能器包括一个线圈 13，例如借助于一个坚固的粘接小罐(potting)20 把线圈 13 固定在圆柱形线圈架 18 的内壁，线圈架 18 作为换能器的外框，其轴向相对端用轻质端盖 119 封上，端盖 119 可以用任意需要的形式，例如用粘接剂 220 牢牢地固接在线圈架上。采用如图中箭头 ‘A’ 所示方向的运动，该

5 组件安置于分布式面板 2 中的换能器空腔 120 中。借助于粘接剂，换能器固定在空腔中。

磁铁组件安置于由线圈架 18 所限定的空腔 29 中，它包括一对同极相对的磁铁 15，中间用一个极状组件 14 隔开，通过一相对的橡胶类材料如泡沫橡胶的柔性悬挂组件 119 把磁铁组件安装到线圈架 18 的端盖 119 上，柔性悬

10 挂组件 119 通过粘接把悬挂组件与磁铁组件及各端盖的内表面固接在一起。

磁铁组件 14、15 于是就与线圈 13 同轴安装，并在其悬挂部分 19 上作轴向运动。与参照图 3 的实施例的上述方式相同，借助振动引起面板局部弹性变形，换能器 9 操作，以把弯曲波发射到面板 2 中。

图 5a 的换能器的排列 9 包括互补推挽驱动器，其设置在面板 2 的相对侧，

15 以把弯曲波发射到到坚固的轻质分布式辐射器 2 中，这种辐射器包括由相对的表层 21 包住的芯子 22，以引起面板谐振。

在本实施例中，线圈 13 是借助于例如用粘接剂紧固在线圈架 18 的外侧，以形成电机线圈组件，该电机线圈组件用环氧树脂粘接剂 16 的方法紧固在辐射器面板 2 的相对表层 21 中。磁铁 15 由一对磁极 14 包住，其中一个为盘状，

20 其周边被置成紧靠每个线圈架 18 的内缘，而另一个则具有围绕线圈 13 的周边凸缘 162。

固定组件 93 通常具有柱状外形，它设置成很自由地通过面板 2 中孔径 29。固定组件 93 包括相对的彼此互补的部件，每个部件都形成有头部 95，该头部把各对换能器 9 的轴端卡紧，以使驱动器连接在一起。固定组件 93 的

25 互补部件由螺纹部分 160、161 来紧固在一起。固定组件可以用任何适宜的材料例如塑料或金属来制成。

图 5a 中的换能器的排列 9 在孔径 29 附近并不是紧卡在面板 2 上的，而是用紧靠面板孔径 29 处的弹性垫片 17 例如泡沫橡胶来以与如图 3 与图 4 中所示相同的方式连接到面板上，这样，在各个驱动器的组合质量的惯性作用

30 下，换能器操作以把弯曲波发射到面板中。

图 5b 中的换能器 9 一般来说也类似于图 5a 中的情形，不同的是它仅贴

在面板 2 的一侧。这样，借助于例如橡胶的弹性悬挂部分 17，磁铁组件 14、15 就固定在面板 2 的表面上，悬挂部分 17 则粘贴在外磁极件 14 凸缘 162 的周边上。

