



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510053198.0

[43] 公开日 2005年8月17日

[11] 公开号 CN 1655645A

[22] 申请日 1996.9.2

[21] 申请号 200510053198.0

分案原申请号 96196687.4

[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

[71] 申请人 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

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

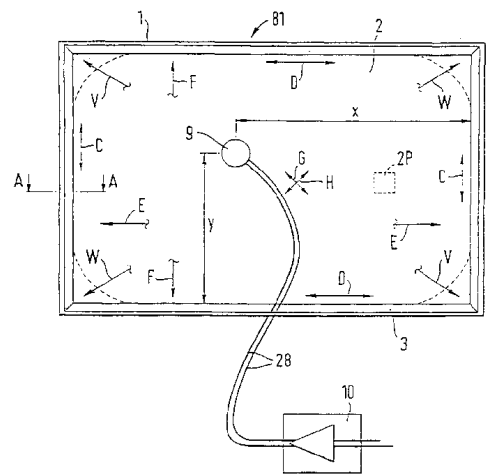
代理人 郭定辉 黄小临

权利要求书 5 页 说明书 63 页 附图 48 页

[54] 发明名称 扬声器以及使用扬声器的设备

[57] 摘要

本发明提供一种扬声器及其使用该扬声器的设备，所述扬声器包括：第一面板状板件，其能承受挠曲波并具有适于换能器部件的位置，以耦合多种低频模式；第一换能器，安装在所述第一面板状板件的所述位置之一处，以振动所述第一面板状板件来引起所述第一面板状板件共振，从而形成提供在共振时输出的声音的声音辐射器。该扬声器不但没有活塞式效应，而且与普遍使用的传统锥形扬声器相比有相同的和更多的使用和用途。



1. 一种扬声器，包括：第一面板状板件，其能承受挠曲波并具有适于换能器部件的位置，以耦合多种低频模式；第一换能器，安装在所述第一5 面板状板件的所述位置之一处，以振动所述第一面板状板件来引起所述第一面板状板件共振，从而形成提供在共振时输出的声音的声音辐射器。
2. 根据权利要求1的扬声器，其中所述第一换能器耦合到所述第一面板状板件的、远离所述第一面板状板件的角的非对称偏心位置处。
3. 根据权利要求2的扬声器，其中所述第一面板状板件是矩形的，所10 述第一换能器定位在对应于用作从所述第一面板状板件的一角起的坐标的、所述第一面板状板件边长的 $3/7$ 和/或 $4/9$ 和/或 $5/13$ 处。
4. 根据权利要求3的扬声器，其中所述第一面板状板件包括具有由相对立的表层夹成的蜂窝状芯的刚性轻质板件。
5. 根据权利要求4的扬声器，其中所述第一面板状板件以环绕物支撑。
- 15 6. 根据权利要求5的扬声器，其中所述环绕物形成隔音板。
7. 根据权利要求6的扬声器，其中所述隔音板形成屏蔽室。
8. 根据权利要求7的扬声器，包括插入所述环绕物和所述第一面板状板件之间的弹性悬架。
9. 根据权利要求8的扬声器，其中所述第一面板状板件与所述环绕物20 是一个整体。
10. 根据权利要求9的扬声器，包括环绕所述第一面板状板件并限定所述弹性悬架的凹槽。
11. 根据权利要求10的扬声器，其中所述第一换能器是惯性的。
12. 根据权利要求1-11的扬声器，包括能承受挠曲波的第二面板状板25 件，以及安装在所述第二面板状板件以形成提供声音输出的声音辐射器的第二换能器，所述第二面板状板件被安装在所述第一面板状板件上的一孔中。
13. 根据权利要求8的扬声器，其中所述弹性悬架使得所述第一面板状板件安装成适于作活塞运动，其中所述第一换能器耦合在所述第一面板状30 板件和所述环绕物之间，而所述第一换能器适于使所述第一面板状板件作活塞式运动。

14. 根据权利要求 8 的扬声器,其中所述弹性悬架使得所述第一面板状板件安装成适于作活塞运动,而所述环绕物为屏蔽室形状,所述扬声器还包括周期性地改变所述屏蔽室中的气压以使所述第一面板状板件作活塞式运动的装置。
- 5 15. 根据权利要求 14 的扬声器,还包括与所述第一换能器一起安装在所述第一面板状板件的两个所述位置处的第三换能器。
16. 根据权利要求 15 的扬声器,包括安装到所述第一面板状板件的所述位置之一处、用以响应由于入射声能引起的所述第一面板状板件的共振而产生输出信号的换能器。
- 10 17. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成悬挂式天花板块。
18. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成视频显示单元的外罩的一部分。
19. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成便携式
15 媒体播放器的一部分。
20. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成电子音乐设备的一部分。
21. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成贺卡的一部分。
- 20 22. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成具有光反射或光发射表面的显示屏幕的一部分。
23. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成自动售货机的一部分。
24. 根据权利要求 16 的扬声器,其中所述第一面板状板件形成包裹的
25 一部分。
25. 一种包括具有光反射或发光表面的面板的显示屏幕,所述显示屏幕包括一板件,其具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能的能力,所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件,而且在所述区域中具有预定的优选位置适用于换能器装置,并且所述板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所
30 述位置上的换能器,以便于使所述板件振动而使之共振,形成当发生共振

时提供声音输出的声音辐射器。

26. 根据权利要求 25 所述的显示屏幕, 其中所述声音辐射器包括具有夹在一对高模表层之间的蜂窝式芯层的刚性轻质板件。

27. 根据权利要求 26 所述的显示屏幕, 其中所述面板支撑在一框架上。

5 28. 根据权利要求 27 所述的显示屏幕, 还包括将面板安装在所述框架上的弹性悬架。

29. 根据权利要求 26-28 中之一所述的显示屏幕, 其中所述蜂窝式芯层是蜂窝状铝箔构成的。

10 30. 根据权利要求 26-28 中之一所述的显示屏幕, 其中所述一对高模表层是纤维增强型塑料构成的。

31. 根据权利要求 27 或 28 所述的显示屏幕, 还包括附在所述框架对边的面板状扬声器, 用以提供左右声道信息。

32. 根据权利要求 31 所述的显示屏幕, 其中所述左右声道的扬声器以铰链方式铰接在所述框架上。

15 33. 根据权利要求 31 或 32 所述的显示屏幕, 其中所述左右声道的扬声器各自都包括一板件, 该板件具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能的能力, 所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件, 而且在所述区域中具有预定的优选位置或地点适用于换能器装置, 并且所述板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所述位置或地点上的换能器, 以便于使所述板件振动而使之共振, 形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

34. 根据权利要求 33 所述的显示屏幕, 其中屏幕是投影屏幕。

35. 一种视听设备, 包括根据权利要求 34 所述的投影屏幕。

25 36. 根据权利要求 35 所述的视听设备, 其中至少一个背后声道的扬声器包括一板件, 该板件具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能的能力, 所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件, 而且在所述区域中具有预定的优选位置或地点适用于换能器装置, 并且所述板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所述位置或地点上的换能器, 以便于使所述板件振动而使之共振, 形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

30 37. 一种具有旅客客舱和装在旅客客舱中的扬声器的运输工具, 其中所

5 扬声器包括刚性轻质板件，其具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能的能力，所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件，而且在所述区域中具有预定的优选位置适用于换能器装置，并且所述刚性轻质板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所述位置上的换能器，以便于使所述板件振动而使之共振，形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

38. 根据权利要求 37 所述的运输工具，还包括在旅客客舱或其形成部分中的成形元件，其中所述声音辐射器与所述元件集成在一起。

10 39. 根据权利要求 38 所述的运输工具，其中所述辐射器包括具有夹在两表层之间的蜂窝式芯层，并且所述外层之一与所述成形元件为一整体。

40. 根据权利要求 39 所述的运输工具，其中所述那个表层与成形元件的整体平均墙厚度相比较为薄。

41. 根据权利要求 39 或 40 所述的运输工具，其中所述那个表层由元件中的沟槽围绕，该沟槽限定用于所述辐射器的弹性环绕物。

15 42. 根据权利要求 41 所述的运输工具，其中形成所述沟槽以增加悬架的柔顺性。

43. 根据上述权利要求 37-40 和 42 之一所述的运输工具，其中所述辐射器和运输工具中的旅客座位为一整体。

20 44. 根据上述权利要求 37-40 和 42 之一所述的运输工具，其中所述辐射器和客舱门衬套为一整体。

45. 根据上述权利要求 37-40 和 42 之一所述的运输工具，其中所述辐射器和客舱内部为一整体。

25 46. 一种包括扬声器的运输工具组件，其中所扬声器包括一板件，所述板件具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能的能力，所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件，而且在所述区域中具有预定的优选位置或地点适用于换能器装置，并且所述板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所述位置或地点上的换能器，以便于使所述板件振动而使之共振，形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

30 47. 一种包括布告牌的可视显示设备，其中所述布告牌是分布式声辐射器，具有整体且独自地安装在其上的换能器，以振动辐射器而使之共振。

48. 根据权利要求 47 所述的可视显示设备, 其中所述辐射器包括刚性轻质板件, 所述刚性轻质板件具有一夹在两层表层之间的蜂窝式芯层。

49. 根据权利要求 48 所述的可视显示设备, 还包括环绕面板的一框架。

50. 根据权利要求 49 所述的可视显示设备, 还包括将面板安装在所述
5 框架上的弹性悬架。

51. 根据权利要求 50 所述的可视显示设备, 其中所述框架具有回折边以隐匿悬架。

52. 根据权利要求 48 至 51 中任何一项所述的可视显示设备, 其中所述表层包括纸。

10 53. 根据权利要求 48 至 51 中任何一项所述的可视显示设备, 其中所述芯层是纸质蜂窝状结构的。

54. 根据权利要求 48 至 51 中任何一项所述的可视显示设备, 其中换能器是压电弯曲件。

扬声器以及使用扬声器的设备

- 5 本发明是以下专利申请的分案申请：申请号：96196687.4，申请日：1996年9月2日，发明名称：音响设备。

技术领域

- 10 本发明涉及用于扬声器中或作为扬声器使用的音响设备，扬声器通常由电信号通过电动设备来驱动或激励，或者本发明涉及用于送话器中或作为送话器使用的音响设备，送话器由入射的声能来驱动，通常产生相应的电信号；或者本发明涉及用于其它音响设备或用途中或者说为其它音响设备或用途所使用的音响设备。

15 背景技术

- 下面是在英国的专利申请：95/17918号为1995年9月2日提交的名为“音响设备”的申请，95/22281号为1995年10月1日提交的名为“音响设备”的申请，96/06836号为1996年3月30日提交的名为“音响设备”的专利申请，本申请要求了这三个申请的优先权，这里，我们把这三个专利作为一个整体结合在本专利申请中。

- 25 广泛使用的传统扬声器利用所谓的“锥”形声音空气驱动元件。这个或每个锥形元件在它较小的一端以活塞的方式被机械地驱动，通常是由一个电磁装置的可动线圈来驱动，这个电磁装置有一个工作上相关的固定磁铁组件，该固定磁铁组件组装在扬声器框架上或底盘上并与可动线圈和锥形组件准确地对齐。对这个组件后部的反相空气激励需要精细的隔音/屏蔽(baffle/enclosure)设计以便在所期望的来自锥形元件前部的声音输出中避免相消效应。天然坚硬的重量较轻的薄材料可以用作这样的锥体，以及在整个工作频率范围内均不弯曲的非常坚硬的合成夹层结构也可用作这样的锥体；甚至特别的从外部硬度降低了的锥形元件也可使用，对这种锥形元件
30 从外部进行降低硬度的特殊处理的目的是随着频率的升高降低有效的辐射面积以便提高声音的活塞效应，包括阻止在高频端变得越来越窄的方向性。

例如通过对不同的频率范围使用不同尺寸/型号的锥形元件和相关的驱动单元,以及合适的电子“跨接(cross-over)”电路可以获得优良的效果,通常所有这些单元都安装在一个扬声器壳体中。然而,其重量大和笨重趋于明显。

5 另外,所产生的声音受到拥有一个或数个锥形元件的声源的限制,这些锥形元件的同轴度不可避免地带来高方向性。特别是在较高频率时;并且声音的响度非常显著地遵守辐射对距离的平方反比定律,仿佛声音是从一个点源中发射出来的。

勿需惊讶,长期以来许多兴趣和努力是针对较扁平的音响元件或薄膜的使用的,这样做的目的是占据较小的空间,希望有较小的方向性,和最好10 是较轻的重量。已提出许多建议。一些人使用柔性材料做成的拉伸的网状物或薄膜把它们边缘夹在框架上,以及用例如,用于电磁驱动的粘合在一起的传导电流的带状物或电线,这个电磁驱动使用了数排大而重的穿孔的磁铁;或者是用来自固定的、穿孔的、和被极化了的电极板的静电驱动的所加的表面导电,这种电极板要求大的高压变压器并使响度受到电压15 击穿的限制。这些拉伸薄膜扬声器的驱动操作本身为活塞式的,并且其趋向成为有不希望的模的“鼓”和在一些分立的频率处有相关的共振,为了有满意的性能需要特殊的阻尼设施。

其它现有的建议是根据使用伸展的或者泡沫状的聚苯乙烯(polystyrene)面板,这些聚苯乙烯的边缘安装在壳体上,此外还主要依赖于活塞式作用。20 商业名称为“Polyplanar”的一个实例是传统的动圈式驱动。另一个称为“Orthophase”的实例有一个排列在它的表面上的磁铁和线圈的阵列,以试图取得单相驱动的效果。正如可以从“加利福尼亚声音高级系统”公司可得到的,还有其它的设想是具有各种形状的扁平表面聚苯乙烯面板,其具有复杂的后肋条和变薄的边缘造形(profile),其有一个传统的动圈式驱动器机构,25 安装在一个底盘上。来自阿根廷的 Bertagni 对粘合在一起的延展聚苯乙烯小珠的方案申请了专利,它表面上根据乐器是如何产生声音的,并要求可变厚度/挠度的复杂的边缘夹固结构,但看得出来它还是主要依赖于活塞式动作。日本的 Yamaha 使用“耳朵状”的厚聚苯乙烯薄膜制造了一个大型的扬声器,这个“耳状”的厚聚苯乙烯薄膜悬挂在它的边缘上,这个大型的扬声30 器带有动圈式驱动器,动圈式驱动器要求一个大的底盘用于安装强大的磁铁设施,这种设备有效地作为具有间隔音能力的巨大实心锥体和活塞式动

作的扬声器。

从某种意义上，这些其它的方案可以作为在具有声音放大潜力的几乎任一面板的简单主题的变型，正像长期以来为人所知的有关放在桌子上的音箱的情况一样。在二十世纪七十年代，这个主题是关于被称作

- 5 “Sonance”(参照美国专利 3,728,497)的自含式电动单元的基础，它可用来自用螺丝固定或粘在几乎任何表面上，包括桌面的下边。勿需惊讶，由于对在粘贴表面/面板上设计控制的缺乏，以及其不好于中等效率，它对于高质量的声音重放是否满意，其结果还不可预料。

10 发明内容

本发明的一个目的是以一种改善了的方式提供一种没有活塞式效应的扬声器。本发明利用共振，从根本上脱离长期并且牢固地建立起来的、认为声音重放的质量关键在于避免共振效应的假设。

- 15 根据本发明的一个方面，提供一种扬声器，包括：第一面板状板件，其能承受挠曲波并具有适于换能器部件的位置，以耦合多种低频模式；第一换能器，安装在所述第一面板状板件的所述位置之一处，以振动所述第一面板状板件来引起所述第一面板状板件共振，从而形成提供在共振时输出的声音的声音辐射器。

- 20 根据本发明的另一个方面，提供一种包括具有光反射或发光表面的面板的显示屏幕，所述显示屏幕包括一板件，其具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能力，所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件，而且在所述区域中具有预定的优选位置适用于换能器装置，并且所述板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所述位置上的换能器，以便于使所述板件振动而使之共振，形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

根据本发明的另一个方面，提供一种视听设备，其包括上述的投影屏幕。

- 30 根据本发明的另一个方面，提供一种具有旅客客舱和装在旅客客舱中的扬声器的运输工具，其中所扬声器包括刚性轻质板件，其具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能力，所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件，

而且在所述区域中具有预定的优选位置适用于换能器装置，并且所述刚性轻质板件具有整体地独占地安装在所述板件的一个所述位置上的换能器，以便于使所述板件振动而使之共振，形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

- 5 根据本发明的另一个方面，提供一种包括扬声器的运输工具组件，其中所扬声器包括一板件，所述板件具有在至少一个厚度方向横向扩展的操作区域中、承受和传播通过挠曲波输入的振动能的能力，所述厚度方向横向扩展的操作区域上分布有共振模式振动元件，而且在所述区域中具有预定的优选位置或地点适用于换能器装置，并且所述板件具有整体地独占地
- 10 安装在所述板件的一个所述位置或地点上的换能器，以便于使所述板件振动而使之共振，形成当发生共振时提供声音输出的声音辐射器。

根据本发明的另一个方面，提供一种包括布告牌的可视显示设备，其中所述布告牌是分布式声辐射器，具有整体且独自地安装在其上的换能器，以振动辐射器而使之共振。

- 15 我们的方法包括使用能够承受挠曲波和从这些挠曲波的作用中产生声音的材料。在两维面板结构中关于挠曲波的作用和相关的共振的分析和计算的一般理论在许多方面的用途长久以来已被人们熟知和理解。为了本文的目的，我们发现有限元分析在分析面板状结构中的挠曲波作用和达到显著有效和紧凑的扬声器方面是特别适合和有用的；这种扬声器包括具有很
- 20 高清晰度/易懂度的宽带工作能力，和非常适合于高质量的声音重放。此外，出现了其它有价值的无源以及有源的音响设备和应用。至少一种表面上吸引人的和可能的数学技术，即统计能量分析，实际上是无效的。

- 尽管没有人评价或预言这里的分析、理解和实际的内容，我们知道几种现有的关于根据挠曲波效应进行声音重放的方案。这些方案中的两种强
- 25 调“符合频率”的重要性，其中在受挠曲波效应作用的面板中的声音速度与空气中的声音速度相匹配。参考美国专利号 No.3,347,335 的专利(Watters)，一种方案建议了一种合成结构的轻质坚硬带状元件，当这种元件被夹住时它被激励，使得被特意控制的实质上的单轴挠曲波在一个特定的频率范围内被产生出来，在这个特定的频率范围内仔细地设计面板使声音以不变的速度
- 30 传播。其具体目的是产生一个高方向性的声音输出，并只在符合频率之上才运作该带状物，其典型频率范围为 700Hz 到 2KHz。据说一种变多的剪

切特性能够帮助满足恒定声音速度的迫切需要。

参考 WO 92/03024 的专利申请，另一个方案特别地图示和描述了一个一米见方的完全由铝合金制成的扬声器面板，其在表面板(facing sheets)之间有一个蜂窝状的芯层，它在所有的方向上有极高的硬度。这个面板要求以自由的无阻尼的方式被安装在一个支撑物上，并且这个面板被显示出在一个角落上由一个振荡器装置被机械地激励，这个振荡器装置被牢固地安装在这个支撑物上，产生往复运动。只有受限制的工作声音范围被表示出来，据说适合于象扩音系统那样的应用；并且其工作再次被完全地限制在符合频率之上。虽然对声能转换表现出非常高的机械效率，所描述的面板非常坚硬以致难以驱动，它需要一个非常大且笨重的动圈驱动器。事实上，从电输入的观点来看，整个效率甚至小于用于传统的扬声器的效率。此外造价也非常昂贵；而且相当笨重，特别是带有它的支撑架。这个方案的工作频率范围的限制得到了证实，并且首先表现在不能获得实用的扬声器，甚至在扩音系统的应用中也不能使用，在这种扩音系统的应用中能够接受受限的声音重放的范围/质量，但期望/要求有相当低廉的单元。

然而，正如上面所概括的，我们自己在理论和实践上的研究和发展揭示了设计和操作作为性能良好的音响元件的面板的方法，这种性能良好的音响元件可以有令人吃惊的宽频覆盖、显著的声音分布和响度能力，包括很低的或几乎察觉不到的方向性和关于响度的减小的邻近效应。的确，当被电能-机械能的换能器适当地驱动时，对于很大范围的应用，一个大范围的轻型扁平或弯曲的扬声器可以被生产出来，对其中的一些应用这里的这种扬声器似乎是唯一适合的，而无论是否有宽频覆盖，可以再次注意到，其它的音响设备产生了非常新颖和有用的特性，这在以下将明了。还应该注意到，与其它的数学技术相比，具体是统计能量分析，即有限元分析的使用，至少正如被我们所应用的，揭示了正如 WO 92/03024 所述的频率限制的理由的结构问题和其驱动装置的糟糕的设置是一种不合适的选择。

从本质上，我们的研究回复到探寻一种现象的声音本质的基本理解，按这种理解，任何主要沿着它的厚度的横向方向延展的和具有挠曲波效应的板件都将有一个特征的、复合的、和固有的挠曲波振动。特别与声音有关的是在与这种特征的、复合的和固有的挠曲波振动有关的该板件的固有基频相关的频率上的共振模式的贡献。每一个这样的共振模式贡献一个特

定的挠曲波振动的成分，其范围覆盖在振动最活跃的分区和振动不活跃的分区之间的该部件的所述范围，最活跃的分区和不活跃的分区分别对应于“波腹”和“波腹”(称为“死点”)。我们发现，来自固有共振模式全部的挠曲波振动成分的组合通过在分区的叠加和群集导致波节和波腹的组群，在这些

5 分区上形成了实质上有或多或少振动的挠曲波活动的区域，这种波节和波腹可以被分别认为是“组合的波腹”和“组合的波腹”。可以确信，大多数这种板件具有差的声音性能，特别是在被 WO 92/03024 有效地排除的频率范围，即在符合频率往下一直到所考虑的该板件可能的挠曲波振动的最大波长或基波波长的较低频率。

10 然而，正如上面所预示的，进一步通过仔细的分析和有序的设计，我们已具体地确定了一些这样的板件，当把它应用在扬声器中时通过以很好清晰度重放极宽音频范围，如何在性能上大大地优于 WO 92/03024 中所述的技术。的确，这种部分的声学特性可以被组织得很好和/或被设置得很好，可以看出这些板件本身可以用作以下目的无源音响设备，如提供混响、声

15 音滤波、或调整/改变，或总的改善室内等声学特性。

当然，对于弦乐器来说，例如钢琴和小提琴家族，发声板是众所周知的。这种发声板的成功制作是非常古老的，它们不变地、有效地且刚性地被固定在边缘上和/或被夹在中间。迄今为止，更得到好的/可以接受的结果很大程度为“魔术”般的功夫，包括相当复杂的形状并且一般是典型地通过使用

20 相当复杂的经过证实的模板来基本上是实用主义地获得。的确，即使到现在，最好的结果一般是由技术高超的工匠通过手工的方法制造出来。这与这里将要提出的很容易完成的制造工艺形成强烈的对比，这里要给出的东西包括通过很高实用价值的技术的直接应用，基本上为独立的或自含式的设备，其包括那些可以是或可以包括非常简单的类似面板结构的东西。

25 实际上，对传统的发声板提供比较简单的替代品，特别是正如这里所做的所计算的和有序的设计，被视作为本发明的一个方面。

从根据对声音挠曲波作用的深刻完善的解释和理解得到的原理的分析和实验中，我们现在能够提出的计算和有序的设计的准则是基于取得与所述板件中的共振模式相关联的挠曲波振动的有利分布。甚至对于所述部件

30 的简单形状，通过本发明也能获得这些改善，这些板件满足适当地考虑了与挠曲波作用相关的实际物理参数的定量标准，下面作进一步的叙述。此

外，对于任何相关的换能器装置来说，非常有效的位置和其它标准在这里得到发展，见下面进一步的叙述。与这里的本发明相关，术语“换能器装置”可根据需要包括单个或多个换能器，以及可以是用来激励挠曲波的换能器的任何类型和结构，无论是后面要作特别描述的电磁型的或压电型的，
5 还是象磁铁伸缩型那样的其它类型。

此外，所期望的或所要求的边缘振动效应的有效控制通过边缘构造 (framing)容易地得以实现，这种边缘构造简单地由该板件本身来实现，甚至在某些情况下，仅仅依赖于将边缘固定或依赖于一个表面；和选择性的阻尼可能被施加到在所述板件的工作区域中的局部中间位置上。边缘构造可以
10 是选择性位于影响在感兴趣频率上的共振模式的位置上，但更加通常地是边缘构造是完全的，尽管也许用到中间阻尼材料的选择性增强。然而，一般说来，这种中间阻尼材料不应该是夹住边缘阻止所期望的振动效应，而是应该至少是轻接触，其具体的要求在任何产品设计的最后定稿中有必要逐件地确定，但是一般说来并不非常重要。边缘阻尼的要求或对边缘阻
15 尼的要求将依赖于这样一些因素，例如测试性能确保在所期望的操作中“鸣响(ringing)”的避免，该板件的材料和尺寸大小，还包括振动能到达的边缘。选择性的中间阻尼还将位于与感兴趣的频率相适应的表面位置上和/或通过附着的阻尼和/或硬化材料的手段，这种材料的线度是与感兴趣的各频率的波长相对应的。

回到我们的研究和发展工作中，作为一般性考虑，在所述的板件中差的声音性能表现为受到在板件的横向范围中上述的波腹和组合波腹的存在和分布的影响；和/或者相反，即受到所述波腹和组合波腹的间隔和分布或扩散和/或组合波腹的复杂性的影响。作为本发明的一些方面，我们发现固有的良好声音性能或效应来自于仔细地减小，最好是尽量接近实际消除组
25 合波腹的发生；和/或者相反，来源于在该板件的所述横向范围上更加均匀地分布波腹和组合波腹，最好是达到或接近尽可能均匀。至少在/对于在声音频率范围内的应用的本发明的实施例中，要特别注意在频率比在 WO 92/03024 中所考虑的感兴趣的频率要低的共振模式。可以发现，在实际工作感兴趣的更宽的频率范围中把注意力集中在较低频率的共振模式中是非常有效的，甚至集中在它的频率可能低于一个感兴趣频率的高起点
30 (high-starting)的共振模式，即对于板件中的固有挠曲波振动来说，更接近或

尽可能接近最低的频率，或者概念上的基频。在实际的材料和结构中挠曲波速度随着频率的正常变化在这里的板件中完全被接受，并没有发现什么问题。

作为本发明的一个方面，我们进一步发现换能器装置的最好位置是在与一个或多个所述的组合波腹相耦合的一个或多个位置上，由此，在感兴趣的工作声音范围内所述较低频率的共振模的许多个 - 最好把这个数字考虑为实际的最大值或最佳值，进一步最好是全部 - 有振动活跃的波腹，这些波腹可以是用位于一个使用两个或多个所述位置的组合的多个换能器的方式，其用与在相关位置上的共振模式振动相关的尽量互补的方式是有利的。这些位置不同于所有已知的现有技术，发现这样的位置在使用上的优点甚至超过了具有所述波腹和组合波腹的优选有序分布的所述板件。

一个有用的实际标准，和与所述板件的优选分布所述波腹和组合波腹相关的本发明的一个方面，是对于感兴趣的固有共振模式的频率有更为均匀的数字序列或分布，最好是在或接近可用的最好位置，用于寻求减小或避免过份接近的组群(grouping)和/或奇异的或不等的间隔(spacing)或差值，主要是采用从通常产生不满意的声学效应/性能的情况中选择，或指定和使用所述板件的相关参数，这些参数减小指定固有共振模式的频率的间隔的群集和不等性，以朝着好的或改善了的，特别是更加满意或至少更加让人接受的音响性能的方向发展。在共振模式的频率中的变化，其顺序中的变化，可以对所述板件的不同相对尺度产生，但这是容易地计算出来和加以考虑。一般说来，对于与不同的概念上的基波相关的共振模式来说，这个标准/方面在这里视作有关共振模式频率的“频谱交错(interleaving)”。

另一个有用的标准，和与这里的该部件的所述横向范围的形状和尺寸选择相关的本发明的一个方面，和“工作中”音响设备的换能器的定位一起，是关于各挠曲波在相对于换能器装置和板件的反射边沿共振模式频率处的传播时间的仅仅一小部分和有序分布的客观需要，包括考虑到声音的速度，即代表性的挠曲波，它是频率相关的，而不管是否在优选的夹层型分层结构中，进一步请看下面的描述。在包括两次边沿反射的相关的完全横过所述部件之后，在换能器装置处返回的这种共振模挠曲波的接近有序的到达，即正好不相符合，对于在该板件的整个区域上挠曲波效应的建立的迅速扩散或增强是有非常好的效果的。

在这里可以假定和想像一下，板件至少在板件的特定的工作区域上越接近固有共振模和相关的振动挠曲波效应的大致的均匀扩散或分布，板件的声音性能将会变得越来越好。事实上，迄今为止，取得的成就总的说来还是相当少，尽管在其音响结果方面已给人留下深刻的印象。的确，这里
5 的一些进展作为一种选择可以或多或少地被采用，至少在这里换能器的定位、设计和安装技术可以有非常有用的应用，即使是在不考虑改善共振模的分布和局部复杂性(complexity)的情况下。

此时，可以相信，回顾一下两个现有的专利说明书是非常便利的，它们首次发表在本申请的优先权日之后，这或许是因为发现把本发明应用到
10 使用压电效应的换能器的扬声器中是可行的，并且通常是有利的。尤其是，WO 95/31805 和 WO 96/01547 两个专利申请涉及通过压电效应驱动器电路的方法的扬声器设想，无论是被应用到膝上型计算机的面板上或被应用到光盘播放机的折叠板上，或在视频显示单元的外壳内或计算机磁盘驱动器
15 的外壳内，或被应用到轻质聚苯乙烯板上，还是作为一个安装在其它表面上的添加型声音单元被提供。其优选实施例的描述显示了本质上中心定位的成对压电驱动板：并且许多是由这些东西组成，例如相关的膝上型电脑盖的空腔，和其它特定的包括一个特定的三角形截面的优选扬声器壳体的三维壳体；还包括为避免面板共振而提出的各种步骤。这些后面的步骤很明显仅仅起到某种特定的作用，或具有“边试边看”的性质，包括如同发现是
20 有效的和在发现是有效的地方添加阻尼和加硬化带状物，直到正弦波扫描测试显示不必要的振动/共振已经停止为止。与这里的技术相比，看不出在由面板中的挠曲波效应产生声音所涉及的过程在数学和物理上有任何有意义的理解；也看不出对于好的声学性能从有序的面板设计和换能器定位等所作的贡献。至少大部分成对的压电电路被应用到象这里那样不具有挠曲
25 波效应能力的表面上。还不清楚比关于上面提到的更老的特意地和固有地要粘贴在任何表面上的活塞型的声音驱动器单元的情形涉及多得多的东西。可以肯定，这些现有技术文件的内容似乎从盒子的空腔体积中看到有利的贡献，通常伴随着要通过减小共振来解决的问题。因此那些东西遵循过去的一些假设并完全与本发明相反，在本发明中共振是被正面地确定/提倡的对于面板本身的有用的声学性能/效应的基本机理，包括以有序的方式
30 进行最优化/最大化；而且还与有益的经过仔细设计的电磁换能器的预先确

定的非对称定位相结合而正面地得到应用，这些电磁换能器包括动圈式以及压电型的。

我们已经得到的理解导致了许多方法的和许多观点，在和从这些方法和观点中，就本发明本身而言和与已知的现有技术相比而言，本发明在许多方面是有创新的和有特点的。请参见所附权利要求，特别是代表本发明从这样一些方面中的选择的独立权利要求，虽然从以下描述的内容中将清楚，仍然有许多和其它的变型，包括一般的和具体的。

我们的基本研究和开发与本发明的实际应用有特别的关连，现有作更加详细的描述。

许多因素实际上或潜在对对挠曲波效应产生贡献。因此，也影响着与这里的板件中固有共振模式相关联的振动波节的频率和分布等。在板件中影响实际的挠曲波效应的相关材料的参数，尤其是影响挠曲硬度、切变等的参数在所有方向或至少在感兴趣的特定方向均保持为基本相同，如同对于这样的板件首先做的那样，已经证实板件的形状和线度(dimension)对实现本发明的创新各方面和获得实用的设备的实施例产生具有巨大价值的特别有意义的贡献。

这种对于任何特定的形状而言的线度主要是通过它们对确定板件的可能的实际挠曲波振动的最低固有频率的固有贡献，甚至对于固有共振模式的相关频率有效地作为不同基频的概念化频率的固有贡献，包括由于通过所考虑各线度的方向的角度关系，来起作用。

至于形状，特别是关于定义几何参数的相关值的比例，首先证明了对考虑简单的几何形状 - 特别是由长方形作为边界的板件，或者由闭合的锥形截面，即椭圆为边界的板件 - 是有用的；以及在上文提到的在所有方向板件的挠曲硬度基本上各向同性的所述板件中，或者至少在平行于长方形的边长方向几乎是相同的或在平行于椭圆或超椭圆的长轴和短轴方向几乎是相同的板件中，这样做也是有用的，尽管下面将进一步描述各向异性的影响和作用。

对于一个长方形形状，发现有特殊的实用价值的首次人工构造涉及与固有共振模式相关的振动波腹和相关的波腹的分布，这从理论上来说，当单独考虑时，是出现在其边长的每一个的不同长度上，这种单独考虑就是每个边作为挠曲波效应的单一的轴，就发象在该板件中没有其它挠曲效应。

一个如此过于简化的模型却能得出任何有用的结果真让人感到十分惊讶。然而，从数学上，包括通过市售的数学软件包进行计算机模拟，产生表示这样的人工理论的数据是很平常的。因此，对于任何的线度值，和对应的关于在不同位置或基本分区上振动能的图案，基波和固有共振模的频率都可以被计算出来，这些不同的位置或基本分区是在所考虑的板件的横向范

5 围中，这些图案对任一个模式被单独地产生出来，包括有用地表示在表格/矩阵中，或者用图形表示出来。对于相关共振模式的这样的个别图案可以作为理论上单轴的固有挠曲波效应的至少一部分的复合图案的成分而按需要地被叠加，这个理论上单轴的固有挠曲波效应将有振动较/最活跃区域和

10 振动较不/最不活跃区域的互补分布；并且根据为这里目的而证实的有效性，提出了对于这样的要叠加的模式的选择，以及由此要考虑的理论上单轴的固有挠曲波效应的各个部分。这样的复合图案产生被用来寻找相互正交的

15 相关的线度值(对应于长方形形状的不同边长)，对于这些值，各个所述的复合图案，正如理论上被叠加的，在所考虑的复合图案之一的振动较/最活跃区域和所考虑的复合图案的另一个的振动较不/最不活跃区域之间，和反过来的情况，将产生至少一些有用的“匹配”度。

可以看到，虽然通过显然是人工简化/理想化的近似，这个匹配可看作是减小符合的目的，否则这种符合将会对没有采用这里的技术的板件或面板的前述的组合波腹产生影响。此外，至少在我们的近似的限度内，可以在任何可以获得益处的范围内寻求这种匹配，包括最大地或最佳地减小或

20 减少对组合波腹的这种理想上的影响。对于有关的两个复合图案来说，所选择的共振模式频率能够，并且最好是，包括在或对于所期望工作的声音范围内的感兴趣的或相关的较低级次，正如上面所指出的那样，如果有益甚至可以包括比其更低的级次。

25 理论上，也许最佳的匹配应该对于我们的上述构造的尽可能多的共振模式和对应的复合图案来寻求。实际上，及如同对上面模式频率交错所应用的，从把注意力个别地和集体地限制在共振模式的特定的所述较低级次中获得非常满意的结果，比如说为最大化或最佳化匹配直到每个概念化基

30 频的第三级次(对二维的所述板件的所述横向范围而言总共有九个共振模式)，最好是直到至少第五级次(总共有二十五个共振模式)，也许直到或超过第七级次。正如后面使用有限元分析法所做的，较好的模拟通常将显示

其它共振，包括对对角线方向产生影响或贡献的最佳模和/或非挠曲波模，这些模是对于这种近似结构的考虑是附加的。在成功的实际发展工作中，在这些匹配例程中所考虑的共振挠曲波模在连续进行的频率上作为一个单独的组合序列加以考虑的，这些连续的频率从作为关于长方形的两个边的基频来处理的概念化频率直到超过二十个，通常是三十个或更多，最好至少二十五个。结果表示对于高频共振模来说表现出满意的完全依次发生的有序性、扩散和声学效果/性能方面均非常满意。

在实际中令人感兴趣和有价值的是关于长方形形状的两边长度的特定的长宽比，而这个长方形具有作为有用地广泛应用而出现的各向同性挠曲硬度。这样最佳的和最有用的长度比之一是偏离正方形大约 13.4% (超出两边相等的部分)，具体是在 0.882 或 1.134 处；并且我们早期的许多发展工作都使用了这个数值。然而，已知另一个可能有价值的长宽比是在偏离正方形大约 37% 处，尽管最低的共振模的至少一部分的阻尼控制可以是特别地推荐的/有价值的。还有其它可行的长宽比，至少如果较低效率是可以接受的，无论其是否相当地有效，或是对于特定的应用/设备和相关的所期望的工作频率范围仅仅是判断为可接受，或者(或在特定的扬声器设备中)在一个折衷的基础上来利用，这个折衷的基础包含最小化共振模的不必要的频率对声音效果/性能的影响，它也许特别地是在所期望的工作频率范围以下，进一步请看下面对换能器装置位置的考虑。

应该非常清楚地看到，包含组合图案的叠加的上述结构不能作为在任何特定的所述板件中的实际固有挠曲波振动的一个真正表示来使用，只能作为一种被发现有实用价值的近似。在任何所述板件中的实际固有挠曲波振动将是非常复杂的，使该结构的有效性让人感到十分惊讶。因此，在这样一些主要的概念化的与基频相关的挠曲波效应之间一定存在着相互作用的效应，正如在上面的结构中对基本上长方形形状的两边的长度和方向所做的理论上的考虑，包括对于一边的局域挠曲影响另一边；还存在有通过反射和阻尼方式包括的边缘效应，其进一步对振动较/最活跃区域或组合波腹的整个横向挠曲波振动和分布产生影响。当这样的效应普遍地被期望是有帮助的和/或对共振模的各较高频率影响较小时，这些较高频率对板件的所述横向范围必然有比较高的个别波节分布，我们进一步确认了特定的不必要振动和/或振动的加强可以通过所述阻尼来处理，即作为整体的或选择

性边缘阻尼和/或在所述范围的相关位置上选择性的局域中间阻尼来处理。

然而，已经发现有一种效应，将它考虑在内是有益的，至少可以作为有用的改善，这就是，对于一个基本上长方形的所述板件，与之相关联的各共振模式是对角线方向的。可以确信，对共振模式的所期望分布(或多个分布)的至少主要有用的影响可以通过对长方形的角进行剪切或修剪或圆角而得到帮助，或者成形为这些形状而得到帮助，尽管下面进一步考虑挠曲硬度的各向异性。至于结果的形状和横向面积的减小对这种改善的考虑的可看出的实际的限制自然地归因于接近于一些其它的可分析的形状，例如超椭圆或至少是规则多边形，譬如说最好不要把对角线长度降低到超出较大或较小边长。进一步，可以看出，有用的，尽管不是必不可少的进一步改善是把角剪切或修剪得不一样，至少是对于不同对角线上的角这样做，无论对每个角的不同程度如何，即从一个产生一个与上面关于边长的“匹配”相类似的“匹配”(对于对角线相关的共振模式)的相互关系，并且也许进一步与边长的匹配比率相关，或有效地延续或互补或有用地复合边长的匹配比率。在实际中，只对一条对角线进行有效变短可能就足够了，即是对于最终的变短到对角线全长和较长边长的长度之间的每一端，对于依次递增的数值来说，最好是在或接近保持或重复上述的最佳长度比上获得边长和对角线长度的级数(progression)，方便的做法是通过长度差的基本上的均匀性或直线长度的关系来完成。一个所述长方形板件的仅对一条对角线进行的满意缩短，至少对于挠曲硬度的各向同性被理想化的情况下，可看到对应于上述的大约 13.4% 和大约 37% 的长宽比，分别简化为大约在 15% 和大约在 10%。

前面所述的结构，包括产生/使用用于选择的固有共振模式的对于一般的长方形板件的不同边界限制的每一边的理论上单轴挠曲波效应的数据；和/或作为复合的各个图案的累积性叠加；和/或这样的复合图案的组合，以便确定可行的各边的各个长度和/或比例(多个比例)，以按要求减小组合波腹和/或有效地将一个的波腹或组合波腹置于另一个的波腹或组合波腹处，这些内容提供了本发明的一个方面和/或组合的几个方面：正象在感兴趣的频率范围中频率较低的共振模的被选择的级次的一个或数个中所做的那样。的确，对于一个所述的板件的其它形状和其边界限定或形状限定几何参数，以及相应的结构而言，可以看到可以有更广的发明的应用，所

述结构是关于在特定方向或轴向的至少理论上的基频和相关的共振模式，这里的特定方向或轴向不需要相互正交也不需要直接与这样的几何参数相关，例如，对于象不等边的四边形或规则的或不规则的多边形或平行四边形那样的直边形状，或象圆锥截面或带有可变径向开槽的圆形，或具有指数因子以及长/短轴比例的超椭圆(见下面)那样的曲边形状；或者是这些形状的组合，事实上这可以是除了宽度太窄而难以支持有用的二维共振模式的复杂性的构件之外的任何形状。

当然，从其它更加成熟的数学技术例如 FEA 来看这样的推广是可行的，这种可用的数学技术，包括计算机程序包，是非常有用的，并且这样的推广允许包括和根据可以识别的作为原因的共振模式的整个固有挠曲波振动的实质上的全面分析，并产生相关数据，包括，从边界形状的适当界定来画图，以检查和控制有利的频率交错和/或在振动较/最活跃的波腹/组合波腹和振动较不/最不活跃的波腹/组合波腹的分布中进行图案匹配，以得到所希望的共振模式的更加均匀的分布，由此至少要减小组合波腹。

根据两个或数个几何参数中的一个或数个的变化，使用一个表格或矩阵的方法，这样的检查和控制可以是非常便利的，这个表格或矩阵的内容是所述横向范围的基本分区的各个网格(grid)的振动能量值，特别是采用随着参数的变化而发生的变化，最好作为这种参数的一个或多个比率。对分区的能量求和还一般将给出所需要的信息。

进一步，在这里本发明的进一步方面的提出是针对作这样分布的，即网格相关的能量求和，来作为取得最大的或最佳的或可以接受的与所述板件的横向固有共振模相关的振动波腹/组合波腹的分布。

现在转到具有挠曲波效应的板件的椭圆形状，同样首先考虑的是至少在它的长轴和短轴方向或所有方向上普遍地具有挠曲硬度的各向同性，有关的固有挠曲波振动包括由抛物线的和/或有角度的成分贡献的共振模式，这些成分来自边缘的曲线化并经过长轴和短轴。长轴和短轴被发现是特别有意义的，特别是它们的比例。对于真正的椭圆形状长轴和短轴的实用比例已经被确定在大约 1.182，还有一个可行的替代值(有意思的是这类似于上面关于长方形的情况)大约为 1.34。

值得指出的是超椭圆有效地包括在真椭圆的长轴和短轴之间从外部变形该真椭圆的曲线状的边界，这种变形进行到这种程度，使得产生的形状

近似，即看起来相当类似于上面描述的一个长方形形状的使对角线变短的角部处理的曲线化，进一步请看下面对定位换能器装置的描述。在以下的相关的定义边界函数中有一个由指数因子 $2n$ 以及长轴和短轴 a 和 b 和它们的比率 a/b 表示的附加变量：

$$5 \quad (x/a)^{2n} + (y/b)^{2n} = 1$$

该式导致两种可能性，即对任何特定的值 n 确定最佳的长/短轴比例 a/b 或对于任何特定的比例 a/b 确定最佳的 n 值。直到本申请提出的时间我们处理的例子是对于 a/b 和对于 n 均在 1 到 2 之间(即对于 $2n$ 从 2 到 4)；这样的处理再次适用于挠曲硬度各向同性和在简化的等面积条件约束下的情形。令人感兴趣的是，对于 a/b 的值为 1.1 似乎结果并不好。然而，数值 1.15 是一个很好的值。即

对于 $a/b=1.15, n=1.9$

对于 $n=1.8, a/b=1.13$ 到 1.22 或 1.32

表示在 n 和 a/b 的实际的相互关系上存在有利的扩散或容限。此外，对于 a/b

15 其值 1.4 代表一个可行的替代值，即

对于 $a/b=1.4, n=1.37$ 到 1.40

大量的，但不可少的例行处理是对 n 和 a/b 的其它数值的处理工作可以导致其它可行的可能性，并且无论是更象上面第一次给出的实例还是下面将进一步讨论的实例， n 和 a/b 合在一起的共同最优化可以产生一个或多个特别有利的超椭圆形状。

一个所研究的组合形状是基本上超椭圆型的部分和基本上真正椭圆部分，其用一个大约 1.1-1.3:1 比例的有利的(favouring)所述椭圆部分的共用长轴合并在一起，和有一个相对于宽度大约 1.2:1 比例的有利的所述长轴的长宽比。

25 令人感兴趣的是，已经确认，在长方形的两边和椭圆的两轴相等的通常限制的情况下，即对于具有各向同性的挠曲硬度的各个正方形和圆形形状来说，它导致板件具有明显较差的声学效果或性能，尽管后边关于换能器装置定位的技术已经发现对成比例的形状而不是象上面所优选的形状，包括圆和正方形，有一些有用的益处。然而，对于作为特别有价值的和有利的音响设备或单元的所述板件来说，可以看到迫切要求的和作为本发明的一些方面的在于有不规则性/不等边性(关于形状)和非对称性(关于下面换

能器装置的位置); 还在于有至少二个产生固有振动的不同的概念化频率的成夹角的轴/方向或长度, 包括对于有这样的轴/方向或长度的形状。其两轴之间并不必是相互之间要成直角, 例如象长方形的对角线那样, 以及一般可应用到, 例如, 其它四边形的边和/或对角线上或边和角和/或顶点对顶点的直线上, 并且还在于对于基本形状类型的每一种, 在各概念化频率之间有一个或多个预先确定的关系, 这种关系导致共振模式频率的有利交错和/或那些将对于其它线度等关系构成组合波腹的东西中的至少一些 - 最好是尽可能的多的“填充(filling)”。