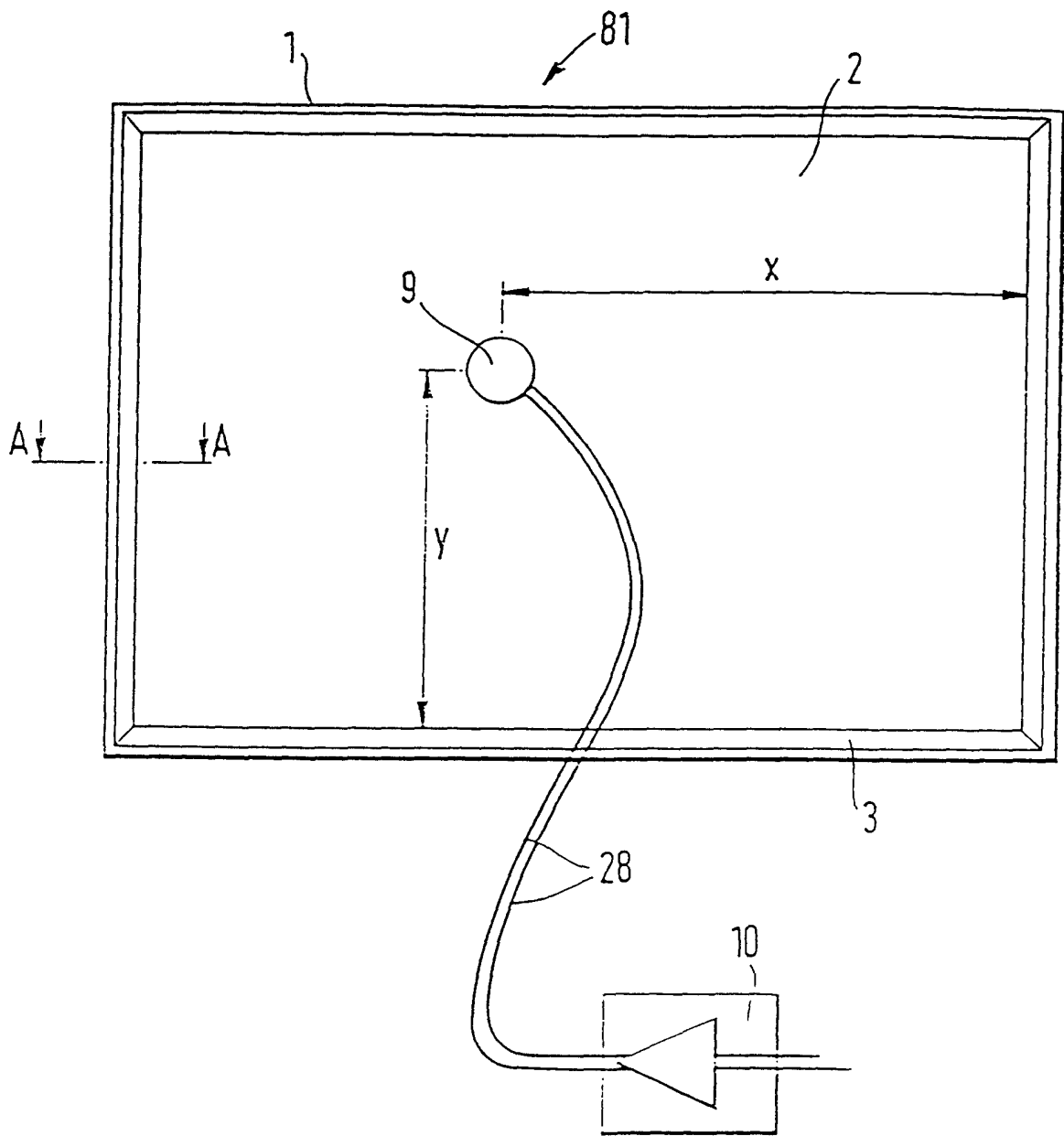
图 5c 显示与图 5b 显示的同类型换能器 9，且很方便地安装在面板表面上。借助线圈架 18 和弹性悬挂部分 17，换能器 9 安装在一个薄的基体上，该基体采用自粘附外层而形成，从而可使换能器安装在相应位置上。

图 6 的换能器 9 是一种低矮轮廓(low profile)的装置，它可以牢固地嵌入分布式面板 2 的厚度中。换能器包括柱状线圈架 18，借助于粘接剂可以固定在面板 2 的相应孔径 29 中。线圈 13 借助于粘接剂固定在线圈架 18 的内表面，以形成电机线圈组件。线圈架 18 相对轴端用例如橡胶一类的盘状柔性悬挂组件 59 来封闭，其每一个在其周边都做成环状波纹体 136，以形成类似于普通活塞式锥形扬声器驱动单元中所用那种形状的卷状包裹物。构件 59 的周边例如用卡紧或借助于粘接剂或用其它适宜的方式来固定在线圈架 18 轴端。在组件 59 中央部分之间安置了磁铁组件，该构件中央部分是由环状波纹体 136 所限定，该磁铁组件包括中间夹有磁极件 14 的一对同极相对的磁铁 15。磁铁 15 的外表面粘接或固定在组件 59 的中央部分上，从而使磁铁组件 14、15 与线圈 13 同轴安放，并能够相对其进行限制性的轴向运动。