有意义的是, 已经进一步确认, 与上面具体提出的相比, 通过定义参数的不同的相对值或比率, 具有形状变化的所述板件可以在一种一般的等效的方式中得到应用。因此, 上面的分析, 包括该结构, 对具有任何特定的各向异性的挠曲硬度的板件可同样地应用, 挠曲硬度的各向异性是指沿着长方形的长边和宽边或平行于真椭圆或超椭圆的长轴和短轴的方向有不同的挠曲硬度, 上面的分析还将产生相应的优选的长宽比等。也许是在实际中最感兴趣的, 其反过来也同样可用, 即确定各向异性度或挠曲硬度的比率, 这种各向异性度或挠曲硬度的比率对于给定的变化的形状产生有效的等价于, 甚至“转换”或“模仿”。以上的我们首先分析的理想化的各向同性情况, 由此象上面所述的那样使用相同的最佳长宽比, 和即使不是获得所有的后者的有益的音学效果或性能也得到了其中一些或大多数, 至少是只要给定的形状不是太窄到以致不能支持其整个共振模式的有用的复杂性和相互作用。

挠曲硬度的所期望的各向异性可以通过不同的“纹理”来获得, 这种“纹理”指加到复合的迭层的夹层(sandwich)结构的所述板件的芯层的表面层或薄片的增强纤维或层或织物, 包括对每一面的不同的方向或相对角度的“纹理”或对每一面作为多层结构。当然, 有中心相关的参数, 例如方向不同的切变模量或数值, 它能影响挠曲硬度。此外, 对于一个长方形的所述板件, 对角效应的(多个)挠曲硬度或(多个)阻尼可以被调整到与长边/宽边挠曲硬度相对(长边/宽边挠曲硬度可以是相等的或不相等的), 这样即使不能获得从角上的缩短, 即修剪或剪切它们, 中所获得全部的好处, 也能得到其中一部分。在任意方向改变挠曲硬度的另一个方法是通过板件本身的曲线, 无论是只在一个方向上还是甚至在两个或多个方向上, 以及无论是沿着与

之成一角度还是垂直于任一特定的方向，该特定方向即与参数相关的方向中的一个或另一个，这些参数是用来定义形状和/或概念化的基频(在下文中，包括在权利要求书中，大多数常常简称为“概念化频率”)。进一步，沿着任一轴或方向有变化的挠曲硬度是可能的，包括累进的(progressive)或若

5 不然则在整个区域上，无论是通过在夹层结构的表面层中“纹理”的组合还是在芯层表面性质上的差异，即说从边缘向里厚度的渐减或渐增或者无论什么情况。

本发明的一些方面在于在所述板件中在不同的方向上预先确定不同的挠曲硬度，以便在与固有共振模和声学效果/性能相关的振动波节和组合波

10 节和/或波腹和组合波腹的分布方面取得至少一些有用的结果。

本发明的另外一些方面在于接受、或搜寻、或修正一些效应，例如起因于增强(augmenting)作用的效应，这种增强作用是由于来自一些共振模式的波节的位置相近或叠加造成的边缘反射或相互作用引起的，或其它将一个共振模与另一个共振模比较的不均匀效应；即在于有一些特定的有关板

15 件的最后的声学效果/性能的“发声(voicing)”。修正可以通过全面的或局部的边缘阻尼或用阻尼材料在中间部位粘贴的方法来达到，甚至是通过在板件中打孔或开槽的方法来达到。本发明的一个方面还在于寻找和确保在限制为共振模的较低级次的振动波腹和/或组合波腹有更为均衡的分布，共振模的较低级次是指在或直到至少第三级次和/或不超过第七级次(无论是从概

20 念化频率被绝对地确定还是相对于其中的最低频率和/或低于在一个感兴趣的频率范围)，包括在较高频率上工作的所产生的效应，和在扩展可以有用地获得的工作范围方面证明是非常有好处的，这个工作范围正好在 WO/92/03024 中所考虑的限制的上限频率之上。

本发明的更具体的方面包括在一个比 WO 92/03024 中的频率范围更宽的频率范围上进行工作；和/或去除它的只在符合频率之上工作的限制，例如现在的工作频率范围包括符合频率和/或其整个都低于符合频率的工作频率范围。

25

通过与固有挠曲波振动的精细地相关的概念化频率的共振模按所设计的分布，采用本发明的一些方面的板件本身可以用作有用的音响设备。一种

30 种是为了混响的目的包括改善或按所期望的改变一些相关的音响设备的声学特性，诸如一个传统的扬声器或驱动器单元或包括扬声器或驱动器单元

的设备。另一种方法是作为在输入和所期望的声音范围之间转换的一个声音过滤器。进一步的方法包括关于期望的环境的“色调(colouring)”或“发声(voicing)”的目的,如说对于一房间,包括有效地去除或补偿不需要的效应(由于房间的形状或比例或其中的东西等造成的这种效应)。这些的一些用途在这里被称为“无源的(passive)”。

然而,采用本发明的板件的用途可以看出可用于或用作这里称为“有源(active)”的设备或用途,其要求与换能器装置相关联,并且发现对扬声器具有很大的好处。具体地说,已经确认换能器装置的定位可以极大地影响声学效应或性能,这引出了本发明的各种更多方面的内容。

10 换能器装置的位置

具体地,我们已确认,与 WO 92/03024 和 WO 95/31805 和 96/01547 中所示的情况相比,有许多更好的位置能够用来把挠曲波发射到作为或用于扬声器的设备中和利用通常的长方形的所述板件,在 WO 92/03024 中位置是在一个角落上,在 WO 95/31805 和 96/01547 中位置实质上是在中间上。这就是甚至在上面讨论的改进之后对于本质上各向同性的被设计成不是正方形(这种正方形形状是在 WO 92/03024 中提到)形状的这样的板件,或其它是或不是正方形形状的各向异性的预先确定的情况。

在这里在确定换能器装置的位置中的改善也从上面有关理论上单方向的挠曲波振动和它们的组合的结构开始以获得改善了的共振模分布的组合。对于最佳的换能器位置的识别,一种成功的方法和手段来自于寻找这样一些位置,在这些位置上,对于相关共振模式的任一个,波腹的数量要低或最少和/或有关振动活跃的共振波腹的数量要高或最高,也就是说,对于要不然是组合波腹的“填充”依据所考虑的共振模式来定。对于一个本质上长方形的具有上述的偏离正方形大约 15% 的长宽比的所述板件来说,特定的边长比例容易地从进一步分析中得出,对于换能器的位置的坐标大约在 3/7, 4/9 和 5/13 处,这样给出了从每一个角的 24 个可能的位置和忽略重复位置。对于任一特定的换能器装置,换能器装置的每一个位置最好使用沿着不同长度的边的这些比例坐标的两个不同值,而无论它是单一的换能器装置或多个换能器装置中的每一个(这样做对功率和/或频率覆盖都是有利的),进一步,最佳的组合为 3/7 和 4/9。对这些比例坐标的接近的近似首先来自于上述的理论上的结构。

令人感兴趣的是，这些相同的比例坐标值最好是和有利地应用到在任何实质上为长方形形状的板件中换能器装置的位置并能够产生包含共振模式的振动挠曲波效应。具体地说，这个任何板件包括在它们的线度比例和对应的各向同性/各向异性方面并不完全满足本发明的上述方面的这种板件、和/或具有“笨重”阻尼的这种构件，即，在换能器装置诱发的挠曲波振动的明显的或任何能量水平上传播距离的限制。这是由于在板件本身的材料中的损失，使得从这块板件的面积或一些线度来看，只产生低的或不产生被反射的振动挠曲波能量，甚至在到达板件的一边或多个边时，无论换能器装置位于板件的任何地方，也不只产生低的或不产生反射，因此从这样的边缘没有明显的反射。当这样的板件并不象在本发明的较早部分中提出的具有最佳比例的板件那么有效时，这样的构件所具有的对于作为扬声器的操作的潜质在于通过把上述的长度比例标准应用到相对于一个和几个角部(或理论上的角，如果它的对角线的一条或数条的端点被缩短)的换能器装置的定位中而非常好地得以实现，由此导致从这种构件的宽度和长度的至少大约 $5/13$ 或 38% 的此板件的边缘的最小的间距。在实际中，在清晰的声音输出方面，包括在相当边缘的和损耗相当大的材料/结构中，至少与基本上中心安装的或邻近边缘安装的换能器装置相比较，得到了相当令人惊讶的改善结果。后面要提到的有关换能器所用位置的容限几乎具有进一步放松限制，到目前为止，这种限制是不可避免地材料与材料相关的并且可用的材料是如此之多难以进行全面研究。

对于从一个本质上长方形的所述板件的边缘确定用于安装换能器装置的至少最小间距来说，基于这种考虑发展而来的标准超出了已知的现有技术的内容范围，甚至可以说是由偶然运气带来的。

一般说来，作为在这里所传授的分析不但导致了最佳的换能器装置的位置，而且导致了大的实用价值的进一步内容/方面，即提供了相对于它的换能器装置的任何特定的适当位置，识别实际的位置的能力在这些位置上任何选择性的阻尼应该被用来处理任何特定的并不想要的频率或几个频率。

关于所述板件的真椭圆形状，与长轴和短轴相关的振动模式的主要系列是椭圆形的和双曲线性质的，正如上面所注意到的，并且换能器装置的最佳位置，对于上面所述的 1.182 长/短轴比例，是在沿着半长轴和半短轴

的方向上离中心大约为分别 0.43 和 0.20 的坐标位置上。我们将注意到，正交的坐标并不是真正合适的，和只有使用合适的坐标，具体是椭圆/柱坐标，对于换能器定位才能出现对其它椭圆形状具有普遍适用的数值，即不同的长/短轴比例，包括由非理想的长/短轴比例(即：不等于 1.182)的挠曲硬度各向异性的应用所引起的那样，和能够通过三角关系在每种情况下产生笛卡儿坐标对应值。

至于这里的本质上长方形的板件，更加精确的分析，或实验，可以确定可能小的修正，这种修正可能是有益的，和对于换能器装置的其它位置选择，包括集中在耦合特定共振模式上，尽管工作效率与每个换能器装置有密切的关系，每个换能器装置可以耦合至可实现的尽量多的共振模式而不会有负面效应。

我们注意到上述的关于换能器装置的最佳位置是非常偏离长方形的所述板件的中心，包括偏离长边和宽边的中心线；和进一步有些偏离对角线，即真正的不对称。而且在这里换能器装置在基本上椭圆形状的板件上的最佳位置是偏离中心和偏离长轴和短轴的。此外，最佳的比例坐标基本上是保持不变而不管挠曲硬度的各向同性/各向异性，这种坐标对于基本上长方形的所述板件的边直接作为笛卡儿坐标和对于本质上椭圆形的所述板件间接地与基本的椭圆/柱坐标相关联。

事实上，对于至少一个换能器装置其被设计的位置具有这种性质正是本发明的一个方面，这种性质是指由于在优选的组合波腹位置上的耦合而偏离中心，和对于这里的基本上长方形的板件和基本真正椭圆形的板件的偏离轴线，典型的偏离对角线分别为在长度和宽度方向离中心线为大约 7% 和大约 12.5%，和在长轴上大约为 20% 或更多和在短轴上大约为 10%。

对于超椭圆形状来说，我们得到感觉上惊人的结果，即对于换能器装置的最佳位置似乎更加类似于在圆形中发现的最佳位置而不是类似于长方形中或真椭圆中的情况，具体地作为在从中心到边缘大约 70% 距离的位置上一圈的可能性。

然而，至于长方形形状，对于换能器装置的最佳位置，不但在数量上是多个的，而且在偏离长轴和短轴或中心线较远的位置上，这是值得注意的，在这里也是本发明的一个方面，尽管一般地从大约 10% (真椭圆的短轴) 变化到大约 35% (对于超椭圆)，且最好是以规定的或可规定的方式。

作为本发明的一个方面，当可能有比较复杂的形状时，至少对于一般的简单形状的最佳实施例来说，对于这种复杂的形状换能器装置的最佳位置可以另外有这样一些可能的位置，这些位置个别地位于偏离轴线或直线的不对称位置上，这些轴或线连接定义几何参数的最大/最小线度或方向的点，并可以为相关的一组或多组，这一组或多组本身的每一组作为一群成中心对称的或其它有序的排列。从这里的换能器装置的几何位置所得到的对于基本上长方形形状的上述相对有利的结果被认为是具有创新的用途，可以应用到不象这里那样具有最佳比例的面板板件中。

当在面板型扬声器中一个或多个换能器装置被使用时，最好是这里的所述板件在它们的整个面积上运作，即如上面所述的直到边界上，所述构件有从换能器装置到边界的这样的这种整个面积上基本上分布很好的挠曲波振动。此外，所得的音响效果并不必是方向性的(正如上面在 US 3,347,335 中所描述的)，但可以对扬声器的这种输出的至少一部分是方向性的，例如，如果期望或要求这样做。这种挠曲波振动表面上的扩散极大地减小了可以觉察到的邻近相关(proximity-dependent)的扬声器响度效应；和，在需要特意地用方向性工作的地方，在使用锥形单元的扬声器中，在最低频率以上将比通常的相当狭的和变狭的射束效应可见到有好得多的扩散，此外，除了对于最低频率之外，所得的振动效应可以被用在从所述板件的前边和后边，这是由于将只有很小或没有附着于锥形单元的扬声器的反相的问题。

20 换能器装置

现在回到换能器装置，在这一点上，来自扬声器的声音重放的最大功率和最好音质是通过使用磁铁-和-线圈驱动器来取得的，而不是压电类型的，这种类型很好地适合于低功率和/或音质性质。令人感兴趣地，在原理上，线圈或磁铁部分中的哪一个移动以便传递挠曲波效应是不重要的，尽管动圈驱动器的技术是如此的众所周知和成熟(对于锥形扬声器)以致于各种各样的特别有用/有利的要作进一步描述和图示的新颖设计都在发展动圈式类型的自然背景之中。详细的研究和发展表示特殊的优点起因于确保尺寸大小和/或质量标准对于有关的可动部分被满足。在原理上，最大的尺寸服从于符合与板件的最佳机械耦合，这种板件是至少主要地阻抗性(resistive)的，和符合正如所描述的激发的较高的和较低的频率的共振模式，特别是对于音频的用途。当近似已经表明对于所述板件的长方形或椭圆形/

超椭圆形状理论上的最大尺寸大约在长度/宽度和/或长/短轴长度的9%-10%，即直到工作的横向面积的大约1%，这个值至少可以通过象压电换能器插入型(patch-type)换能器那样的设置被超过，至少可达到2%(如果是多个，其每一个为这一值)。在实际中，一个特别有用的标准是，对于任何特殊的

5 所述板件或面板，将有一个尺寸大小，在这个尺寸上引起频率衰落(roll-off)，主要是因为

10 在面板中对应的波长接近和达到与换流器的尺寸为同一量级。对于换流器装置的可动部件这些因素与质量考虑一起需要进一步加以考虑。包括电磁性的，对于这种部件一个可行的指标为大约1-2倍于从板件上被去除以孔式安装这种活跃的可动部件的板件部分的质量，或是1-2倍通过

15 表面安装此可动部分所覆盖的板件部分的质量。

其它结构等因素

对于在所述板件的边缘的条件，可以允许亚基频的声学效应/性能，例如，从与自支撑的框架相对的或与其它边缘支持相对的弹力/弹性振动中，甚至是选择性地固定(clamping)，或是在对上/下、前/后的结束起作用的意义

15 上的侧向和扭动的运动自由度。这样的成分可以进一步起因于安装在所述的板件上的换能器装置，这是由于在安装时的顺从性或者说安装的顺从性(compliance)等，特别是对于动圈式电磁换能器；这种成分还来源于把其相对静止的磁铁部分安装到板件(针对它可动线圈进行振动)中的弹性，这样做对低频响应是有利的。无论这样的亚基频效应是作为对有效线度的改变，

20 还是作为附加的活塞效应，对整个声学效应/响应的贡献都是不重要的。

现在回到所述的板件中，在这一点上，可看出有以下应用，由于各种各样的原因，其中少于该板件整个横向范围的全部为了体现本发明的目的是或应该是声学上可操作的，例如，其中整个板件对于所期望或实用的调整实质是超大的或偏离比例的，这种调整可以通过与所期望的或可以接受的有效的声学效应/输出相比较的挠曲度硬度的各向异性来进行，至少作为一个扬声器。为了方便起见，为上面的比例和定位等标准的全面应用起见，可以有这样所期望的可操作的区域等的内侧(inboard)定义，例如，通过在这样

25 的可操作的区域的边界上进行切割和把两部分安装在一些作为载体的薄片或面板上的方法，在这里这种面板通常并不满足上述的要求，或通过在

30 这样的边界上进行部分切割或变形的的方法，或通过在这样的边界上或在这样的边界之外加肋条或添加阻尼或硬化材料的方法，如此等等。当然，由

此对于换能器装置的比例确定和定位，正如上面所述的，可以如同上面应用到内部的工作区域。

正如后面将要更具体地指出的，非常广阔的范围和种类的材料可以用于在本发明实施例中的所述板件上和本发明的应用中。因此，作为有源的声源，或扬声器，在尺寸大小和/音质方面的范围可以来自对以下情况的令人印象深刻的结果，例如贺卡等的卡片或在书本中等，笔记本或膝上盖型计算机；车内等的音响，天花板等构件或墙板，和高清晰度的扩音系统等，到普通的立体声和环绕音响系统，家庭影院，和高保真音质的声音重放；甚至到象电影屏幕这种的大范围的应用和对于室外或露天大型音乐会的大功率，包括对于最大的应用场合使用多个并排的组合件。而且，对于从各种各样的材料中的选择还有进一步的特别的指导，包括对于实际的或有效地多层的结构，特别地对于优选的夹层(sandwich)结构的合适的匹配表层和芯层，其包括关于的切变要求，它特别地影响对于挠曲波振动的传播损失，使得对于特定的音响设备切变量可能在一定程度上依赖于所述板件的尺寸大小。然而，对于上述的应用范围，板件的至少最小的结构要求的范围也从较低到较高的结构强度/完整性和/或挠曲硬度，典型地从驱动或激励换能器装置的较低功率到较高功率。在这样的范围的较低部分，挠曲波传播可以很快损耗，即使只使用了单层板件而不是其它最佳的夹层结构。一般来说，关于上面导出的线度比例和换能器定位标准的容限对于要达到所述板件高性能来说将是相当严格的，如对于比例偏离最大大约为3%和对于位置偏离最大大约为5%，但是这些数值越高，譬如说分别直到5%和10%或更高，则会有更高的损耗和更差的性能的所述板件。

当另外的传统的低频扬声器，或低音喇叭，在这里与面板单元一起可以被很好地使用时，和当这样的面板单元的组合可以被用作最高音质和处理的的最宽的频率范围时，甚至对这里的一些面板组合进附加的活塞效应时，本发明的实施例的特定特征方面和优点在于一个极宽的频率范围可以由一个单一的面板单元来处理，这个频率范围可以高至从大约100Hz起，即如果较大和带有隔声板的大约为50Hz，到超过15KHz，甚至达到25KHz和更高。这样的工作频率范围的较低极限是在最低的共振模频率之上。当然，超过4KHz的工作声音带宽是容易得到的。

在这些方面，也许特别地对于单层板件或面板的扬声器，在设计等方

面可以有各种各样的选择，包括在实际合适的工作频率范围之上或之下，或在中间，或在它的低端或高端设置符合频率和帮助定义实际适合的工作频率范围；并且使用电子线路来选择性地调整被转换成声音等的输入音频电信号的相对值，这一般说来比对于到目前为止的传统锥形单元扬声器要更简单，即只有大约 3db 的选择性变化的电阻 - 电感性的应用和/或高频的容性上升。当然，这并不会伴随有相关的内容物和隔音板的各种“盒状”效应的种类。而且，当这里作为扬声器面板使用的板件的后部声音输出不是需要消除的固有反相性质时，薄的后部吸收/隔音装置对于这种扬声器单元可能是有利的，这种扬声器单元要被安装在固体的/声音反射表面或与之非常邻近的位置。

对于这里使用在扬声器中的板件的每一种具体的设计都将要求相互配合的考虑，通常包括考虑物理的和工作的参数和要求的妥协。因此，挠曲硬度和单位面积的质量与长度/面积一起对设置最低的真实挠曲波的频率产生影响(通过前者和后者的商数 B/μ 的平方根)，其中用到杨氏模量(E)和具有夹层结构的板件的表层厚度，以及他们的芯层厚度的平方，它们的芯层厚度对挠曲波硬度具有特别相关的效应。所述的挠曲波硬度和单位面积的质量，通过上述商值的倒数 μ/B 的平方根，与在空气中和(通过挠曲波)在板件中声速的平方的比率一起，也对设置实际的符合频率产生影响，其中用到对所述比率产生影响的芯层切变模量(G)和芯层厚度(d)，以及特别有影响的所述单位面积的质量(μ)，因为实际的符合频率总是大于从假定没有芯层切变因而没有考虑所述比率的更为十分简单的理论计算得到的结果，降低或升高符合频率可以通过升高或降低所述比率来达到。

考虑芯层切变模量(G)，它本身是一个很意义的设计因素，对于所期望的挠曲波效应，这个量需要足够大以足够刚性地保持住分开的表面。相对较低和较高的值分别导致能量的较大的和较小的传输，这个能量是通过换能器装置加到芯层切变波中而不是加到所期望的表面挠曲波中。这样的切变波不并发射声音，较低的芯层切变模量值的纯声学结果是板件的有效声音发射区域倾向于随着频率降低，尽管其实质上仍然大于任何与传统锥形元件平行的音频扬声器，这种高频扬声器象一个高方向性的点源。其中的切变引起的工作的振动效率随频率的衰落的效应可以被用作对压电换能器装置的改进，因其特别适合于卡片或书本，甚至布告牌，其实施例典型

地其尺寸为从大约 A5 到大约 A4, 甚至到 A1 的量级, 最好是其符合频率高达 20KHz 或更高, 和其工作频率范围从在大约 200Hz 和 350Hz 之间直到大约 15KHz 等, 并且其相关的最低共振模式在大约 100Hz 到大约 250Hz。

至于单位面积的质量(μ), 它与相关的任何扬声器的效率有反比的关系。

5 因此, 来自尽可能低的 μ 中的一个总的好处, 即与其它物理参数有关的工作目的和所得要求相一致, 这些物理参数具体为至少为合理地高的硬度/质量比和包括芯层切变模量(G)的特定的模量, 以及单位面积的质量(μ)和芯层厚度(d)的比率, 该芯层厚度组成了复合的加到表层的芯层的迭层结构, 其特别适合于这里的板件。

10 在把这些因素应用到实际的扬声器等设计中, 即使用可用的实际材料和它们相关的参数值, 满意的轻质芯层材料一般地将是多孔泡沫合成塑料材料或蜂窝状材料或其它从片状材料制造出来的网格状的形式, 请看下面的进一步描述。

15 这样的结构产生包括表层和芯层特性的进一步因素, 无论是这两者特性的单独的还是相互关联的, 和/或它们与换能器装置的运动部分的尺寸和质量相关联, 包括进一步共振的可能性, 例如这种共振受到芯层柔量以及表层和/或换能器部分质量的影响, 特别是来自芯层空腔(cells)的尺寸/体积和/或来自柔顺的芯层压缩/恢复和/或来自覆盖在开口的芯层空腔的表层部分的共振, 等等, 这种开口的芯层空腔可能具有微小的似鼓状的辅助振动

20 效应。通过影响, 甚至扩展, 实际的工作频率范围, 通常在较高频率这一端, 典型地连接或超过 20KHz, 即 19KHz-22KHz, 这样的进一步共振可能是有用的, 也就是说, 在材料的选择/规格中这种共振是正面的因素。如果那些进一步的共振对性能来说是没有用的, 甚至是有害的, 在材料的选择等时应该考虑避免这种共振。

25 期望的或有效地要求的尺寸和形状是明显的设计因素, 并引起各向异性, 至于各向异性, 至少一些可用的蜂窝状结构在不同的方向上有 - 肯定会有不同的切变模量, 这样说可能是贴切的。至于将这里的板件合并进主薄片或面板和对于通过形变或如上面所提到的附加的限定材料来定义工作区域其可能性是明显地存在的。换能器装置的所期望的类型等, 甚至有效地

30 地强迫或限制其选择的可适用性, 是进一步的关键考虑, 包括关于把至少活动的可动部分安装到或进这里的板件中的柔顺性; 关于主要为阻抗性的

(resistive)而不是电抗性(reactive)的换能器部分与这样的板件的机械耦合的通常要求;和关于输出功率需要使得由换能器装置的可动部分施加的功率和力按所期望的与线圈材料的弯曲(buckling)等特性/阻抗(resistance)相一致。

- 5 一般地,从上面的描述中看到,包括可用的和所要求的材料参数的相关因素可以匹配到这样的程度,即导致获得满意的扬声器和其它音响设备的如上所述的非常宽的范围,这样做的范围与单个的或组合的各个材料参数相关和需要通过现在的不明而喻的手段平衡相互冲突的效应。

- 10 与作为送话器的换能器装置相连系的这里的所述板件的使用当然是可行的。然后,最好是使用多个换能器装置,以最好获得可能的活跃的共振模式的最佳可能的取样,比如说在合适的地方,使用在优选位置的每个逐渐向外的不同换能器装置中至少之一的换能器装置。与这里的扬声器相比,相反的或颠倒的效应可以产生能够清晰重放和/或准备有意义地输入到数据处理器中的信号。此外,通过将也作为扬声器进行操作的附加的换能器装置
- 15 置在这里的板件上进行组合的能力具有一些优点,因为其具有装置或进一步的与包层或壳体组合或作为包层或壳体。

- 进一步关于换能器装置,已提及两种特定的类型,即压电类型的和电磁类型的,这种电磁型换能器装置特别地参照作为为锥形单元长期建立起来的实践的有效延续,其中是通过固定的/粘住的线圈装置的手段,比如说
- 20 相对于也装在该板件上的磁铁装置的质量的作用,进而参考用于这里的激励目的的可动磁铁装置的另外一种用途。与这里的面板形状的板件机械耦合的性质的深刻差异,激励挠曲波而不是对于活塞作用一个锥形元件的往复运动,也已经暗示,尤其是至少占优势地机械阻抗性的而不是其中的电抗性质的,因此其本来是效率更高的。这种情况是轻质的可动磁铁和相对
- 25 较重的电线圈将是更为阻抗性的和较低的效率的,但是不管怎样,还是可行的。对应的所得的差异在创新的部件和它们的相互关系中反映出来,包括由于把特定静止的以及可动的部件安装在这里的板件上,而不是只把静止磁铁部件安装在固定的框架上的固有能力,尽管如果期望或最好或甚至要求
- 30 在最低频率处得到附加的活塞效应用于这里的板件可以完成这些工作。此外,已经发现一种根本上全新的方法明显地具有满意的和有利的操作的能力,即通过我们称为“惯性的”影响来诱发至少挠曲波振动的方法。

因此，本发明的一些方面来自于创新的换能器部分，各部件的相互关系，和其安装，无论是安装在表面上和安装到表面上还是在坑内或甚至通过在边上或到边上的一通孔缝隙，除这些方面外，本发明的另一关于换能器装置的方面是关于给换能器装置的可以操作地移动部分加上质量更大的附加物，包括在这里这样的附加物本质上是这种实际安装在这里板件上的部件的中间的，超过或位于这样的附加的质量的外侧，比如说周边地，最好是在或邻近其边缘上，在或邻近在这里的板件中凹坑或缝隙的边上而所述的附加的物质注入这样的凹坑或缝隙中，进一步最好是其中有适当的间隙，特别有利的是将其安装在表层上并伸展到这里的板件的最佳迭层夹层结构的芯层。

现在将更加详细地描述具体设备和应用的实施例，通过实例参考附图和进一步导出本发明的设备等方面。

普遍地，体现上述概念和涉及挠曲波振动的表面上的分布的本发明的这些方面的面板状板件和，至少有效地，相关的固有共振模式以下将不同地称为“分布模式共振器”或“分布模式共振面板”或“分布模式扬声器”或“DML”或“多模式共振面板”。

而且，名词“共振”被用来作为一个描述性的和语义学上的精确方便的简写术语，用来表示这样的所期望的或可接受的可达到的表面分布的和有序的固有共振模式相关的挠曲波振动，包括通过这样基于共振的振动的设计的正面的和有意产生的并且该词不要与这个词的其它用途相混淆，在这些其它方面，其中任何振动被认为是有固有问题的(以及，也许，这和其与协同部件的不精确性和/或磨损并无实际的联系一样是经常的!)

附图说明

在附图中：

图 1 是一个分布模式扬声器的轮廓图；

图 2a 是图 1 中在线 A-A 上的局部剖视图；

图 2b 是通过在图 2a 中所示的这种类型的分布模式发射器 (radiator) 一个放大的横截面和显示的两种可替换的结构；

图 3a 表示关于一个基本为长方形面板的最佳换能器定位；

图 3b 和 3c 类似地关于基本上真椭圆的和超椭圆的面板上最佳换能器

定位;

- 图 3d 是关于一个组合形状的面板上最佳换能器定位;
- 图 4 显示了一个分布模式扬声器;
- 图 5a 是另一个分布模式扬声器的透视图;
- 5 图 5b 是图 4a 的扬声器的部分剖面图;
- 图 6a 是另一个分布模式扬声器的透视图;
- 图 6b 是图 5a 的扬声器的部分剖面图;
- 图 7a 是一个分布模式扬声器的前视图;
- 图 7b 是图 7a 的分布模式扬声器的侧视图;
- 10 图 7c 是图 7a 的扬声器的后视图;
- 图 8 显示一个分布模式扬声器;
- 图 9 是一个第一电磁换能器的剖面侧视图;
- 图 10 是一个第二电磁换能器的剖面侧视图;
- 图 11a 是一个第三电磁换能器的剖面侧视图;
- 15 图 11b 是一个第四电磁换能器的剖面侧视图;
- 图 11c 是一个第五电磁换能器的剖面侧视图;
- 图 12 是一个第六电磁换能器的剖面侧视图;
- 图 13 显示了一个第一压电换能器;
- 图 14 显示了一个第二压电换能器;
- 20 图 15 显示了一个第三压电换能器;
- 图 16 显示了一个进一步的电磁换能器;
- 图 17 显示了另一个电磁换能器;
- 图 18 显示了一个分布模式扬声器;
- 图 19 显示驱动/激励信号的应用;
- 25 图 20 和 21 显示了变型;
- 图 22 是一个分布模式扬声器送话器组合的一个实施例的图形;
- 图 23 是一个分布模式送话器的轮廓图;
- 图 24 显示了晶体圆盘形压电换能器;
- 图 25a 是一个采用悬挂天花板的房间的透视轮廓图;
- 30 图 25b 是在天花板的板块中一个分布模式扬声器的剖面侧视图;
- 图 27 是一个视频显示单元的透视轮廓图;

- 图 28 是通过图 22 的扬声器的部分剖面图；
图 29 是一个膝上盖型计算机的透视图；
图 30 是图 29 的细节的部分剖面图；
图 31 是在一个存储位置中一个第一便携式光盘播放机的透视图；
5 图 32 是图 31 的播放机在使用位置上的透视图；
图 33 是图 31 和 32 的播放机的一部分的切边图(scrap view)；
图 34 是便携式光盘播放机的第二个实施例的透视图；
图 35 是图 34 的播放机的一部分的切边图；
图 36 是一种运输工具中旅客座舱的透视图；
10 图 37 是图 36 的细节的部分剖面图；
图 38 是一种现有技术汽车车门的透视图；
图 39 是一个汽车车门的透视图；
图 40 是来自图 6 的一个细节的部分剖面图；
图 41 是一辆汽车的透视图；
15 图 42 是来自图 41 的一个细节的部分剖面图；
图 43 是一个键盘电子仪器的透视图；
图 44 是图 3 的设备的底侧的平面图；
图 45 是图 3 和 4 的设备的部分剖面图；
图 46 是第二种音乐乐器的透视图；
20 图 47 是一个自动售货机的透视图；
图 48 是图 47 中的自动售货机的一个细节的部分剖面图；
图 49 是自动售货机的一种变型的透视图；
图 50 是第一种布告板的透视图；
图 51 是第二种布告板的透视图；
25 图 52 是在图 50 和 51 中显示的布告板的部分剖面图；
图 53 是包装体的透视图；
图 54 是本发明的一个贺卡实施例的轮廓透视图；
图 55 是一个投影屏幕的透视轮廓图；
图 56 是图 55 的屏蔽的一个细节的部分图；
30 图 57 是采用图 55 的投影屏幕的房间的平面图；
图 58 是边上开槽的扬声器面板薄片的透视图；

- 图 59a、b、c、d 是关于输入带宽控制的电路的图形；
图 60a、b、c、d 是考虑无源平衡的图形；
图 61a、b、c 显示本文的弯曲的扩散型和聚焦型面板扬声器和它们在一个房间中的使用；
- 5 图 62 是使用一些面板扬声器的一个五声道家庭影院系统的房间的轮廓平面图；
图 63 是本文的带有由无源面板发声的房间的透视图；
图 64 是本文的作为用于一个音频单元的安装基座的无源面板的透视图；
- 10 图 65 是本文的作为用于传统扬声器的屏蔽室(enclosure)的无源面板的透视图；
图 66a、b 是带有作为发声板的本文的无源面板的一架钢琴的透视图和切边剖面图；
图 67a、b 是关于制造本文的扬声器的轮廓平面图和放大的切边剖面
- 15 图。

具体实施方式

贯穿所有的图形，为了有助于相互的关联和理解，相同的标号被用来表示功能上类似的部分，特别地对于共振面板 2，换能器 9，边缘支持框架

20 1 和中间物 3，等等。

参考附图中的图 1，一个面板形状的扬声器 81 包括一个长方形框架 1，这个长方形框架 1 带有一个绕着它的内周边的弹性悬架 3，这个弹性悬架 3 支撑一个分布模式声音辐射面板 2，面板 2 的结构形成为和配置为如同上述

25 的各种各样的发展那样。一个换能器 9，例如，正如后面图 9-17 中所描述，被完全和专门地安装在面板 2 上/中的一个的由线度 x 和 y 定义的预定位置。当然，线度 x 和 y 正如上面所指出的是比例边长坐标(从任一只角开始)。变换成中心相关的坐标值可能是更通常的值，例如，在面板薄片 2 的角被修剪或剪切或变短的情况下，正如图中的虚线 2d 所示的那样和上述有关音响效果/性能的改善的描述。或者是，或组合地和协同地，通过规定对角线方

30 向的挠曲硬度，有效地相似于这样的改善也图示地表示出来，看图中箭头(v , w)。

换能器 9 用作发射或激励在面板中的挠曲波，使面板共振和辐射出一个声音输出；和图中显示了换能器 9 是由一个信号放大器 10 驱动的，例如一个音频放大器，它通过导线 28 与换能器相连接。放大器负载和功率要求可以类似于传统的锥形扬声器，在室内负载的条件下，其灵敏度是 86-88dB/5 瓦特的量级。放大器负载阻抗了主要为电阻性的，为 6Ω 和其功率输送为 20-80W。在面板芯层和/或表层是金属的情况下，它们可以用作换能器的一个散热片，即把热量从换能器的音圈中移走，并因此提高了功率输送。

图 2a 和 2b 是通过图 1 的扬声器 81 的部分典型的剖面图。图 2a 显示了框架 1，环绕物 3 和面板 2 通过各自的粘合接头 20 被连接在一起。用于框架的合适材料包括象用在画框上的那些材料，譬如说挤制的金属(例如铝合金)或塑料等。合适的环绕材料可以满足上述的需要和包括象泡沫橡胶和泡沫塑料那样的弹性材料。用于接头 20 的合适粘合剂包括环氧树脂胶、丙烯酸和氰基丙烯酸等粘合剂。

图 2b 是一个放大的比例上图示了面板 2 是一个刚性的轻质的迭层的夹层(三明治)型的面板，它有一个芯层 22，例如由坚硬的塑料泡沫 97 或网格状的矩阵 98 构成，象金属箔，塑料，或类似的东西构成的蜂窝状矩阵，其中的各组成单元沿着面板的平面的垂直方向伸展，并被相对的表层 21 封闭住，表面 21 可以是例如纸、纸板、塑料或金属箔或薄片构成的。

在表层是塑料的情况下，它们可以用纤维增强，这种纤维可以是例如 20 碳，玻璃，Kevlar 或类似的材料中的纤维，以一种本身为已知的方法提高它们的拉伸特性。因此，被设计的表层材料和增强材料包括碳、玻璃、Kevlar(RTM)，Nomex(RTM)或聚酰胺等。在各种编织物中的纤维，以及纸张、粘贴成的纸板，三聚氰胺(melamine)，和各种各样大模量的合成塑料膜，例如 Mylar(RTM)，Kaptan(RTM)，聚碳酸脂、酚醛塑脂，聚酯或相关的塑料，和纤维加强的塑料等和金属薄片或薄膜。液晶的聚合热塑料的 Vectra 25 等级的研究显示，对于尺寸较小，例如直到大约 30cm 的直径，的附加表层或外壳的注射铸模它们可能是有用的。这种材料本身在注射的方向形成增强的条纹，对于从驱动点到面板的周长高频能量的好的传播这个注射的方向是一个优选的方向。

30 进一步论述上面所述的挠曲波硬度的规定是便利的，挠曲波硬度可以在沿着平行于面板 9 的一对边的方向是不同方向有不同的值，见图中另外

的箭头 C, D, 或在任何角度(或多个角度)上, 包括来自编织物或有导向的增强层, 见箭头 E, F; 和/或通过多层叠加的子层, 它的方向性在适当的相对角度上, 参照箭头 G, H, 它对称地显示了在 45° 的方向上, 尽管在角度和对称性方面它们可以有其它的值。芯层的切变也能产生影响, 因为在可用的材料中它常常是不同方向有不同的值。

用于普通的或增强的塑料, 通常为热塑料材料的另外的铸模将允许模具带有位置和匹配(registration)的特征, 象用于换能器部件的精确定位的槽沟或环, 例如激励线圈和/或磁铁悬架。另外, 对于一些强度较好的芯层材料局部地增加表层的厚度, 例如增加到换能器直径的 15%, 以增强那个区域和有利地引入能量的挠曲波振动耦合进面板, 这样做可能是有用的。对于一些泡沫材料高频响应可以通过这种手段得到改善。

设计的芯层材料包括制造的蜂窝状结构或皱褶, 它由铝金属片或箔, 或 Kevlar(RTM), Nomex(RTM), 普通的或粘贴在一起的纸片, 和各种各样合成塑料膜构成, 以及由多孔的或泡沫状的塑料或纸浆材料构成, 甚至由气凝胶金属构成, 如果其有适当的低密度。一些合适的芯层材料在它们的制造过程中有效地展示了有用的自表面层形成(self-skinning)和/或另外具有足够的使用固有硬度, 而不用在表层之间的迭层结构。一种高性能的蜂窝状芯层材料是商业名字称为“Rohacell”的材料, 它可以适合于作为一块辐射器面板并且它没有表层。在实用的意义上来说, 其目标是关于适合于实际用途的整个轻质和硬度, 具体地包括来自芯层到表层的最佳贡献和在它们之间的最佳过渡。

用于面板的最佳配方中的几个应用了金属和金属合金的表层, 或者是一个碳纤维增强层。这两个, 和此外使用了一个合金气凝胶或金属蜂窝状芯层, 将有重要的射频屏蔽(screening)特性, 这些特性在 n 个 EMC(电磁兼容性)应用中应该是重要的。传统的面板或锥型扬声器没有固有的 EMC 屏蔽能力。

在详尽的前序中对与夹层结构及芯层和表面有关材料参数已有很多描述。此外, 的确在这个时期在材料技术方面的进展是非常迅速的。但是, 根据到目前为止适合于我们的材料, 有必要涉及关于有用的实用标准, 我们已经发展的这些实用标准是关于对材料选择的要求。因此, 我们使用下面的指标:

(a) 蜂窝状芯层有至少大约 10 兆帕斯卡(mega pascal)的切变模量和粘附表层有至少大约 1 千兆帕斯卡(gigapascal)的杨氏模量。

(b) 对于在大约 0.1 平方米以下的面板板件的尺寸来说, 最低的挠曲波频率高于大约 100Hz, 挠曲硬度可在小于大约 10 牛顿米, 芯层切变模量可以低到大约 10 兆帕斯卡或更低, 或表层的杨氏模量范围从大约 0.5 到大约 2.5 千兆帕斯卡。

(c) 对于在大约 0.1 到大约 0.3 平方米的尺寸来说, 最低的挠曲波频率低到大约 70Hz, 挠曲硬度在大约 5 到大约 50 牛米或更大之间, 芯层切变模量通常在 10 兆帕斯卡之上, 典型地大约为 15 兆帕斯卡到大约 80 兆帕斯卡或更大, 和表层的杨氏模量至少大约为 2 千兆帕斯卡到大约 70 千兆帕斯卡或更大。

(d) 对于在大约 0.3 到大约 1 平方米之间的尺寸来说, 最低的挠曲波频率低到大约 50Hz, 挠曲硬度通常超过 20 牛顿米, 典型地为大约 50, 直到大约 500 牛顿米或更高, 芯层切变模量通常超过大约 10 千兆帕斯卡, 典型地在大约 20 到大约 90 兆帕斯卡之间, 和表层的杨氏模量至少大约 2 千兆帕斯卡并可直到至少大约 70 千兆帕斯卡。

(e) 对于超过大约 1 直到也许 5 平方米或更大的尺寸来说, 最低的挠曲波频率可能低到大约 25 到 70Hz, 挠曲波硬度超过大约 25 牛顿米, 芯层切变模量通常超过 30 兆帕斯卡, 和表层的杨氏模量至少大约为 20 千兆帕斯卡直到大约 1,000 千兆帕斯卡。

(f) 一般地, 挠曲硬度在大约 0.1 到大约 1,000 的最小值和大约 5 到大约 3,500 牛顿米的最大值之间, 和单位面积的质量在大约 0.05 到大约 1.5 的最小值和大约 1 到大约 4 千克/米²的最大值之间, 随尺寸/应用而不同。

经过广泛的测试、计算和研究等之后, 这些指标给出了很好的可信度, 但这不是用来进行不适当的限制。因此, 我们成功地获得了具有挠曲硬度高达 7.5 牛顿米的驱动/激励结构, 尽管没有象我们在设计所要求的扬声器中寻找的那么有效。在原理上, 寻找任何绝对的上限都是困难的, 尽管必要的输入功率可能达到非常高, 和效率相当低; 但是, 如果这样的条件是可以接受的, 甚至是最佳的, 即对于匹配激励结构的和包覆(cladding)材料, 我们可以这样做。而且, 在材料技术上的进展似乎一定能做到这种具有超出预料的特性的组合的结构, 这些特性在我们所能预测的范围之外, 和我

们自己的知识不能够是真正地全面的，因为这种知识是在相当短的时间内积累起来的。

另外，压电换能器和铁磁性电磁换能器的最佳形式有可以忽略的电磁辐射或散逸的磁场。传统的扬声器有一个很大范围的磁场，大到1米的范围，除非采取特殊的补偿对策。

在任何应用中有或保持屏蔽是重要的情况下，对一个合适的DML面板或一个导电泡沫的导电部分可以制造出电子连接，或类似的接口可以被用于边缘安装。

悬架3可以阻尼面板2的边缘，防止面板的过度的边缘运动而一般不会阻止所期望的边缘振动。附加地和可替代地，进一步的阻尼可以被施加上去，例如在选择的位上粘附在面板上的阻尼块(patch)，参见在2P处的虚线，以在阻尼过度运动中控制特定的频率模式，和帮助把共振更加均衡分布在面板上。阻尼块可以是沥青基的材料，象通常被应用在传统扬声器的屏蔽室中的那样，或可以是弹性的或坚硬的聚合物薄片材料。一些材料，特别是纸和纸板，和一些芯层可以是自阻尼的。在需要时，在面板的构造中通过使用弹性地设置而不是刚性地设置粘合剂，阻尼可以被增强。

有效的所述选择性阻尼包括对面板的特定应用，包括它的永久地与此相连接的装置的薄片材料。对于这里的面板的主要的和较小可扩散的低频振动模来说边和角可能是特别有意义的。阻尼装置的沿着边的固定可能有用地导致面板用它的所述薄片材料完全地包在框架内，尽管在它们的角上常常会是相对自由的，如对于对较低频率低工作的所期望的伸展。连接可以通过粘合剂或自粘性的材料。有用阻尼的其它形式，特别是在更加精细的效果和/或中等或较高频率方面，可以通过适当这样的物体或几个物体来达到。这些物体在所述面积的有效中间局部位上被粘附在所述薄片材料上。

这里的音响面板是真正地双向的，来自后背的声能与来自前面的声能并非有强的相位相关。因此，在房间里的声音功率，均匀频率分布的声能，减小的反射或驻波效应，和在重放的声音录音中自然空间和环境的好的重放的优点，所有这些总和起来都有益处。

当来自声音面板的声音等辐射主要是非方向性时，相位相关的信息的百分比在偏离轴线方向会增加。对于用于所谓的幻像立体声像(phantom

stereo image)中的改善了的聚焦,扬声器的位置象画一样,即在通常站立的人的高度上,对于一个正常地坐着的听者的最佳立体声效果来说给予了一个适中的偏离轴位置的好处。同样地,相对于听者的三角形左/右边几何形状提供了一个进一步的角度分量。因此,获得了好的立体声效果。

- 5 与传统的扬声器重放相比,对于一组听者来说,有一个进一步的优点。音响面板声音辐射的本质是弥散的性质使得其音量很大程度上偏离了一个等效的点源的关于距离的平方反比定律的效应。因此,对于偏离中心和位于差的位置的听者来说关于面板扬声器的强度场激起了与传统的扬声器相比优越的立体声效果。这是因为位于偏离中心的听者并不遭受由于靠近近处的扬声器带来的重音问题;首先来自较近扬声器的音量的过分增大;其次来自较远扬声器的音量的相应降低。对于传统的扬声器,耳朵倾向于偏爱最早到达的声音。因此,要注意两个扬声器声道都不要放到最近处。

- 10 这里的音响面板板件的大小通常可调,包括对不同的挠曲硬度调整以及与外部的共振工作区域相匹配,但这不是根本的。其它方式,如在图 2a 和 2b 中虚线表示的,包括穿过一个表层 21 在芯层 22 上部分地切割 22c 或加上阻尼或硬化材料/板件 22s 作为内部的框架,至少部分地关于特定的工作区域,因此对于所考虑的面板板件结构减小优先尺寸的一部分。