磁铁组件借助于盘状屏蔽罩 121 进行屏蔽，屏蔽罩 121 安装在支承在面板 2 上的环状弹性组件 17 上，以防止或限制邻近换能器环绕在面板上的杂散磁场。

虽然在上述换能器实施例中，已表明电机线圈组件固定在面板 2 上，并且已表明磁铁组件柔性地安装在面板上，但应该理解的是，可以相反排列，从而使磁铁组件固定在面板上，而电机线圈组件则是柔性地悬挂。如此，磁铁组件应该制造得相对轻巧而电机线圈组件则应制造得相对重些，这样可以增强驱动效果。

图 1



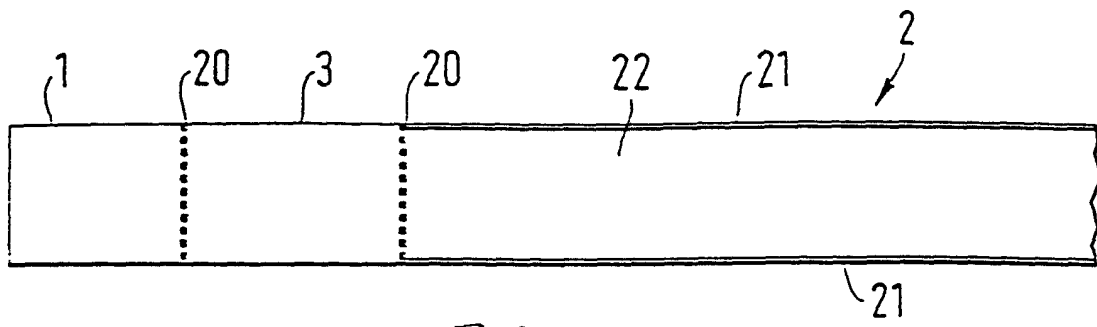