- 15 考虑图 3,图 3a 显示了关于一个大体上长方形面板板件的最佳换能器定位,正如上面所表示的,对于 1.34:1 的等比例长宽比,即在正交坐标的交叉点“x”处,这些点是从它的角开始在边长上取 3/7, 4/9 和 5/13 的位置上选取的,图中显示了一只角的情况,其它角的情况与这只角是一样的。在其它图形中,对于在一个参照系上的任一只角六个换能器的位置被个别地或集体地表示出来(但是在与这里中心定位的换能器相对的每一个“集合”中单个地被使用)。

- 20 图 3b 显示了上面所述的关于纵横比为 1.182:1 的基本上真椭圆面板板件的最佳换能器定位,即在离中心长轴和短轴的 0.43 和 0.21 的位置上,正如从椭圆的柱坐标发展而来,使用以下方程式:

$$x=h \cdot \cosh(u \cdot \text{um}) \cdot \cos(v), y=h \cdot \sinh(u \cdot \text{um}) \cdot \sin(v)$$

$$\text{其中 } h=\sqrt{a^2-b^2}, \text{um}=q \cdot \tan b(a/b)$$

- 25 在(0.366, 0.239 π)处对于 u(0...)和 v(0... $\pi/2$)有常数值。

同样地,图 3c 和 3d 显示了大体为超椭圆的和部分超椭圆/部分椭圆的

面板形状，每一个均有如上所述的最佳换能器位置，但是只显示了近似的轮廓。

关于图 4 到 6, 图 4 显示了一般地具有在图 1 和图 2 中所示的那种类型的第一种分布模式面板状扬声器 81, 其中的框架 1 被一个隔音板 6 所代替, 例如, 是一个中等密度的纤维板, 有一长形状缝隙 82, 其中一块分布模式辐射器面板 2 被安装在上面和弹性悬架 3 插在两者中间。对于低的频率和/或如果非常接近墙面隔音板 6 可以有帮助。正如图 9-17 中所描述的, 换能器 9 被完全地和唯一地(wholly and exclusively)安装在面板 2 上以激励面板使它共振产生一个声音输出。

在图 5 中, 扬声器包括一个薄层箱状屏蔽室 8, 它有一个顶部 148, 一个底部 149, 两相对侧边 150, 后部 151 和一前部 152。屏蔽室 8 的前部 152 包括一个图 1 和 2 所描述的那种类型的刚性轻质分布模式辐射器面板 2 和由相对的表层 21 包围的一个芯层部分 22。在屏蔽室 8 中面板 2 通过一个环绕的柔顺悬架 17 支撑着, 这种悬架可以是例如一条乳胶橡胶带。

一个换能器 9, 例如在图 9-17 中所描述的那些类型的换能器, 被完全地和唯一地安装在面板 2 的指向内部的表面上, 其位置正如上面所讨论的是在一个预先确定的位置, 以在面板上激励挠曲波振动引起它共振产生一个声音输出。屏蔽室 8 可被做成例如在一侧边 150 上带有端口 109。提高扬声器的低音性能, 包括由安装在该箱体中的面板的柔顺性引起的一些活塞效应。

图 6 图示了一个进一步的扬声器 81, 它一般地类似于上面关于图 4 中所描述的扬声器, 扬声器包括一个箱状屏蔽室 8, 它包括箱的前部 52, 其适合于安装在一面墙上, 和一个可分离的箱的后部 110, 适合于放置在墙内, 例如一面播音室(stud work)墙, 以便进一步降低扬声器屏蔽室的已经很薄的表面深度。前箱部的前表面 51 包括一个刚性的轻质多模式辐射器 2, 正如图 3 所示的辐射器 2 包括一个由相对表层 21 包围起来的芯层部分 22。在屏蔽室 8 中面板 2 是通过一个环绕的弹性悬架 7 来支撑的, 这个悬架可以是例如乳胶橡胶带。因此扬声器一般是上面图 1 和 2 中所描述的那种类型的。一个换能器 9, 例如是图 9-17 中所描述的那种类型的, 被完整地 and 唯一地安装在面板 2 的指向内部的表面上, 其位置是在如上面所述的一个预先确定的位置, 以激励和振动在面板中的挠曲波模式使面板共振产生一个声音

输出。

这样的扬声器在制造上是相对地简单和可以被制造出来与传统的扬声器相比具有相对浅的深度，或明显地浅的深度；和与传统的活塞扬声器相比有一个宽的弥散角。在辐射器面板由金属箔或薄片制造出来或用金属箔
5 或薄片覆盖的情况下，被制造出来的扬声器可以被屏蔽起来防止射频发射。

因此，本发明的具体设备方面包括一个面板状扬声器，其包括一个共振多模式声音辐射器，驱动装置，被安装在辐射器上以激励在辐射器中的多模式共振；和一个隔音板，其包围和支撑辐射器；对于隔音板弹性的悬架可以被插入设在辐射器和环绕物之间，典型地象橡胶那样的弹性材料，
10 和可以是海绵状的，例如泡沫橡胶；该隔音板可以是大体平面型的或可以是一个屏蔽室那样的形式，例如一个箱状的屏蔽室，和任何适当的刚性材料，例如中等密度的纤维板，包括被形成在一个屏蔽室中作为所谓的“无限隔音板”形式和/或开端口的形式；换能器可以被整体地和唯一地安装在辐射器上；屏蔽室可以包括一个后箱部分，其适于被埋在墙内或埋在类似的表
15 面中，以及前箱部分，其适合于从墙或类似物体上伸出来，并且这样的两个箱部分可以是结构上可分离的和适合于按所期望的方式连接在一起。

图 7 显示了一个安装在地板上的面板状扬声器 81，即正如在图 1 和 2 中一般地所示的，作为一个轻质刚性长方形分布模式声音辐射面板 2，声音辐射面板 2 被安装在一个弹性环绕物 3 中或上，在一个长方形框架 1 中的
20 所示的弹性环绕物 3 支撑在一个地板支架 23 上，地板支架 23 有一个装在地面的脚 83 和一根竖直杆 84，竖直杆 84 上连接着四条大致水平的臂 85，臂 85 在它们的末端 86 上分别与框架 1 的角 87 相连接。一对平衡的图 9-17 中所示的那种类型的换能器在一个相应端被分别安装在面板 2 上来驱动面板，它们的另外的端也被支撑在竖直杆 84 上的突出部 88 上。

正如上面所述，一对换能器 9 位于面板 2 上一个预先确定的位置上。这种安排的目的是在较低的频率下通过反抗竖直杆 84 活塞似地驱动面板 2，与臂 85 连在一起的竖直杆 84 的作用就象一个传统扬声器驱动单元的底座，但是在不同于活塞效应的低频率下发射/激励面板中的挠曲波振动，即对相对的声音输出共振。悬架 3 将是柔顺性的，即象一个传统活塞扬声器锥形
30 驱动器的卷形环绕物。这样的面板状扬声器可以相对简单地被制造出来，其扁平性使它们相对容易地被安装，和与传统的扬声器相比有一个宽的声

音弥散角。

因此，本发明的具体设备方面包括一个作为具有边界的共振分布模式声音辐射器的面板状扬声器；一个安装在辐射器上以便激励辐射器中的分布模式共振的换能器；和一个支撑辐射器的框架；耦合在辐射器和框架之间的换能器振动面板使它共振产生一个声音输出，其中框架装置在其边缘上支撑辐射器，对于附加的活塞音响效应这样是最佳的，对于弹性的悬架装置连接在框架和辐射器边缘之间这样是方便的，和/或框架有一部分环绕着辐射器面板和/或弹性材料做成的弹性悬架。适合于引起辐射器共振和使辐射器以活塞般的方式运动的换能器是一种具体的发明的特征，因为它的框架包括一个有地面接触部分的地板支架，一个大体竖垂直部分从地面接触部分向上延伸，和多个臂从垂直部分向外延展，臂的末端支承着弹性悬架。辐射器可以是任何形状的最好用臂支承在它的边缘上，以便于换能器被安装在或邻近框架的竖直部分。

图 8 显示了对于一个扬声器 81 组合活塞和分布模式共振行为的另一种方法。正如在图 1 和 2 中所示，轻质、刚性的分布模式声音辐射器面板 2 形成了一个有边缘 135 的箱状屏蔽室 8 的前壁和一后壁 12，例如，它们是中等密度的纤维板，这些边组合在一起形成了一个空腔 155。声音吸收材料做成面板 51 被安装在空腔 155 中。安装在空腔中的声音吸收材料做成的面板 51 起阻尼驻波的作用。辐射器面板 2 通过一个柔顺悬架 7 被安装在屏蔽室 8 中，这个柔顺悬架可以是例如模仿传统活塞锥形扬声器的卷形环绕物和辐射器面板 2 支承一个换能器 9，正如在图 9-17 中所示的，换能器 9 被完整地 and 唯一地安装在面板 2 上的一个如上所述的预先确定的位置上。

屏蔽室 8 的内部空腔 155 与一低音泵(bass bump)11 相连接，就是说一个箱状屏蔽室 185 的内部包含一个活塞型的低音扬声器驱动单元 42，通过管状导管 90 的方法使得在低音区域声音频率的空气压力波被增加到屏蔽室的内部 155 上，引起面板 2 在它的柔顺悬架 7 上活塞式地运动，以产生一个低频声音输出。另外，通过换能器 9 使面板共振让面板辐射一个在较高频上的声音输出。设置一个放大器 1 把声音信号馈入低音泵 11 和馈入换能器 9 以便驱动扬声器。

因此，本发明的具体设备方面包括一个扬声器，其包括一个屏蔽室；一个在屏蔽室中的声音辐射器；一个安装在屏蔽室中的辐射器上用于与那

里相关的受限的活塞状运动的辐射器；和用来驱动辐射器的换能器装置，其中辐射器是一个面板状的分布模式声音辐射器，通过完整地专门地安装在辐射器上的第一换能器以振动辐射器使它共振，和通过改变在屏蔽室中空气的压力以引起辐射器以活塞般的方式运动的装置；在那里空气压力变化装置可以包括一个空气泵，即作为一个辅助的屏蔽室，一个安装在辅助屏蔽室中的活塞型驱动器和与各个屏蔽室的内部相耦合的装置，使得由活塞型驱动器的运动产生的空气压力波被发射到所述的屏蔽室中；和声音吸收装置，例如软填料，可以被安装在所述的屏蔽室中和/或在辅助的屏蔽室中。

10 考虑图 9-11，图 9 显示了动圈式换能器，它被设为完全镶嵌在刚性轻质分布模式面板 2 的内部中，面板 2 包括一个在两侧具有表层 21 的芯层 22，以激励/发射在面板中的挠曲波。该换能器包括一个镶嵌在一个固定物 16 中的线圈 13，这个固定物 13 可以是例如环氧树脂，其设在面板 2 的芯层 22 中的空腔 29 中，并环绕着一个圆柱状的线圈架 18，因此线圈 13 和线圈架 15 18 被刚性地固定在面板 2 中。安装在由线圈架 18 限定的空腔 29 的一部分中的的是一个磁铁组件，它包括一对相对设置的磁铁 15，磁铁 15 由一块柱形构件 14 分开，磁铁组件通过象泡沫橡胶那样的橡胶状材料制成的相对的柔顺悬架构件 19 的手段被安装在面板 2 的表层 21 的内表面上，柔顺悬架构件 19 一边被粘贴在磁铁组件上和另一边被粘贴在面板的两个表层 21 的内表面上。因此磁铁组件 14, 15 被同心地安装在线圈 13 中并且可在它的悬架 20 19 上轴向地移动。由于在磁铁组件和线圈之间的相对轴向运动，换能器通过振动产生面板的局部弹性形变来发射/激励挠曲波。驱动/激励效应通过增加磁铁组件的质量得到提高。在工作时，至少在高频下，由于磁铁组件的质量与面板的质量相比相对较大，磁铁组的惯性将倾向于使磁铁组处于静止状态而使面板相对其进行振动。

图 10 显示了一个类似于在图 9 中所示的那种动圈式换能器 9，它被完全地镶嵌在一个坚硬轻质分布模式辐射器面板 2 的内部中，它把挠曲波发射到面板中，面板 2 包括一个带有表层 21 的芯层 22。换能器 9 作为模块组件被生产出来以便利于它安装在面板 2 中。正如所显示的，面板 2 被形成 30 为一个带有一个合适的空腔 120 以便接收换能器 9。该换能器包括例如通过一个刚性的粘性封装(potting)20 的方法固定在一个圆柱形线圈架 18 的内壁上的

线圈 13, 线圈架 18 提供换能器的外壳和在它相对的轴端由轻质的端帽 119 封闭住, 端帽以任何所期望的方式, 例如通过粘合剂 220 被刚性地固定在线圈架上。该组件被设置为放置在分布模式面板 2 中的换能器空腔 120 中, 通过在图中所示的箭头 A 的方向移动进去。换能器通过粘合剂的方法被固定在该空腔中。被安装在由线圈架 18 限定的空腔中的是一个磁铁组件, 它包括一对相对设立的磁铁 15, 磁铁 15 由一个柱形构件 14 分开。磁铁组件通过象泡沫橡胶那样的橡胶类似材料制成的相对设立的柔性悬架构件被安装在线圈架 18 和端帽 119 上。相对面而立的柔性悬架的一边粘贴在磁铁组上, 另一边粘贴在各个端帽的内表面上。因此磁铁组件 14, 15 与线圈 13 同心地安装并在它的悬架 19 上可轴向地移动。与图 9 中的实施例中所描述的方式完全相同, 换能器 9 通过振动引起面板的局部弹性形变以发射/激励在面板 2 中的挠曲波。

图 10 的换能器的意图是作为一个小型的设备, 它可以完全地埋入一个分布模式面板 2 的厚度之中。换能器包括一个圆柱形的线圈架 18, 例如通过粘附的方法, 它适合于固定在面板 2 的相对应的缝隙 29 之中。线圈 13 借助于粘合剂被固定在线圈架 18 的内表面上。线圈架 18 的相对的轴端由例如橡胶或类似材料制成的盘形柔顺悬架构件 59 封闭住, 构件 59 的每一个在接近边缘处具有一个环状皱褶 136 形成一卷形环绕物, 这个卷形环绕物类似于在传统的活塞锥形扬声器驱动单元上所使用的卷形环绕物。构件 59 的边缘通过夹住, 借助于粘合剂或任何合适的方式, 被固定在线圈架 18 的轴端。构件 59 的中心部分, 由环状皱褶 136 所限定的那一部分, 在其之间支撑着一个磁铁组件, 该磁铁组件包括一对相对设立的磁铁 15, 磁铁 15 夹住一个柱形件 14。磁铁 15 的外表面被粘附在或者被固定在构件 59 的中心部分上, 因此, 磁铁组件 14, 15 相对于线圈 13 同心地放置和能够相互之间作有限的轴向运动。磁铁组件通过盘状屏蔽体 121 被屏蔽起来以便阻止或限制邻近换能器的面板周围的散漏磁场, 盘状屏蔽体 121 被安装在靠面板 2 支持的环状弹性构件 17 上。

图 11a 的换能器配置 9 包括设置在面板 2 的相对的两侧上的互补型推挽驱动器, 以把挠曲波发射到一个刚性轻质的分布模式辐射器 2 中, 引起面板共振, 面板 2 包括一个由相对的表层 21 封闭而成的芯层 22。线圈 13, 例如通过粘合的方法, 被坚实地固定在一个线圈架 18 的外面上形成一个音

圈组件，这个音圈组件，例如通过环氧树脂粘合剂 16 的方法，被刚性地粘附在辐射器面板 2 的相反的相对表层 21 上。磁铁 15 由一对柱体 14 封闭住，柱体 14 中的一个为盘状的并且其边缘被放置在接近每个线圈架 18 的内部，和柱体 14 的另一个有一边缘凸缘 162，这个边缘凸缘 162 被布置成环绕线圈 13。一个固定构件 93-它一般是圆柱状的，被布置成可以自由地穿过在面板 2 上的缝隙 29。固定构件 93 包括相对设置的一般为互补的部件，其每一部件均有一个头部 95，这两个头夹住一对换能器 9 的轴向端部以将各驱动器耦合在一起。固定构件 93 的两个互补部件通过互补的螺纹部分 160、161 被固定在一起。固定构件可以是任何合适的材料，例如塑料或金属，图 11a 所示的换能器配置 9 并不是刚性地夹在邻近缝隙 29 的面板 2 中，而是通过例如泡沫橡胶做成弹性片 17 与面板相连接，弹性片 17 位于接近面板缝隙 29 的地方，与图 3 和图 4 中所示的方法非常相似，因此，换能器工作通过由于各个驱动器的组合质量的惯性效应把挠曲波发射到面板中。

图 11b 的换能器 9 总的来说类似于图 11a 的换能器，但它是用来只贴附在面板 2 的一边上。因此，磁铁组件 14、15 通过例如橡胶制成的弹性悬架 17 被固定在面板 2 的表面上，弹性悬架 17 附着在柱形构件 14 外面的凸缘 162 的边缘上。图 11c 显示了在图 11b 中显示的那种类型的换能器 9 和它是用来可以容易地加到面板表面上。因此，通过线圈架 18 和弹性悬架 17，换能器被安装在薄基底层 147 上，薄基底层 147 有一个自粘性的外层，因此换能器可以被安装定位。

因此，本发明的具体设备方面包括一个含有音圈组件的惯性振动换能器，其具有一个管状构件和一个坚实地固定在管状构件上的线圈；还包括一个磁铁组件，它同心地放置在音圈中；和包括弹性装置，它支承磁铁组以相对于音圈作轴向移动，音圈适用来刚性地安装在一个分布模式辐射器上；在那里弹性装置可以包括相对而设的弹性构件，音圈的轴端可以被盖帽封闭住；弹性装置可安装在盖帽上；线圈可以被安装在管状构件的内表面上形成音圈组件和/或用来装在在辐射器中的一个相应成形的空腔中。端帽可以包括该弹性装置，即每一个包括一个环状柔顺卷形环绕物，和磁屏蔽体可以被设置在端帽上以便减小散漏磁场。进一步，音圈组件可以适合于被牢固地固定在辐射器的表面上和/或磁铁组件可以包括相对而放的一般为盘状的柱形件，其中之一的边缘被放置在音圈组件内或靠近音圈组件，

其中另一个的边缘被做成带有一个凸缘，放置为靠近音圈组件的地方并环绕音圈组件；和/或弹性构件可以被夹在柱形件之一和辐射器的一个面之间和/或换能器在辐射器的相对面上可以包括互补的磁铁组件和音圈组件，和将磁铁组件连系在一起作推挽(push-pull)操作的装置。另一个发明的方面是一个扬声器，包括一个如上面所指出的和/或所描述的惯性换能器，和一个扬声器包括一个分布模式辐射器和换能器，换能器被连接起来振动该辐射器以引起它共振。

图 13 显示了一个压电换能器 9，其中一个晶体盘状压力弯曲件 27 的中心被安装在坚硬泡沫塑料制成的轻质坚硬圆柱形块 93 的一端上，轻质坚硬圆柱形块 93 例如可以通过粘合剂的方式被牢固地固定在分布模式辐射器面板 2 中的一个缝隙 20 中，所述的圆柱块 28 的所述一端从面板 2 的表面上凸出来，使得弯曲件 27 的边缘 31 被自由地悬浮在靠近面板 2 的表面的地方。由塑料，例如无机填料的聚氯乙烯制成的圆环 25 被牢固地固定在压力弯曲件 27 的边缘上以把质量加在压力弯曲件的自由边缘上。因此，当换能器随着一个声音信号被激励时，压力弯曲件 27 振动起来和由于其质量压力弯曲件 27 把挠曲波发射到面板 2 引起面板共振并产生和辐射一个声音输出。换能器 9 可以由一个拱顶的壳体 26 覆盖住，这个拱顶的壳体 26 被固定在面板 2 上可以用来保护换能器。

图 14 的压电换能器 9 有一个盘状的压力弯曲件 27，这个盘状压力弯曲件 27 通过它的边缘 31 借助于粘合剂被牢固地安装在面板 2 的表面上，而弯曲件 27 的中心部分被自由地悬空在面板 2 中的空腔 29 上，这样只有弯曲件 27 的边缘部分 31 与该面板接触。例如由塑料材料制成的一个质量块 25 被粘附在弯曲件 27 的中心上，且在质量块 25 和弯曲件 27 之间的插入物弹性材料，例如弹性聚合体制成的阻尼板 30。因此，施加到压力弯曲件上的声音信号将引起弯曲件振动和由此把挠曲波发射到面板中。换能器的驱动效应通过把质量块 25 加载到驱动器 27 上增加它的惯性而得到提高。

图 15 的换能器配置 9 类似于图 14 中的换能器，除了在这个实施例中一对压电弯曲件 27 通过面板 2 贴附在空腔 29 相对的两边上以推挽的方式支行。在这个配置中，两个弯曲件 27 的中心通过一个带有弹性阻尼板 30 的共用质量块 25 连接在一起，弹性阻尼板 30 位于每个弯曲件 27 和质量块 25 之间。这样的换能器在结构上相对简单和在使用上有效。

由此，本发明的具体设备方面包括一个含有平板状的压力弯曲件的惯性振动换能器和适合于把弯曲件安装在要振动的板件上的装置，这样的配置使得弯曲件的主要部分与要对其作相对运动的板件之间留出空间；在那里一个质量块可以被固定在弯曲件的所述的主要部分上，这个弯曲件可以是晶体的(crystalline)，如盘形的；安装装置可以是放置在其中心的；且质量块可以被固定在弯曲件的边缘上。或者是，盘状弯曲件的边缘部分可以被固定在板件上，和质量块可以被固定在弯曲件的中心上。一个弹性构件可以被用来把质量块贴附在弯曲件上；和所述的弯曲件可以被贴附在该板件的相对的两面上，该板件要被引起挠曲波振动，并且两弯曲件可通过一个共用质量块连接在一起以推挽的方式工作。从另一个发明方面来看，一个扬声器有一个分布模式声音辐射器，这个辐射器带有，如上所述的方式连接的换能器从而以挠曲波方式振动/激励该辐射器。

现在转到图 16 和 17，图 16 显示了一个换能器 9，它用来激励/发射在坚硬轻质分布模式辐射器面板 2 中的挠曲波，正如在图 1 和 2 中所示的，换能器 9 包括一个由相对的表层 21 封闭的芯层 22，以引起面板共振。该换能器包括一个线圈 13，例如通过粘合剂，这个线圈 13 被牢固地固定在线圈架 18 的外侧，这个线圈架 18，例如通过环氧树脂粘合剂 16 被牢固地粘附在辐射器面板 2 的表面层 21 上。磁铁 15 由一对圆柱体 14 封闭起来，圆柱体 14 中的一个圆盘形的和被放置为其边缘接近线圈架 18 的内部的位置，和圆柱体 14 的另一个有一个边缘凸缘 19，这个边缘凸缘 19 被放置在围绕线圈 13 的位置。包括磁铁 15 和圆柱体 14 的磁铁组件通过一个例如金属或硬塑料制成的固定件 93 被安装在面板 2 上，固定件 93 能够穿过空腔 29 并伸展到超过面板 2。固定件 93 包括一对互补螺纹构件 91, 92，其每一个都有一个头 95，其中一个头支承在换能器 9 的外表面，其另一个头支承在面板 2 的一面，面板 2 的这一面与安装换能器的那一面是相反的。一个垫圈 127 被夹在换能器 9 和面板 2 之间使换能器与面板隔开(spruce)。当一个声音信号施加到换能器上以发射/激励在面板中的挠曲波使面板共振时，这个换能器 9 通过局部地弹性地挠曲固定物 93 和线圈架 18 之间的面板来工作。

图 17 中的换能器配置 9 类似于在图 16 中所描述的换能器，除了这个换能器包括在图 16 中所述的那种类型的设在面板的相反的表面上的互补的推挽驱动器之外。一个固定构件 93 被安装得可以穿过在面板 2 中的缝隙 29

中，层 22 分开两个表层 21。面板 4 由它自己的换能器 9 驱动，换能器 9 完全地和唯一地安装在面板 4 的一个预先确定的位置上或 1 中以便产生一个高频声音输出。当面板 2 由一个另外的换能器 9 驱动产生一个低频的声音输出时，这样扬声器可以容易地构成整个声谱。

5 图 19 显示了这里的分布模式面板 2，或在图 1 和 2 中所示的那种类型的实例，如何被一对 70, 71 换能器 9 所驱动产生共振的，较小的那个换能器 70 是一个高频压电换能器，例如在图 24 中所示的那种类型的；和较大的那个换能器 71 是一个电磁性的换能器，例如正如图 9-17 中所示的那种类型。

10 换能器 70、71 由一个放大器 10 来驱动，放大器 10 与换能器分别并联，考虑到压电换能器的相对较高的压电要求，在到压电换能器的线路上插入一个升压变压器 72 和一个匹配电阻 73。图 20 图示了这里的分布模式面板 2，例如在图 1 和 2 中所示的那种类型的面板 2，如何由一对 70, 74 换能器 9 驱动的，换能器 70 是一个高频压电换能器，例如在图 24 中所示的那种类型的换能器，和换能器 74 是一个在图 13-15 中所示的那种类型的低频压电换能器。标号 75 表示换能器 74 带有一个质量块以增加它的惯性，换能器 15 70, 74 由一个放大器 10 来驱动，换能器 70, 74 到放大器 10 是并联连接的，还带有插入的电阻 78 以便提供一个分频网络。

图 1 显示了一个分布模式面板 2，例如在图 1 和 2 中所示的那种类型的 20 面板，如何由一对 68, 69 电动换能器来驱动，例如在图 9-17 中所示的那种类型的电动换能器。换能器 68 的用作为一个高频驱动器，因此是一个低自感的，而换能器 69 的是用作为一个低频驱动器和是高自感的。换能器 68, 69 并联地被一个放大器 10 来驱动，在换能器 68 这条线路上有一个电容器 77，它的作用是作为一个分频器以便使大多数高频信号进入换能器 68 中。

25 具体的本发明的设备方面包括一个面板状的扬声器，这个扬声器有一个分布模式声音辐射器和与辐射器相连接的激励辐射器中的分布模式共振的第一换能器，和有一个连接的使辐射器振动的第二换能器；其中第一和第二换能器可以用来以不同的频率范围中工作；换能器中的一个可以是电磁类型的和/或换能器中的一个压电类型的；面板状扬声器可以有一个安 30 装在第一个所述辐射器上或在第一个所述辐射器中的第二分布模式声音辐射器，和弹性悬架耦合在第一辐射器和第二辐射器之间。第一换能器被完

全地和单独地安装在第一辐射器上和第二换能器被完全地和单独地安装在第二辐射器上和/或第二辐射器被安装在第一辐射器的一个缝隙之中。

图 22 显示了这里的一个分布模式面板 2，如象图 1 和图 2 中所示的那种类型。它是用为一个扬声器和作为一个声音接收器或麦克风，例如用在
5 一个交互式的环境之中。尽管没有在图 22 中显示出来，与图 1 和 2 中所示的方式相同，面板 2 被安装在一个环绕的框架 1 中并通过一个弹性悬架 3 被粘附在框架上。该框架被悬挂在一对细线 33 上，例如细线 33 可以来自天花板或系在一个放置在地板上的支架上(图中未显示)。面板通过一个换能器 9 被驱动引起共振和产生一个声音输出，换能器又与一个放大器 10 相连接并且被这个放大器 10 驱动。

面板还带有一对振动传感换能器 63，换能器 63 可以是如前所述的压电弯曲件，并且它们并联地连接起来驱动与输出 66 相连接的信号接收器和调节器 65。另一个在面板 2，例如前面所讨论的面板上的振动换能器 63 被连接起来驱动一个滤波器/相关器，来自滤波器/相关器的输出馈入信号接收器
15 和调节器 65，以便提供信号校正。这样简单的扬声器/送话器有广阔的工业用途，例如应用在一个交互式的环境之中。

由此，本发明的具体设备方面作为一个面板状扬声器而体现出来，这个扬声器有一个分布模式声音辐射器和一个与之相连的换能器振动辐射器使它共振，其中一个第二换能器与辐射器相连接，响应于由于入射的声音
20 能量引起的辐射器共振，换能器产生一个信号；最好是此分布模式声音辐射器通过一个插入的弹性悬架被安装在环绕的框架之中；和/或有至少两个所述的第二换能器，它位于辐射器上分开的位置上，和/或有一个进一步的换能器和装置，这个装置用来将由这个或每个所述第二换能器产生的信号与
25 所述第二换能器产生的那些信号的信号进行比较，对于该换能器来说，合适的比较装置可以包括一个信号接收器和调节器和信号输出装置。

考虑送话器(麦克风)，尤其是图 23 中所引入的第一种，正如上面关于图 1 和图 2 所述的，一个分布模式面板板件是一个好的声音接收器，这个声音作为音响的振动在面板上出现。一个优选的轻质面板结构有助于灵敏度，和振动可以通过一个和最好多个简单挠曲换能器来传感，这种挠曲换
30 能器可以是例如如前所述的压电类型。多个换能器和换能器设置位置优化了从分布面板振动到所期望的电子输出信号的耦合质量。这种设置位置应

该是在高模密度的位置，最好对于面板内多个换能器的每一个是变化的，而面板本身对于好的模分布应该有最佳实际的或等效的几何形状。

入射在面板上的声能被转换成自由模式挠曲波振动，这个挠曲波振动可以被光学的或电动的振动换能器传感，和结果是一个送话器。对于不太重要的应用，单个传感器是有效的，它位于一个单独的最好或最佳的换能器位置上。对于高质量的要求来说，在这里所考虑的面板板件能量转换的原理上自由空气/挠曲波的非往复的性质需要被考虑到。两个相关的因素产生出来，首先，提供一些频率相关的均衡作用来达到一个平坦的频率的应；

5 和 第二，寻找一种展宽器，最好是尽可能地宽地对音响面板的复杂振动取

10 样。至少三个换能器是较佳的，和它们可以是并不昂贵的压电弯曲件 (bender)，其输出以并联的方式相连接。另一种方案是，较大面积的聚合物压电薄膜可以被使用，即采用合适的几何拾取图案来对所要求的灵敏度对频率响应的最优化以定义振动整体面积。

对于送话器的应用来说，面板是轻质的是有利的，最好尽可能地轻，

15 这些可以在空气的辐射阻抗和在面板中所得的挠曲波振动之间提供最佳的可行的匹配。较高的或最高的灵敏度是通过面板的单位体积的较小或最小的质量来取得的。对于一个单一的换能器，理论模型的计算表示一个最佳的配置包括至少一个传感换能器位于面板的角上，因为所有的共振模式是在角上“发声的”(尽管对于这里的扬声器设备并没有很好地被驱动/激励)。

20 图 23 显示了象所述的板件那样的分布模式面板 2，总的说来它象图 1 和 2 中所描述的，用作一个声音接收器或送话器，这个面板通过一个在图 23 中被省略的，但可从图 1 和 2 中看到的弹性悬架 3 将被安装在一个环绕框架 1 中并贴附在框架上。该框架被悬挂在例如来自天花板或立在地板上的支架(未显示)的一对细线 33 上。所显示的面板携带一排四个振动换能器

25 63，它们在面板上分开设置和它们可以是在下面图 24 中所示类型的压电换能器，它们并联地连接起来驱动与一个输出 60 相连接的一个信号接收器和调节器 65。实线的换能器位置是图示性的，和就换能器的中心来说的实际的位置可以对应于如上所表示的相对于一只角的 $3/7$, $4/9$, $5/13$ 边长长度的比例坐标的不同组合，正如在图 3 中所表示的，这些比例坐标从地形上非常接近地靠在一起，特别是关于 $3/7$ 和 $4/9$ ，和作为一条轮廓线被集体地表示出，对于这里的小面板板件来说也许甚至被合理地认为实际为单一“圆

30

饼”，尽管根据这些坐标精确的中心定位对于扬声器实施例是特别地有效，正如上面所表示的。

图 24 显示了一个用于一个分布模式面板 2 的一个换能器 9，这个换能器 9 是晶体盘状压电弯曲形式 27，它被安装在例如黄铜制成的圆盘 118 上，这个圆盘 118 通过例如粘合剂 20 被粘附在面板 2 的表面上。在工作时，通过 5 引线 28 施加到换能器 9 的声音信号将引起压电圆盘 27 弯曲和因此局部地弹性地使面板 2 变形把挠曲波发射到面板中。

本发明的具体设备方面包括一个面板状送话器，这个送话器包括一个分布模式音响板件和至少一个换能器，每个换能器被完全地和专门地与板件相耦合，并响应于由于入射的声能引起的板件的共振，产生一个信号；板件通过一个插入的弹性支持体最好被安装在一个环绕的框架上，和/或在板件上的分开的位置上至少有二个所述的换能器；和/或板件上又一个的换能器，响应于由于入射声能引起的板件的振动产生一个信号，和/或用来将 10 所述的又一个换能器产生的信号与所述的(多个)换能器产生的那样信号中的信号进行比较的装置。合适的比较装置可以包括一个信号接收器和调节器和信号输出装置，分布模式声音板件可以是一个刚性轻质板件，面板中有一个由两个表面夹起来的蜂窝状芯层，和这个或每一个换能器可以是一个压电装置。 15

图 25 显示了一个适合于被支持在一个格状悬挂框架 99 上的那种类型的天花板 36，这是一种悬挂的天花板，但是它被用作一个扬声器 81，大体上类似于在图 1 和 2 中所示的那种类型，也就是说包括一个坚硬轻质多模共振面板 2，面板 2 有一个在两边上的表层 21 封闭起来的芯层 22。面板 2 的边缘安装于支在泡沫橡胶的弹性悬架 3 上，这个弹性悬架 3 被支持在框架 99 上。悬架 3 可以通过粘合剂被为附在面板 2 上或框架 99 上，但是连接可以完全靠重力的作用。面板 2 带有一个换能器 9，例如在图 7 到 12 中 20 所示的那种类型的换能器，换能器 9 发射挠曲波到面板上引起面板共振产生一个声音输出。

在高音质的最佳实例中，制成的面板 2 有一个多孔的聚苯乙烯泡沫芯层，这个芯层典型地有 100g/m^3 的密度，8mm 的厚度，表面用 0.1mm 厚的 30 坚硬铝合金表层覆盖。一个柔软的泡沫或毡条，大约 3mm 厚，被固定在边缘上，以当被放置在天花板框架上时提供一个部分柔顺的安装，和还帮助

抑制在天花板框架部分中的任何可能的振动。

激励的最佳形式是一个整体的动圈式线圈惯性换能器，它带有一个25mm或38mm的音圈，6Ω的阻抗，40W的功率输送，以及线圈被直接粘附在面板表面上。一个被封闭的和自密封的袖珍杯型磁铁也可以通过一个弹性去耦环被直接粘附在面板，弹性去耦环的选择考虑到它的机械振动特性和线度的稳定性。

根据应用的要求，一个低价格形式的天花板块可以用塑料泡沫为芯、表面为纸的板材料制成，它可以有一个轻质合金箔层起到阻燃作用，它由低价格的压电振动激励器驱动。可以获得减小的最大声音水平，而对于个人播音，画外音和背景音乐分布仍然非常足够。大面积的有效区效仍然保持着。

当金属的或碳的导电表层或芯层被使用时，扬声器可以接地以保持安装的结构EMC屏蔽。

由此，本发明的具体设备方面包括用于悬挂的天花板和与扬声器合为一体的天花板块，天花板块是分布模式声音辐射器的形式，和换能器被完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振，最好在辐射器的边缘带有一个弹性悬架，和通过弹性悬架辐射器被支持在悬浮天花板上，和/或辐射器是一个坚硬轻质的面板，包括一个由高模量表层夹起来的蜂窝状芯层。

前述的部分切割/内部框架的特征的本质要素可以类似于应用到象聚苯乙烯泡沫材料制成的天花板上，如作为后面的肋条限制所期望的工作区域，在这个工作区域中最佳的换能器位置可以被使用。

这样的天花板块扬声器并不需要一个框架、底座、或声音隔音板。整个扬声器面板是整体的和正象一个无源装饰天花板块可以被放置就位。该声音面板是相对的轻质，减小天花板的负荷和有助于安装。它可以容易地被制成防火的，在天花板安装时它可以被装饰起来、被油漆起来和被贴上墙纸使它看不到而没有明显的音响损害。与锥型扬声器的薄膜相比，微小的损害并不破坏它的性能，锥型扬声器是非常脆弱的。此外，重要的是在由声音面板扬声器给出的声音分布上的巨大优点。它的高清晰度和宽的角度有效范围的组合意味着在一个典型的大区域安装中只需大约传统安装的扬声器数量的一半，就可以取得优秀的音响性能，这样在安装费用上大大

地节省了。

图 27 显示了一个视频显示单元 137，例如一个计算机监视器或类似的东西，它有一个以任何所期望的方式列成的显示屏 37，例如可以作为一个阴极射线管或作为一个液晶显示屏。单元 137 包括一个箱形壳体 101，壳体 101 有相对的两面 102，其中每一面被做成与一个多模声音辐射器 2 合并在一起形成扬声器 81。此多模声音辐射器 2 类似于上面图 1 和 2 中所描述的那种辐射器。

壳体 101 由塑料模制出来，并且与壳体的一般厚度相比，相对的两面 102 被模制成具有大致长方形形状的相对较薄的长方形区域，通过沟槽 100 被结合在一起以便限定辐射器 2。这些区域 2 被硬化在他们的内表面上，具有一个轻质的芯层 22，它由一个内表层 21 支撑着形成一个坚硬轻质多模式辐射器面板 2，面板 2 是例如上面图 1 和 2 中所描述的那种类型。这些沟槽有效地界定在图 1 和 2 中所示的那种类型的弹性悬架 3 和环绕的壳体 101 形成框架 1。依照这里的方法，一个换能器 9 被粘附在每个面板 2 上把挠曲波发射/激励到面板中使面板共振产生一个声音输出。

本发明的具体设备方面包括一个视频显示单元，它包括一个显示屏和一个壳体，显示屏被安装在壳体中，其中壳体带有一个扬声器，它包括一个分布模式声音辐射器和换能器装置，换能器装置完整地专门地被安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振，最好辐射器与壳体合为一体，例如这里的一个外壁，和/或辐射器包括一个坚硬轻质的面板，面板有一个由表层夹起来的蜂窝状芯层，其中表层中一个可以与壳体合为一体，和/或所述的一层表层比壳体的壁的平均厚度要薄，和/或壳体的外壁被做成带有一沟槽，该沟槽环绕着辐射器并可以进一步有用地提供一个弹性悬架把扬声器与盒子连接在一起。

图 29 和 30 显示了一台膝上型个人计算机 128，它有一个键盘 137 和一构件 130，构件 130 与视频显示屏 129 合并在一起，该构件上装有一对相对而立的扬声器 39, 40，扬声器 30, 40 被连接在视频显示构件 130 上以便使计算机适合于多媒体的应用和其它类似的应用。扬声器 39、40 被制成形这里的薄长方形面板。正如在 39 上所述的和通过箭头“A”所示的，薄长方形面板可以通过一个槽缝 82 从在图形上表示的使用位置滑动到在构件 130 中的一个存放位置，另一方面，正如在 40 上所示的和通过箭头“B”所示的，扬

声器面板可以沿着铰链 34 被折叠起来, 从在图形中所表示的使用位置折叠到一个存放位置, 在这个存放位置上面板 40 与显示屏构件 130 重叠在一起。

这里的扬声器 39, 40 的每一个被制成作为上面关于图 1 和 2 中所描述的那种类型的一个轻质多模式声音辐射器。因此, 每个扬声器 39, 40 包括一个刚性轻质板件 2, 面板 2 有一个两侧由表层 21 覆盖起来的蜂窝状芯层 22, 面板 2 的边缘被放置在一种弹性材料制成的弹性悬架上使面板被支撑起来, 弹性悬架又支撑在轻质环绕框架 1 上, 例如, 这个框架可以是塑料制成的。正如上面所讨论的, 换能器 9 被安装在每一个面板 39, 40 上的一个预先确定的位置上在面板 2 中发射/激励挠曲波产生一个声音输出。换能器 9 可以是正如这里所图示的那一种。一个装饰用的轻质外罩(没有显示)可以位于面板 2、环绕物 3 和框架 1 的上面以便挡住扬声器。

本发明的具体设备方面包括一个膝上型计算机, 它包括一个组合的键盘和显示屏, 它的特征是一对相对而立的扬声器连接在计算机上, 和其中每个扬声器包括一个分布模式声音辐射器, 辐射器上有一个完整地专门地安装其上的换能器, 换能器振动辐射器使辐射器共振。扬声器可以被安装在显示屏上。扬声器也可以被铰接在显示屏上。

显示屏可以包括一个壳体和扬声器的每一个可以被限制在显示屏壳体的槽缝中以便可以在被存放的位置和使用位置之间滑动, 其中在存放位置扬声器基本上完全地被容纳在槽缝中, 在使用位置上, 其中扬声器被放置在显示屏相反的两侧上。

每个辐射器可以包括一个刚性轻质板件, 面板上有一由相对的高模量表层夹起来的蜂窝状芯层, 和面板可以通过一弹性的悬架被支持在一个环绕框架上。

图 31 到 35 显示了一个便携式个人光盘播放机 41, 这种类型的光盘播放机 41 有一机身 85, 机身 85 被制成带有一线槽 82 和控制按钮 137, 通过线槽 82 光盘被装载进去和从播放机中移走, 通过控制按钮 137 可以操作播放机。播放机 41 以薄面板状板件 40 的形式装有一对相对而立的扬声器 81。薄面板状板件 40 铰接到播放机的相对的两边上夹住播放机。扬声器 40 的尺寸被做成与播放机 41 一样大小的和被设计成可以从图 31 中所示的闭合位置到图 34 中所示的张开位置之间转动, 正如图中箭头 'C' 所表示的。在张开的位置上, 播放机 40 的机身 85 倾向于把扬声器 40 分开起到作为中心隔

音板的作用以便改善声道分离性。

5 这里的面板状扬声器 40 的每一个是一个分布模式声音辐射器，大体上如图 1 和 2 中所示的那种类型和/或正如图 1 和 2 中所示的那种类型。因此每个扬声器包括一个刚性轻质板件 2，面板 2 被制成有一个由表面层 21 封闭起来的蜂窝状芯层 22。面板被安装在例如泡沫橡胶制成的一个环绕弹性悬架 3 上。这个弹性悬架又被安装在例如塑料制成的一个轻质长方形框架 1 上。一个换能器 9，例如关于图 24 中所描述的那种类型的换能器，被安装在每个面板 2 上发射/激励在面板中的挠曲波引起面板共振产生一个声音输出。正如上面所述，换能器 9 被放置在各个面板 2 上的预先确定的位置中。

10 图 34 和 35 图示了一个便携式光盘播放机 41，这种类型的光盘播放机 41 包括一个机身 85，机身 85 上携带一个转盘 86，操作按钮 137 和一个盖 139，正如由箭头‘D’所示的，盖 139 被铰接起来可以关闭转盘的上部。播放机 41 以薄面板状的板件形式被装备了一对相对而立的扬声器 81，正如在 40 处所示，薄面板状的板件可以被铰接在盖 139 的边上，正如由箭头‘E’所表示的，可以在一个闭合的位置(未显示)到所示的张开的位置之间转动。另一方面，正如在 39 处所示的，面板状扬声器 81 可以被装在盖 139 中的线槽中(未显示)，正如由箭头‘F’所表示的，可以在张开的位置和缩进去的位置之间滑动。这里的面板状扬声器 39, 40 的每一个是一个分布模式声音辐射器。因此，每一个扬声器包括一个刚性轻质板件 2，面板 2 被制成带有一个由表面层 21 封闭起来的蜂窝状芯层 22，面板被安装在例如泡沫橡胶制成的一个环绕弹性悬架 3 上，这个弹性悬架依次地被安装在例如塑料制成的一个轻质长方形框架 1 上。一个换能器 9，例如关于图 24 中所描述的那种类型，被安装在每个面板 2 上发射/激励在面板中的挠曲波引起面板共振和产生一个声音输出。依照这里的技术各换能器 9 被放置在各自面板 2 上。

25 本发明的具体设备方面包括一个便携式光盘播放机，它有一对相对而立的连接在播放机上的面板状扬声器，每个扬声器是分布模式声音辐射器类型的，它有一个换能器，换能器被完整地专门地安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振。便携式光盘播放机可以包括一个机身部分，机身部分有一个转盘和可以盖住转盘上部的盖子，扬声器被安装在盖子上，譬如说通过铰接在/到盖子上。或者，扬声器每一个可以被装在盖子中的一个线槽中。它可以在一个存放的位置与一个使用的位置之间滑动，在存放的

30

位置上扬声器基本上完全地装在线槽中，在使用的位置上扬声器被放置在盖子的相对的两边上。

在图 36 和 37 中，一种旅客运输工具，例如一架飞机，火车车厢，公共汽车或客轮中的一个座舱 102，有数排旅客座位 103，这些旅客座椅 103 5 的后背 203 与扬声器 81 合并在一起。正象传统的座椅后背 203 一样，它们的外壳是由一种合适的塑料材料模制而成的。正如在图 37 中更具体的显示，座椅 103 的模制后背 203 与大体上长方形的相对较薄的区域 2 模制在一起，这些区域 2 由槽沟 100 界定。这些区域 2 在它们的内表面上硬性连接有一个轻质蜂窝状芯层 22，这个芯层 22 由一个内表层 21 支持着形成一个坚硬 10 轻质多模辐射器面板 2，这种类型的多模辐射器面板 2 本发明中一般涉及和图 1 和 2 具体涉及的。槽沟 100 有效地界定一个弹性悬架 3 和环绕的座椅后背 203 形成了框架 1。一个换能器 9，例如本文详细描述的那种类型的换能器，被连接在每个面板 2 上发射或激发面板中的挠曲波引起面板共振产生一个声音输出。

15 图 38 图示了一个传统的家用汽车的车门 140，在车门 140 上一个传统的锥型活塞扬声器驱动单元 42 被安装在一个模制的或模压的门衬里 104 中的小袋 141 中。这样做的通常结果是由驱动单元 42 辐射的声音直接朝向汽车中乘客的脚上，由于传统扬声器驱动器的方向特性情况变换更糟。

在图 39 中，一个汽车车门 140 有一个车门衬里 104，衬里中的一个小 20 袋 141 与这里的一个扬声器 81 合并在一起。通常，车门衬里 104 从塑料或纤维板中被模制或模压出来。衬里被制成带有一个大体上长方形形状的薄区域 2，这个薄区域 2 由一槽沟 100 界定。区域 2 在它的内表面上硬性连接有一个轻质蜂窝状芯层 22，这个蜂窝状芯层 22 由一个内部表层 21 支持着形成一个坚硬轻质多模辐射器面板 2，这种辐射器面板 2 就是上面关于图 1 25 和 2 中所描述的那种类型。槽沟有效地限定一个弹性悬架 3，环绕的衬里 104 形成框架 1。一个换能器 9，例如图 24 中详细描述的那种类型的换能器，与面板 2 相连接发射/激励在面板中的挠曲波引起面板共振产生一个声音输出。由这里的扬声器产生的声音的宽的弥散对于交通工具中的乘客来说提供了一个改善了的的声音范围，以及减少很多的局部“热”点。