图 2a

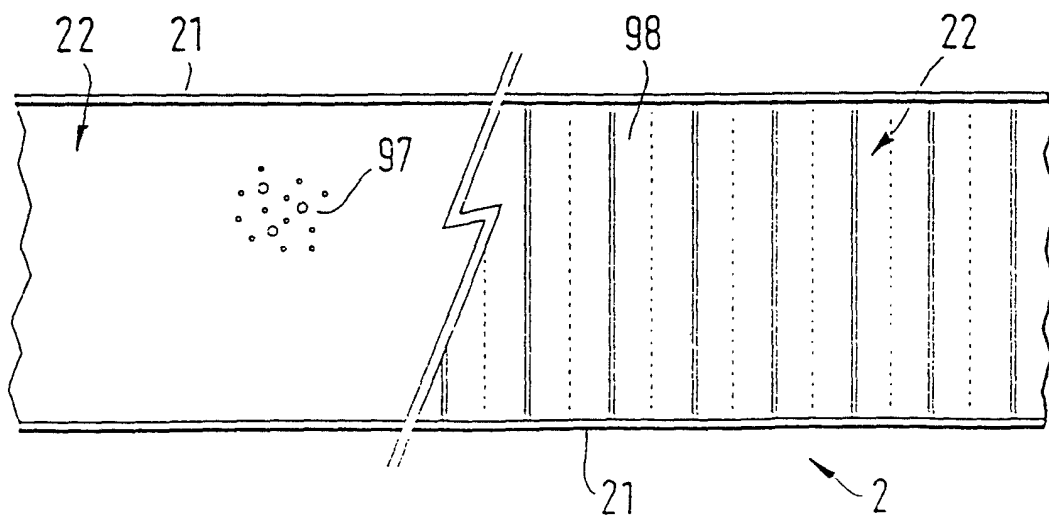


图 2b

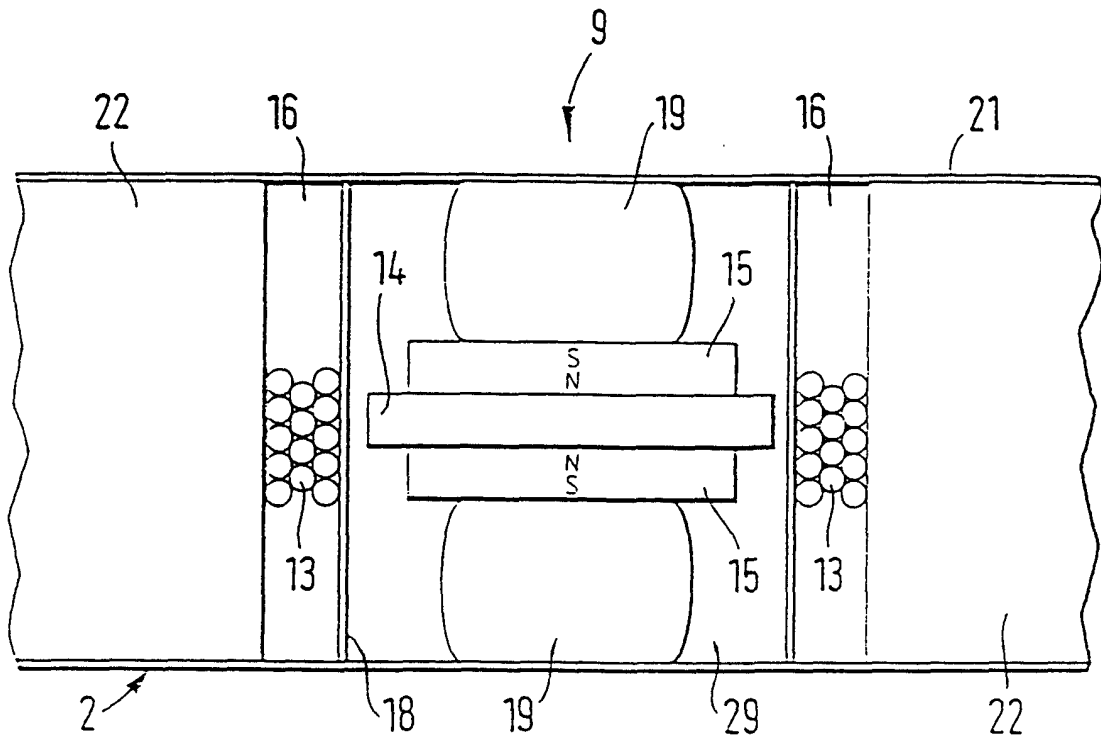
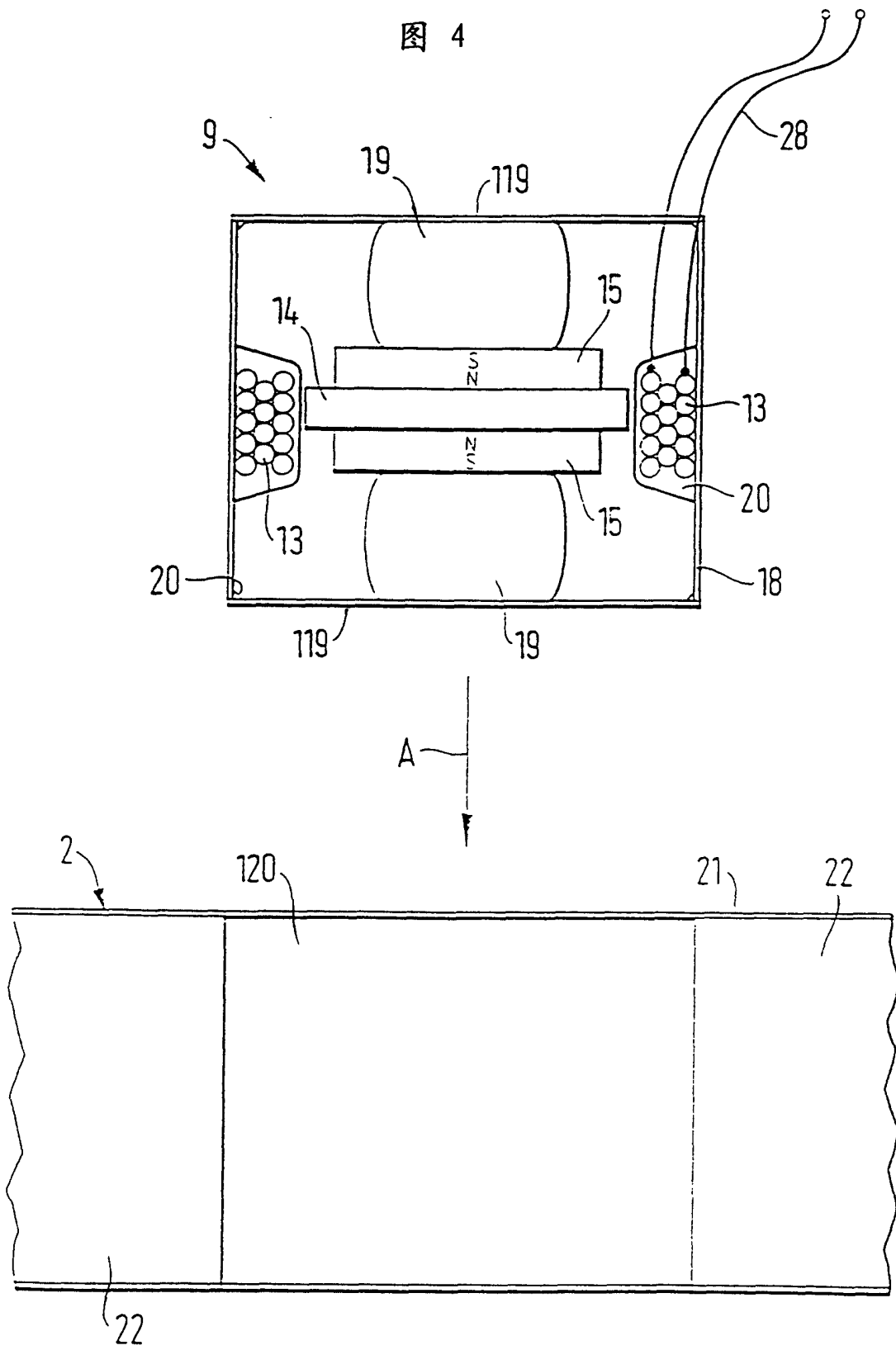