30 图 41 和 42 显示了一辆带有扬声器 81 的汽车 106，扬声器位于行李架 105 上朝向汽车的后方。我们注意到行李架通过一根结构肋条 43 被纵向地

分成两个区域以便产生一对立体声的扬声器 81。其它方面，扬声器的构造正如在图 39 和 40 中所示的。

由此，本发明的具体设备方面包括一个拥有旅客客舱的运输工具，座舱中有分布模式声音辐射器类型的扬声器，这里的辐射器带有完全地和专门地安装其上的换能器，换能器振动/激励辐射器和引起辐射器共振。辐射器可以与运输工具中的旅客座椅或与车门合并在一起形成旅客客舱。辐射器可以与旅客客舱的内部合并在一起，运输工具可以包括在旅客客舱中的塑料模制的组件或形成旅客客舱的一部分，和辐射器可以与这个部件合并在一起，辐射器可以包括一个刚性轻质板件，面板上有由表层夹起来的蜂窝状芯层，和其中表层之一与该模制部件合为一体。所述一个表层与该部件的平均墙的厚度比较可以是较薄的。所述的这一表层可以被在该部件中的槽沟环绕起来，对于辐射器该槽沟限定一个弹性环绕结构。在另一方面，交通工具的部件包括一个扬声器，扬声器有一个分布模式声音辐射器和一个换能器，换能器完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振。

图 43, 44 和 45 图示了一个电子键盘的音乐乐器 137，例如一架钢琴，它包括一个主体 138，主体 138 由连接在地面上的腿 139 支持着。机身 138 被制成带有一个键盘 140，通过键盘 140 可以弹奏乐器。在传统的方法中，乐器被装备有与键盘相连接的信号发生器和驱动扬声器的信号放大器，该扬声器是一个与坚硬轻质长方形面板 2 合并在一起的分布模式声音辐射器 81，沿着图 1 和 2，长方形面板 2 通过它的边缘部分被安装在框架 1 上并由一个换能器 9 驱动，一个弹性悬架 3 被插在面板 2 与框架 1 之间，所有这些都正如上面关于图 1 和 2 中所描述的。正如所显示的，扬声器 81 形成主体 138 的基座。图 46 图示了一个电子键盘的音乐乐器 137，其非常类型于图 43 到 45 中的情况，它有一个主体 138，主体 138 上有一键盘 140，主体被支持在它的前腿 141 上和被装备有一个面板状扬声器 81 作为乐器的后部支持。

扬声器 81 包括一个坚硬轻质分布模式声音辐射器面板 2，面板 2 通过它的边缘部分被安装在例如泡沫橡胶制成的一个环绕的弹性悬架 3 上。这个弹性悬架 3 被支持在例如中等密度纤维板制成的一个隔音板状的框架上。一个换能器 9 与面板 2 相连接把挠曲波发射到面板中引起面板共振产生一

个声音输出。因此，这种配置是在图 1 和 2 中所示的那种类型的。换能器 9 将由一个放大器(未显示)来驱动，放大器以普通传统的方式与按压键盘上的音键产生的接收信号相连接。

本发明的具体设备方面包括一个带有键盘的电子乐器，以及一个扬声器，扬声器包括一个分布模式声音辐射器和一个换能器，换能器被完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振，辐射器大体上包括例如一个坚硬轻质的面板，面板上有高模量表层夹起来的蜂窝状芯层，一个环绕面板的框架和一个把面板支持在框架上的弹性悬架。电子音乐乐器可以有数条腿把乐器支撑在地面上和辐射器可以被装备在乐器的基座上。扬声器可以被放置在与辐射器大体垂直的位置。扬声器可以形成作为乐器的地面支持物。

图 47 显示了一个自动售货机 108，例如，与一个扬声器 81 合并在一起的饮料自动销售机，因此扬声器形成自动售货机的前表面 109 的部分。扬声器被设置为提供关于机器销售的内容和/或机器被操作的方式的音频信息。机的前表面 109 带有普通硬币或类似物的投币机构 43，产生选择面板 137 和销售物出口 142。扬声器 81 包括一个长方形的轻质坚硬分布模式辐射器面板 2，面板 2 包括一个蜂窝状芯层 22，芯层部分 22 有表层 21 在它的两表面上。面板在它的边缘附近被支持在例如泡沫橡胶制成的弹性悬架 3 上。悬架被安装在一长方形框架 1 上，框架 1 被安装在机器 108 的前表面 109 上。因此，扬声器是如在图 1 和 2 中所描述的那种类型。视频信息，例如，用图形和文字的形式，可以按所期望方式施加到面板 2 上。面板 2 带有一个这里的换能器 9，换能器 9 激励挠曲波作为共振来振动产生一个声音输出。机器将与所要求的信号产生器合并在一起产生必要的信息和用来驱动换能器 9 的放大器装置(未显示)。如果需要，设备可以被制成可以预激活的(proactive)，通过分布模式面板 2 设置为能够既可用作一个扬声器也可用作一个声音接收器或麦克风，正如在图 49 中所示的。

所显示的面板通过一个压电换能器 9 驱动进入激励状态，正如在图 24 中所示的，这个压电换能器又与一个放大器相连接并由这个放大器 10 驱动。面板还带有一对振动换能器 63，这对振动换能器也可以与图 24 中所示的一样是压电型的，它们被并联地连接起来驱动与一个输出 66 相连接的一个信号接收器和调节器 65。在面板 2 上的另一个振动换能器 63，例如在图 6 中

所示的那种类型，被连接起来驱动一个滤波器/相关器，这个滤波器/相关器的输出被馈入信号接收器/调节器 65，提供信号校正。至少换能器中的一个被构造成能够把口头指令传给自动售货机。

本发明的具体设备方面包括与这里的有源音响设备合并在一起的自动
5 售货机器，例如音响设备以扬声器的方式用于提供关于机器操作的方式或
它的内容的信息的目的，其中自动售货机可以包括被销售的物品或产品的
存储部分，用来选择被售物品或产品的用户操作装置，例如一个投币机构
授权售货的装置，在这里允许声音通讯的扬声器，它便利地与由辐射器提
10 供的视频显示面板在一起，即一块刚性轻质板件，面板上有由一对表层夹
起来的蜂窝状芯层，面板通过一个弹性环绕物被一个框架环绕起来和被安
装在这个框架上。这样的自动售货机可以包括一个机身和框架可以被连接
在机身上或由机身形成；和可以有一个第二换能器，这个第二换能器与辐
射器相连接并响应于由于入射声能引起的辐射器共振产生一个信号。最好，
15 至少两个所述的第二换能器被安装在辐射器的分开的位置上。一个进一步
的换能器可以被安装在辐射器上以响应于由于入射声能引起的辐射器共振
产生一个信号，和可以提供用来将所述的进一步换能器产生的信号与所述
的第二换能器产生的那些信号中的一个信号进行比较/调节的装置。

作为对图 50 和 52 的介绍，图 1 和 2 和总的说来这里的音响面板技术
可以被应用到普通布告板材料的设计，这种布告板材料通常被用作通知和
20 显示广告，而这些布告板的普通加工过程，例如迭层，屏幕印刷或喷漆不
受什么限制。因此布告板本身可以被特制，可以被制成任何大小和可以被
电动地驱动，作为一个很大有效区域的声音辐射面板来操作一个平板扬声
器。因此，一块小型的 0.56m^2 大小的面板对于直到 10 个人或一块 0.7 到 1.2m^2
25 大小的面板对于 30-50 个人的适当人数的听众，可以用来产生在自然音量的
水平上具有高清晰度的声音重放和所要求的背景音乐或相关音响效果。由
于面板的自然地弥散的声音辐射特性，局部的边缘反射的畸变效应被最小
化了。音响面板的大小作为一个本质上物理障碍物并不明显地损害声音分
布。

对于一个给定水平的清晰度要求音响的较低水平和电子输入功率的较
30 低水平，在一个最佳的形式中音响面板包括一个低价格的结构，这个结构
是纸制的蜂窝状泡沫状芯层，3-6mm 厚，被粘附在增强的纸、塑料薄膜上，

或是包有塑料薄膜的 0.08 到 0.3mm 厚的纸表层上。对于一个价格便宜的设计 - 使用一个扁平表面或甚至内嵌的换能器, 最佳的驱动是压电型的, 其以弯曲或加载质量块的振动耦合的形式工作。这些换能器随着频率有一个自然升高的声音输出。通过对换能器的电容性负载的一系列电阻性驱动的组合, 和通过压电单元的质量加载(对于一给定质量加速度反比于频率)和通过布告板的机械特性的仔细设定, 频率被可预期地和最佳地调整为平坦的响应。通过在表层中的纤维损失因子的控制、把表层粘贴在芯层上的粘合剂的粘弹性能的控制, 和通过被使用的表面层次。包括用于显示图像或文字的衬板把压电单元粘贴在表层上的粘合剂的粘弹性能的控制, 和芯层在切变和压缩中体特性的控制, 可以获得所期望的频率响应。

在那里考虑到高的音量水平和较大的面板, 合金或部分合金的表层将在表面层上提供好的能量有效范围, 以及一个成比例的较低损失因子。这个损失因子与一个较大功率的动圈式换能器适当地匹配, 后者有一个频率响应的平坦区域。当在面板的两个表面上要求平坦、不间断的表面时, 换能器可以是镶嵌型的隐藏在面板中。如果对后者要求磁性屏蔽, 则 0.5mm 厚的薄低碳钢薄片可以被包括在换能器区域上面的表层表面之下。由于改善了磁通路结果将导致在效率上的小小提高。

小型廉价的布告板的实例将并不要求特别的框架或特别的阻尼。如果采用桌子或柜台的表面形式, 可以通过声音面板的较低边缘与它所放置的表面的简单接触提供足够的阻尼。该设备将有一个相机架类型的靠背, 即使被制造在轻卡片中也是十分有效的。坚硬泡沫塑料的某些种类, 例如非增塑的 PVC, 无论是自覆盖的还是没有被覆盖, 在声音面板理论范围内工作均有合适的体特性。这些材料可以被直接用作这种类型的声音面板而不需要附加的硬化表层。

图 50 到 52 图示了与这里的扬声器技术, 和正如在图 1 和 2 所示的扬声器技术合并在一起的一个布告牌, 广告显示牌或类似的设备 48。因此, 与图 1 和 2 中所示类型的坚硬轻质分布模式声音辐射器面板 2 合并在一起的扬声器 81 有图形信息, 例如被印刷在面板 2 上的任何所期望类型的文字和/或照片。然后, 图形信息可以通过扬声器被补充进音频信号以便加强这个信号。正如在图 50 中所示的, 扬声器/显示牌 48 以一个画架的形式被安装在支架 23 上。或者正如在图 51 中所示的, 扬声器/显示牌可以被悬挂在

细线 33 上。或者，布告牌可以用任何其它所期望的方式被支撑起来。正如在图 52 中所示的，框架 1 可以与一个折边 41 合并起来隐藏弹性悬架 3，这个弹性悬架 3 被连接在框架 1 的后表面和面板 2 的周边边缘之间。一个合适的换能器是正如在图 24 中所示的那种类型，即压电式圆盘上设弯曲件类型的。

5 本发明的具体设备方面包括视频显示装置，该视频显示装置包括一个分布模式声音辐射器形式的布告牌或其它类似的牌，分布模式声音辐射器有一个换能器，它被完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振，因此，这是一个扬声器，它可以被用来加强被显示在上面的视频信息：其中辐射器可以包括一个刚性轻质板件，面板有一个由表层夹起来的蜂窝状芯层，一个环绕框架和一个安装在框架中的面板上的弹性悬架；
10 框架可以有一个折边隐藏这个悬架；表层可以是纸做的或可以包括纸材，和芯层可以包括纸制蜂窝结构；和换能器可以是一个压电弯曲器(bender)。

图 53 图示了与这里的扬声器技术合并在一起的包装体，所显示的包装
15 体是一个箱体 111 的形式，箱体 111 上有一铰链连接的盖子 139，箱体，或至少有箱体的一部分是由一复合物制成的形式正如在图 2 中所示的面板。这个复合物包括在 Kraft 板的薄片之间夹起来的泡沫塑料的芯层，这样该箱体包括了正如关于图 1 和 2 中所描述的一个坚硬轻质分布模式声音辐射器。所示的箱体的后面板 140 被用来形成一个分布模式辐射器扬声器 81，尽管
20 如果适当地构造组成箱体的边的面板的任何一面都是合适的。一个可供选择的关于换能器 9 的位置在图中用虚线表示出来。

一个压电换能器 9 可以是正如在图 24 中更详细地所显示的，和图示的压电换能器 9 与箱子的后面板 140 的内表面相连接和由一个声音产生器/放大器/电池单元 112 来驱动，这个声音产生器/放大器/电池单元 112 也被安装
25 在后面板上。该单元 112 是由一个与一个铰链 53 做在一起的开关来控制的。通过这个铰链 53 箱盖 139 被安装在箱体上。因此当盖被提起时声音产生器就被启动。在这种配置中面板 2 的边缘端部由箱子的角形成，使得就不需要额外的在图 1 和 2 所示的那种类型的框架 1 或悬架 3 了。请注意包装体并不要求在图中所示形状，例如，它可以是根据内装物品的要求所做的形
30 状。因此，包装体可以被成形成包含一个光盘和类型物品，和也可以被安装成可以预览光盘中的内容或提供与此相关的其它信息。

本发明的具体设备方面包括一个包装体，该包装体包含一个板材部件，这个板材部件包含一个分布模式声音辐射器，辐射器上有一个换能器被完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起辐射器共振；其中该板材可以是含有由表层夹起来的蜂窝状芯层的面板，典型为在 Kraft 板材薄片之间
5 夹住一个泡沫塑料的芯层；换能器可以是一个压电弯曲器，和板材可以形成箱体的一面，箱体可以有一个盖子；还包括用于在箱盖相对于箱子运动时触发换能器启动的装置。包装体可以进一步包括一个信号产生器，一个放大器和一组电池。

图 54 显示了一个贺卡或类似的卡片 44，它与这里的扬声器技术结合在一起。这个卡片是一张被折叠的板件的形式，被折叠的板件有一前页 145
10 和一后页 146。至少后页 145 是由一复合板制成，其包括一个由 Kraft 板的表层 21 夹住的泡沫塑料的芯层 22，形成一个在图 1 和 2 中所描述的那种类型的坚硬轻质分布模式声音辐射器面板 2，已知的这样的复合板的商业名称称为 KAPPABOARD。已经发现根据欧洲标准‘A’系列成形的面板是合适的。
15 正如在图 24 中所示的换能器 9 被连接在后页 146 上振动面板 2 引起它共振产生一个声音输出。换能器 9 被一个信号产生器/放大器/电池单元 112 驱动，这个单元 112 由隐藏在卡片的折缝处的开关 53 启动，这样当卡片被打开时这启动信号产生器。我们注意到在这种配置中，并不要求框架 1 或环绕物 3，
20 通过制作卡片的材料本身和/或通过握住卡片或把卡片置在一表面上可以提供卡片足够的阻尼。

本发明的具体设备方面包括一个贺卡或类似的卡片，它有或包括一个制成至少卡片的一部分的板体，这个板体是一个分布模式声音辐射器，它有一个换能器，最好是压电弯曲器类型的，譬如说一个晶体盘，这个换能器被完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起它共振。该板体最好
25 是有一个由表层夹住一个蜂窝状芯层的面板，如在 Kraft 板的薄片之间夹住一个泡沫塑料的芯层。这样的板体可以形成卡片的一页，卡片可以有两页，其最好与在一页相对于另一页运动时触发辐射器启动的装置相联系；和一个贺卡或类似的卡片可以在卡片的一页上包括一个信号产生器，一个放大器和一组电池，

30 图 55 显示了一个多媒体音频 - 视频系统，它包括一个运动图像投影仪 31，投影仪 31 被安排成把图像投影在一个投影屏幕上，这个投影屏幕是由

在图 1 和 2 中所示的那样类型的扬声器面板 32 制成的，后者 32 包括一个面板 2，面板 2 上有铝或碳纤维增强的表层 21，表面层 21 夹住一个铝箔做的蜂窝状芯层 22。这个复合板可以用任何环氧树脂粘合剂被固定在一起。对于—个大小为 1.22×1.38mm 的屏幕面板来说，铝表层的厚度可以为 300 微米(micron)。芯层厚度可以为 11mm 和蜂窝状的空腔(cell)大小可以为 9.5mm。这样的面板是坚硬的，低密度的和高模量的，和关于挠曲硬度基本上是各向同性的。

一对较小的如图 1 和 2 中所描述的那种类型的辅助扬声器 114 通过铰链 34 被铰接在中间声道扬声器面板 32 的相对的两边上。因此当没有被使用时辅助面板可以被转动到贴着主面板 32 和当被使用时它可以被移动到图中所示的位置。辅助面板 114 被安装成分别接收和发射左手和右手声道信息，例如用于立体声操作。辅助扬声器 114 可以包括面板 2，面板 2 上有铝箔，或碳纤维或玻璃纤维增强的塑料制成的表层。一个装饰薄膜，例如由 Melanex 材料制成的，可以被施加到表层的一个表层或两个表面上。面板 114 的芯层 22 可以是铝箔制成的，例如一个蜂窝状空腔(cell)的排列，或者可以是纸空腔结构，在使用纸的情况下可以用塑料材料例如苯酸化合物充满纸中的空隙以便提高纸的硬度。空腔的尺寸可以在 3 到 6mm 的范围内和芯层厚度可以是 3 到 10mm 的量级。在表层是铝箔制成的情况下它们的厚度可以是 25 到 100 μ m。一种环氧树脂粘合剂可以被用来组装面板。

立体声，即双声道的声间重放，包括声音的舞台幻觉的产生，其中包括声源位置，声音的远近效应和原始录音的环境等特性。使用传统扬声器的立体声在幻象(phantom)声源定位方面和在某些情况下声音的远近效应方面是很好的，但是在自然空间和环境的表达方面却是很差的。这是因为传统的活塞扬声器的接近点源性质使它在听觉上容易地分辨它们的物理位置，而这个与对整个立体声成像的定位的期望是相冲突的。

常常提到作为重放设备扬声器应该消失在声音的舞台幻觉之中(sound stage illusion)。这个问题的一部分在于传统扬声器的相对狭的前向发射方向性。另外，对隔音板(enclosure)的侧边和后边的声音平衡，在房间中强烈地驱动混响声音场的声音，随着在频率响应中明显的变化被歪曲了和失去平衡。这个损害了自然的声空间和环境的感觉。

图 55 中的实施例对于左和右声道使用了一对声音面板扬声器，在一个

宽频率范围上典型地 100Hz 到 20Hz，它们被设置成在整个表面上作复杂振动。所显示的中心/主要扬声器面板 32 被悬挂在悬浮装置 33 上，但是另一方面，面板可以被支持在例如一个地板支架上。

图 57 显示了投影装置如何可以被安排在一个房间 145 中，房间中配有座位 146。该装置有一投影机 31 把图像投影到屏幕 32 上和还包括一对副低音扬声器(subwoofer)35，它可以是传统结构的，位于房间的两边以提高低音部音频扩散，和包括一对后部效果的扬声器 117，即所谓的环境扬声器，它位于房间的后部。从它们的宽度和甚至声音的弥散特性的观点来看，后部扬声器 117 也是在图 1 和 2 中所示的那种类型的扬声器是合适的。后部效果扬声器可以是与辅助扬声器 114 有相同结构的扬声器。

这里的分布模式面板扬声器能够有显著的非方向性的特性。对于一个声音系统的环境声道的声音重放来说，能量必须是很宽地分布的，理想的为从非方向性的声源发出来。重要的是声源不要很好地被定位，否则，一个大的环境空间，即听众身后的被模拟的声音区域的感觉难以满足。

到目前为止，传统的方向性的和/或小型的声音扬声器，通常地动圈式的已经被用作环境重放。由于听觉感觉的强度现象，坐在非常接近一个靠近的环境扬声器旁边的听众发现他们的感觉被强烈地定位在该扬声器上，于是扬声器大大地损害了环境效果和他们对多声道声音场的整个欣赏。这种定位可以是如此强烈以致于听觉注意力被从主要的前部舞台(front stage)声道中吸引开。

建立在一个或多个根据这里的技术的扬声器之上的一个环境重放系统(ambience reproducing system)提供一个大的声音场或接近均匀的强度，它有故意较差的定位感。它可用于有很多的听众的场合，甚至对于那些非常接近(可以近到 0.5m)面板扬声器的听众也没有任何明显的直接重放声道的定位的感觉，并具有不损害重要的前声道的一听觉感觉的主要特性。对于多声道声音重放系统整个来说由于音响面板的声音重放装置的所期望的辐射特性的结果。可以获得极大提高了的真实感。如果有必要环境扬声器可以被悬挂在细线上和通过把合适的图像应用到面板 2 上组合成几幅图画把扬声器伪装起来。

图 56 显示了投影/扬声器面板的框架 1 如何可以被制成带有折边(return lip)支架 36，因此悬架 3 能够被隐藏起来。辅助扬声器 114 和环境扬声器 117

的框架可以被类似地做成。

本发明的具体设备方面包括一个投影屏幕，投影屏幕包括一个含有光反射表面的面板，其中屏幕是一个分布模式声音辐射器，辐射器上有一个换能器，换能器被完全地和专门地安装在辐射器上振动辐射器引起它共振，

5 辐射器最好包括一个刚性轻质板件 - 有一个由一对高模量表层夹住的蜂窝状芯层，一个环绕框架和一个将面板安装在框架上的弹性悬架。蜂窝状芯层最好是蜂窝状铝箔结构的，和表层最好是纤维增强的塑料制成的；和/或作为投影屏幕，它包括面板状的扬声器，这些扬声器被连接其相对的两侧上以提供左和右声道的信息，即左边和右边的扬声器被铰接在辐射器上可以

10 被折叠起来贴在辐射器上面存放起来，最好左右边扬声器本身作为分布模式声音辐射器，每一个辐射器均有一个换能器被完全地和专门地安装在其上振动辐射器以引起它共振：和/或正如前面所述的作为一个投影屏幕特征的视听装置，和/或该视听装置包括至少一个后部声道的扬声器，这个扬声器是一个分布模式声音辐射器形式的，该辐射器上有一个换能器被

15 完全地和专门地安装在上面振动辐射器引起它共振。

这样一种被建造得足够大以使用作一个投影屏蔽 - 用于放映静止图片，电影和视频图像的音响面板因此同时是一个声音重放装置，具有作为家庭影院设备的中心或对话声道的优点，和这里的音响面板有合适的尺寸，如超过 0.6 米宽度，并对观众提供非常好的声音覆盖效区域。正在使用的示

20 范已经显示高清晰度(intelligibility)和在整个听众区域中的声音清楚度，以及一个主要的优点，那就是最接近屏幕的听众并不遭受来自过分接近声级的冲击，而这个点无疑是传统的直接发射的锥形扬声器的一个缺点。