图 3

图 4



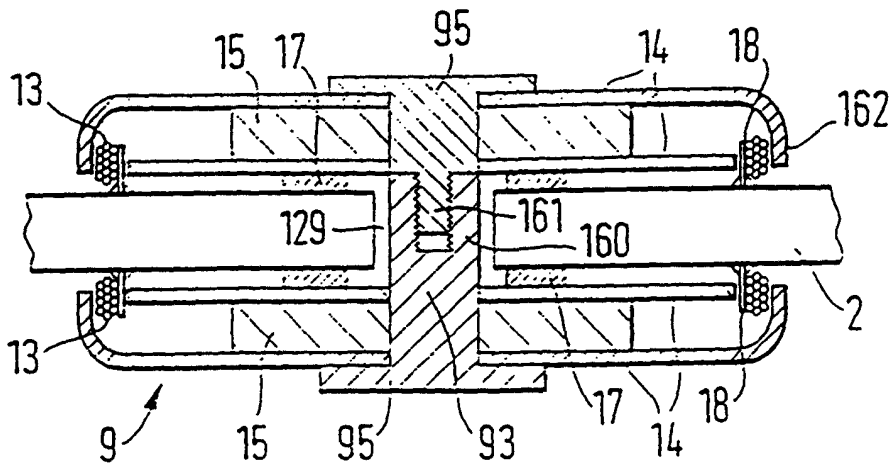


图 5a

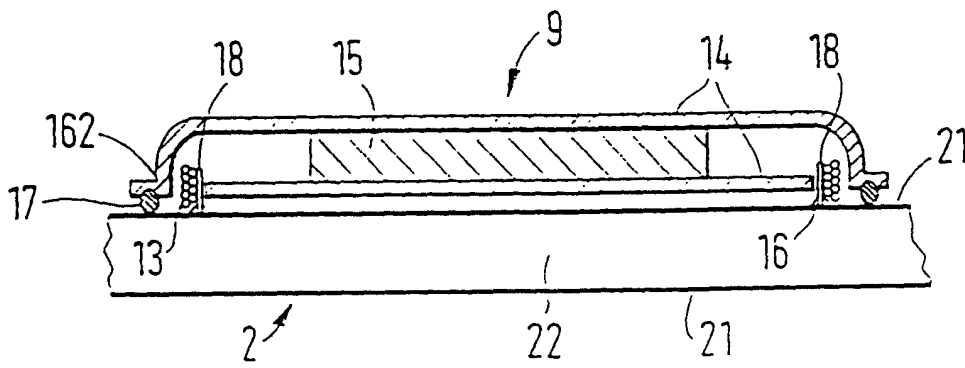


图 5b

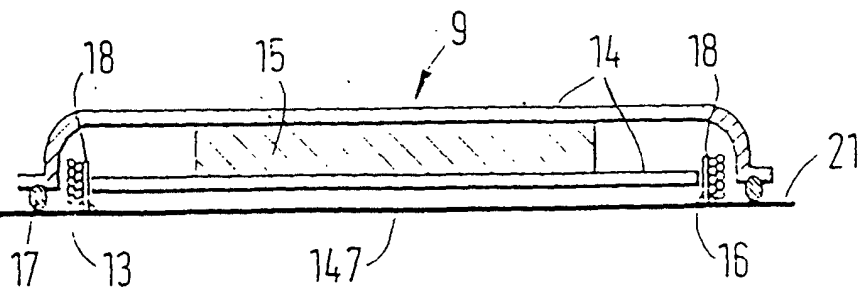


图 5c

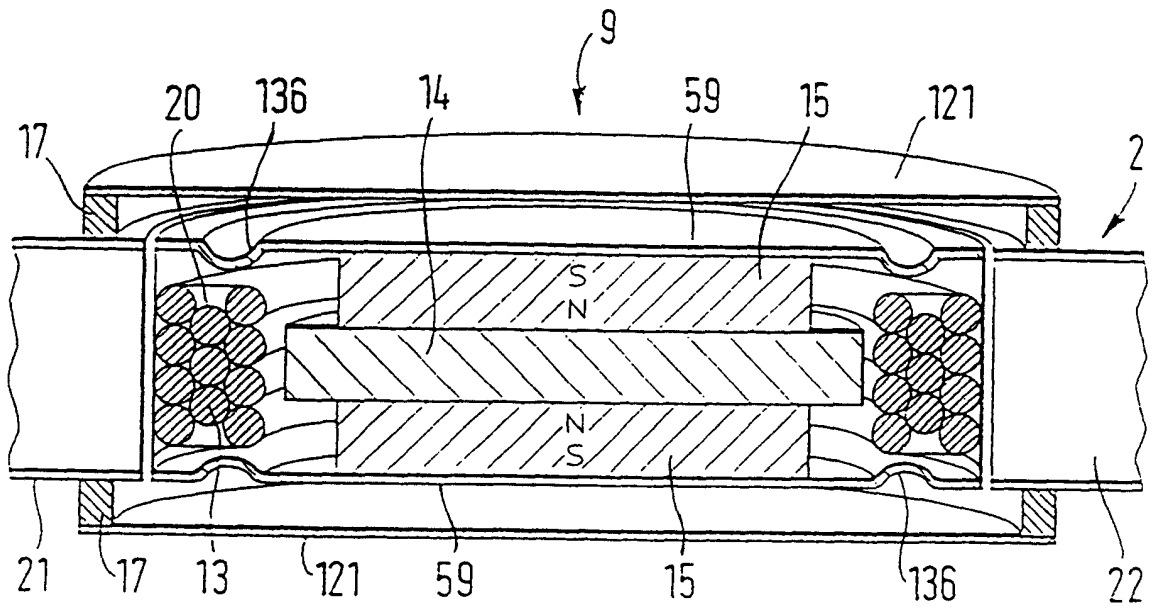


图 6