此外，这里的投影屏幕的另一个发明的方面来源于与传统的中心声道扬声器相关和与关于定位一个锥形/薄膜扬声器的声音中心的耳朵的最容易

25 的倾向，这样所有的声音似乎来自于这样的集中的小声源中，因此损害了真实性的感觉；而对于这里的音响面板来说，它的专门的非方向性发射特性意味着声音似乎来自屏幕的整个声音区域而不是来自孤立的一点，这样，当图像伴随着面板上的声音时，有一个强大的合成美学的效果，这是因为，特定的声源定位的不存在允许耳朵/大脑声音感觉组合自由地把一个想象

30 的、虚拟的和无边界的/近似的声源位置 - 在感觉上似乎是同步的和/或匹配(registering)的位置与在该声音表面上视频图像所在的位置相联系，例如从精

神上，把声音与嘴和脸相当接近地和精确地相关联。与很好地被记录的对话部分一起，不但一个虚构的或感觉上的声音图像表现出能跟上实际的视频图像、而且还可以发送出对感觉到深度/声音的远近效应所需要的信息，使得观众沉浸在电影的体验中的质量得到根本性提高。

5 对于这里的共振模面板板件的边缘上的槽口 38，参照图 58，在处理改善挠曲波效应的均匀性方面，和/或一般地对于通过影响相关共振模式来控制特定频率方面，也是有用的。

与任何所期望的进一步校正有关，或与所期望的频率相关的响应的组合有关，也说特别地在工作范围的低或高频端，譬如说如果符合频率被包括在这样的端点上或在中部。对于这里的扬声器能够提供电子输入信号的处理。

图 59 显示了对于压电换能器(在图 59a 中的 9；在图 59d 中的 7a)通过电容器 77 和电阻电容 78, 77 放大器 10 电路(图 59a, 5b)对简单输入信号频带宽度的控制，它包括对一个所期望的范围的响应(在图 59c 中的 96)的评估。

15 进一步样本的无源平衡器电路(与通常锥形分频(cross-over)网络比较)被表示在图 60a(使用放大器 10 以及并联 LCR 网络 113, 77, 78)和图 60c(并联电阻电容电路 78, 77)中，它们与特定的频率响应要求(图 60b, 60d)有关，也许具体的频率响应要求特别地与处理所包括的符合频率效应相关。

已经提到这里的共振面板板件的表面弯曲(areal curving)与在所考虑的面板板件的线度中对挠曲硬度的影响有关。然而，对于被弯曲的扬声器，或送话器，或无源混响，过滤或发声面板来说还有其它一些需求或要求，如没有阻碍地贴合弯曲的表面，例如柱体表面。图 61 表示了弯曲的共振面板扬声器的使用，或作为转发器或卫星，其显示了发散(图 61a)，会聚(图 61b)和在一个听音室中的应用，在听音室中包括前向会聚扬声器，典型地用来

25 限定在它们后面有发散 57 的立体声，和后向发散扬声器，典型地用来改善环境声。

至于完全的五声道家庭影院环境系统，例如可通过使用这里的共振面板扬声器来获得，包括屏幕 118 本身作为中心声道和任何所期望的副低音扬声器 35。然而，特别的优点可以在这样的系统中看到，在这些系统中也

30 许只有后向环境扬声器是共振面板型的。参照 117 或图 62，它也许因为传统锥型前向立体声扬声器 42，由于某些原因，实际上是首选的。

现在转到这里的面板板件纯粹作为无源音响设备的作用，图 63 显示了用于一个小型影院或舞厅的发声；和图 64 显示了在安装例如一个高保真音响(Hi-Fi)单元 46 中的使用，即作为在垫底或底脚 45 上的一块基座 44。图 65 显示了传统锥形 42 扬声器单元的屏蔽室作为一个结构面板 44 的使用，且如果适当地“被改变”，其对于给出最小化的畸变(colouration)和/或甚至校正房间或其它的畸变都可以是非常成功的。图 66a 和 66b 显示了作为一个竖直钢琴发音板(sounding board)47 使用的一块面板 22，这个发音板 47 安装在它的有弦的框架 108 的后背上，它通过螺栓 107 固定，螺栓 107 可以有一个紧夹的作用或只是刚好卡住的作用。也可以为这样的情况，如果在面板适当的计算位置上打孔，穿过这里面板的孔并不一定是有害的，甚至与特定模式的频率相关可能是有利的。这样安装在适当的位置上是可行的，并且在振动性能方面并没有不希望有的效应。

图 67 是从至少加有一层表层(在图 67b 的下部)的芯层的基质材料片(stock sheet)的方面有关制造方面的，芯层 22 的基质材料片是可以分割成几个面板板件 2 那样的大小；和在换能器 9 被安装之后，另一表层 21 被加(在图 67a 的上部)到所期望的大小直到整个芯层的表面上，在加上表层 21 的上部之前，换能器 9 可以方便地与印刷线路轨迹 122 和换能器的引出线 28 在一起安装，这些引线 28 连接起来向上放出(reeling out)是有利的，并且这些轨迹和引线固定在芯层基质材料的浅凹沟中。由箭头所示 125 的运动允许在一所期望的面板线度(长度)上切断 124 和另一边(宽度)可以通过芯层基部材料的宽度或通过图中所示的分割并导致高效的大规模生产来设置。当然，这里的面板板片的线度(长度/宽度)在实用的方法中是容易地被确定下来的，包括对于从长方形前身制成的非长方形形状，这个长方形前身对应于

25 本发明的实施例与普遍使用的传统锥形扬声器相比有相同的和更多的使用和用途。

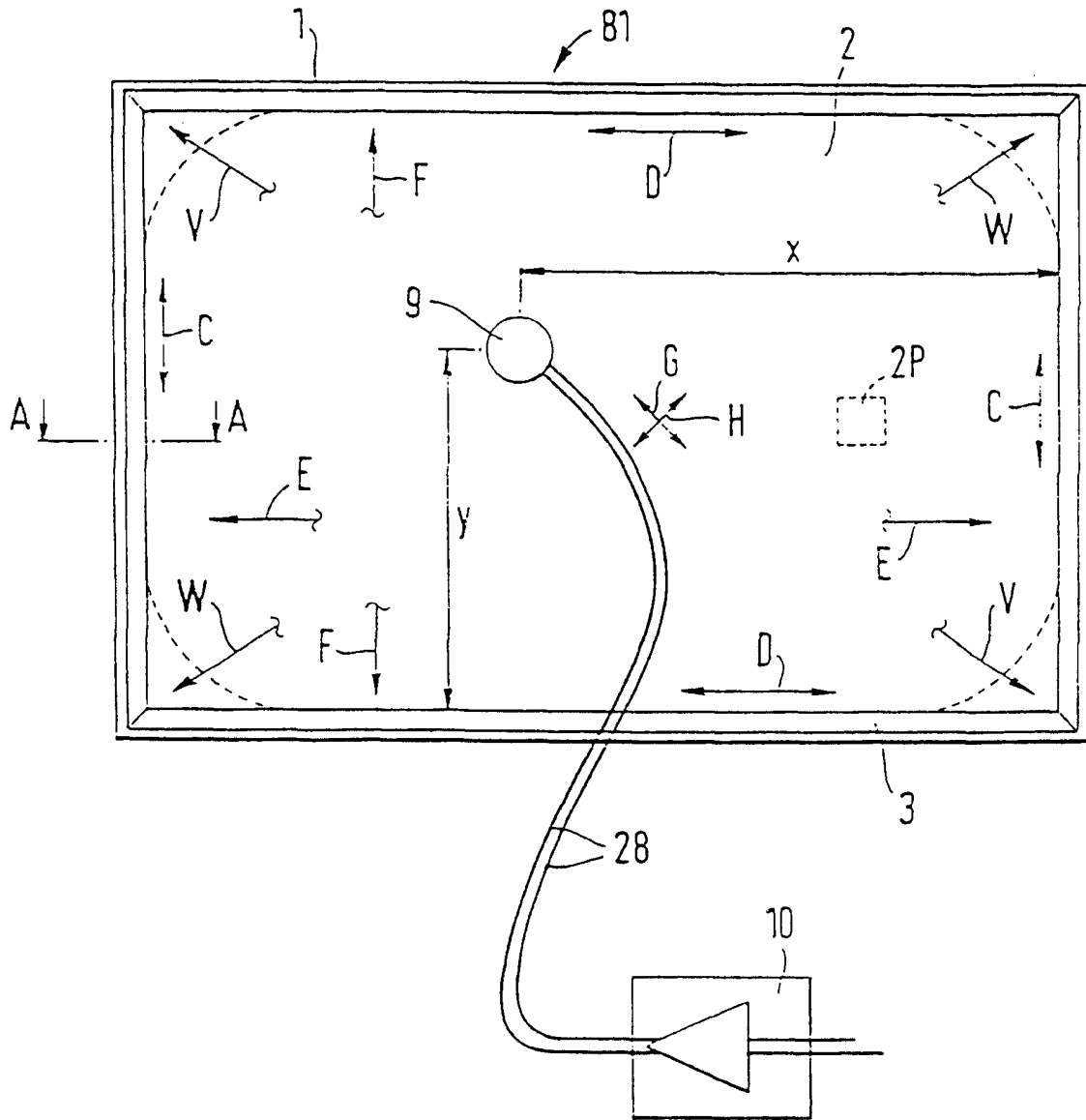


图 1

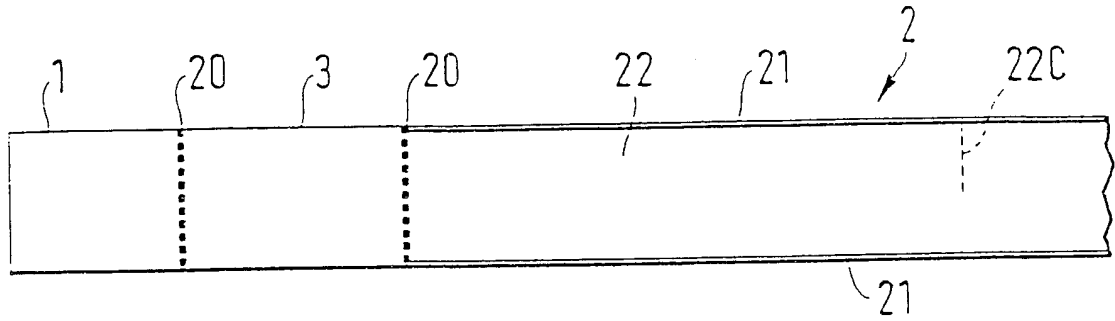


图 2a

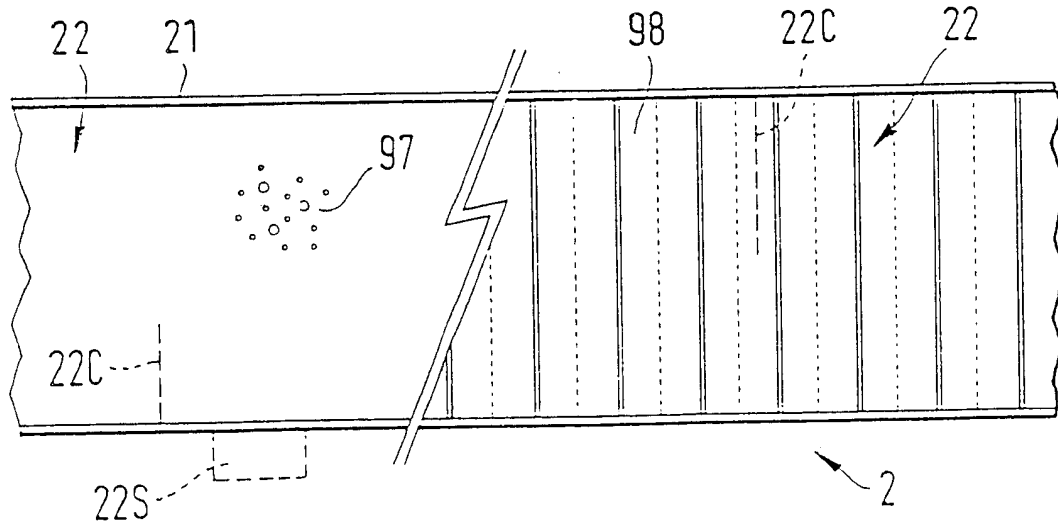


图 2b

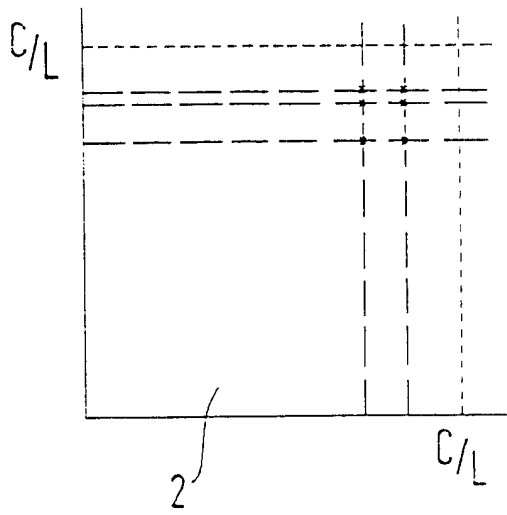


图 3a

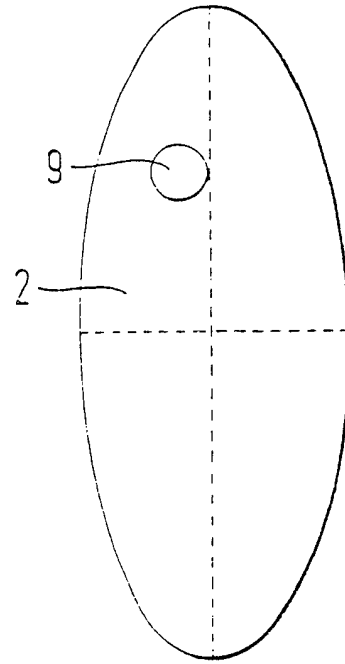


图 3b

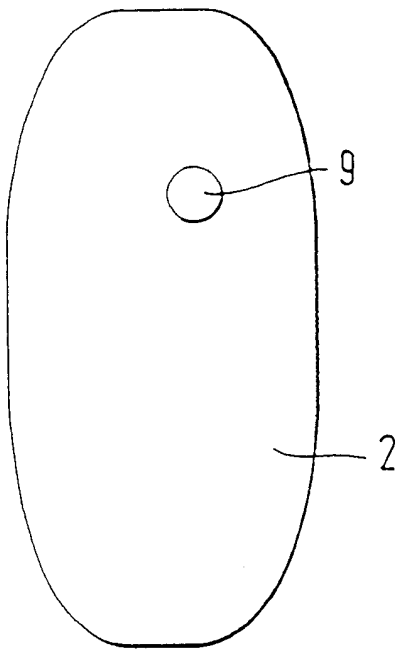


图 3c

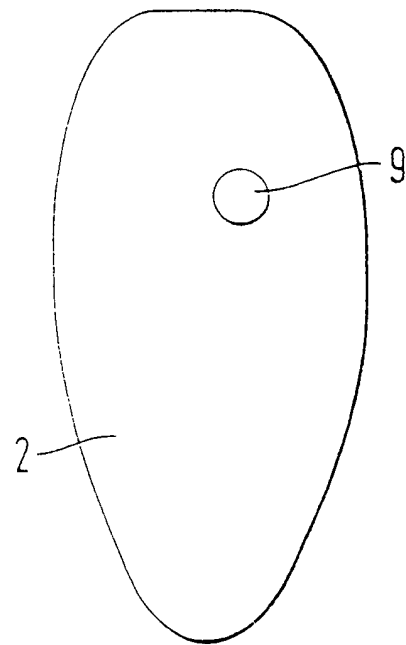


图 3d

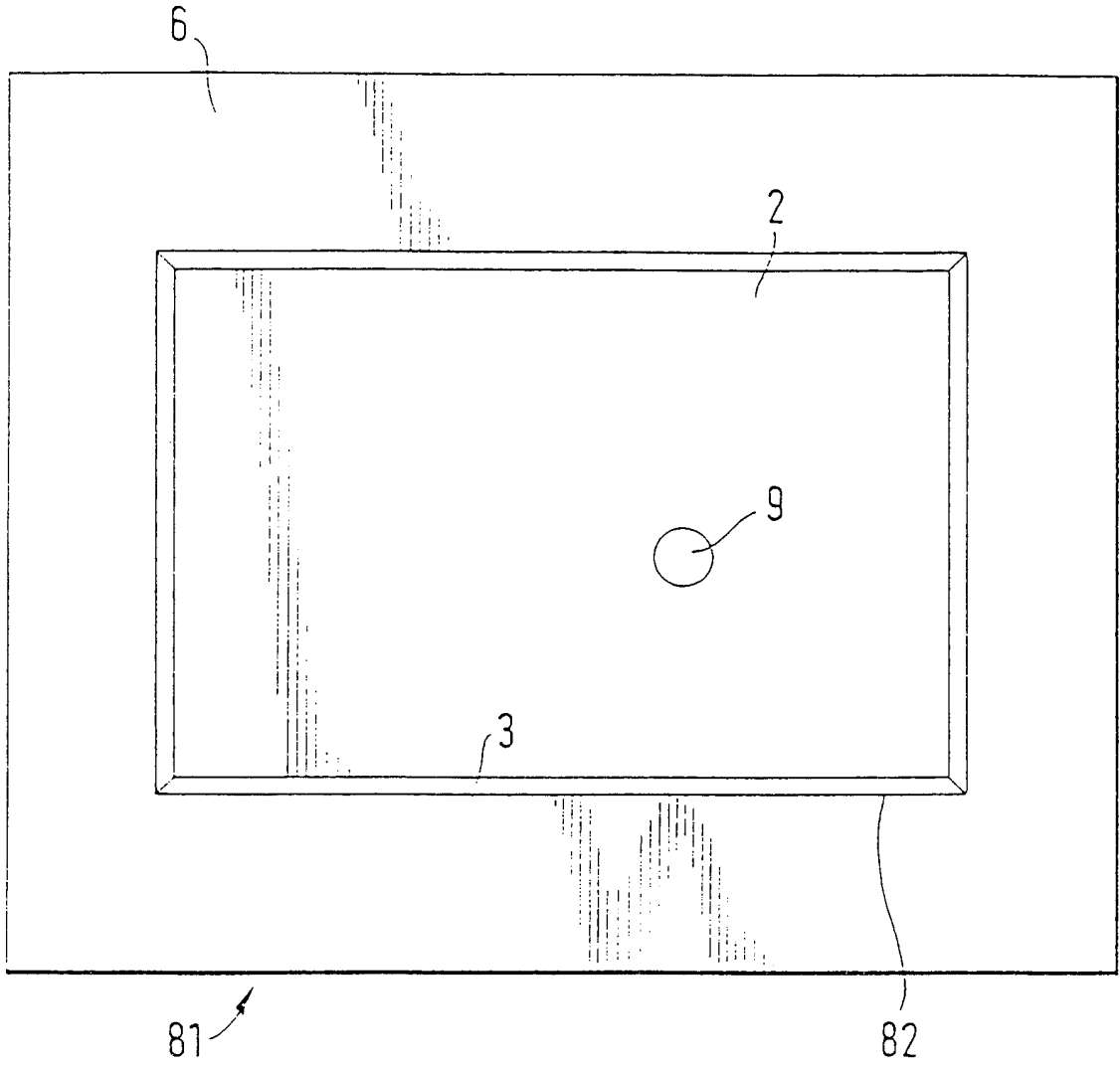


图 4

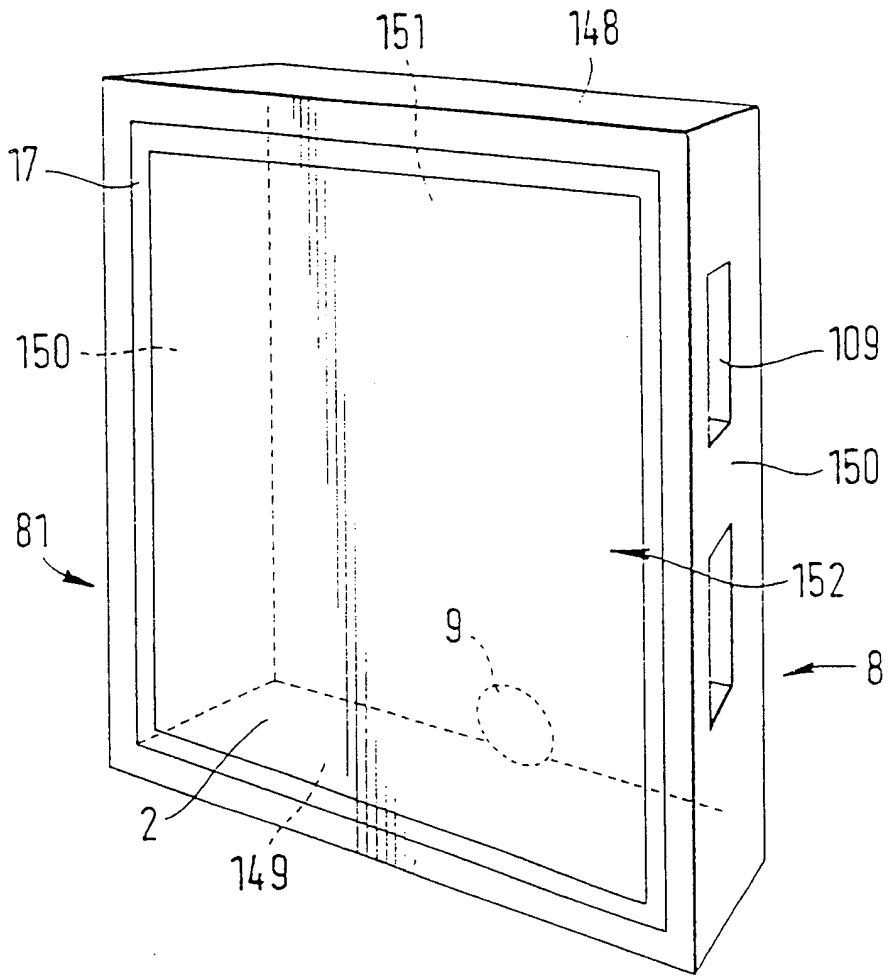


图 5a

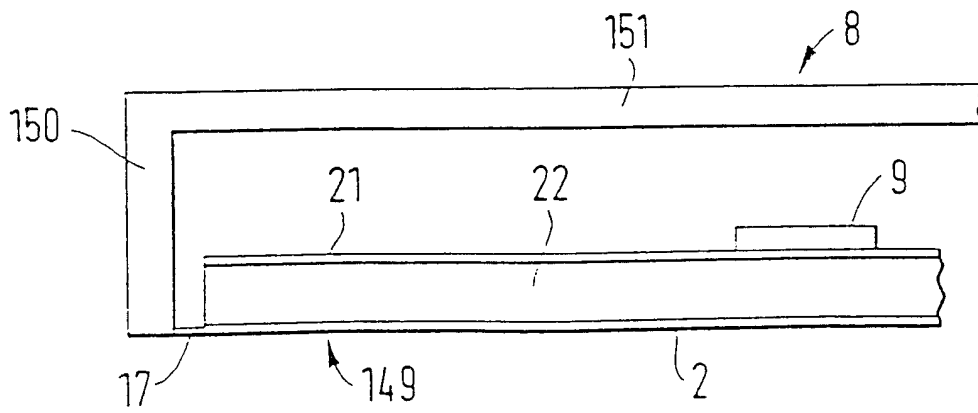


图 5b

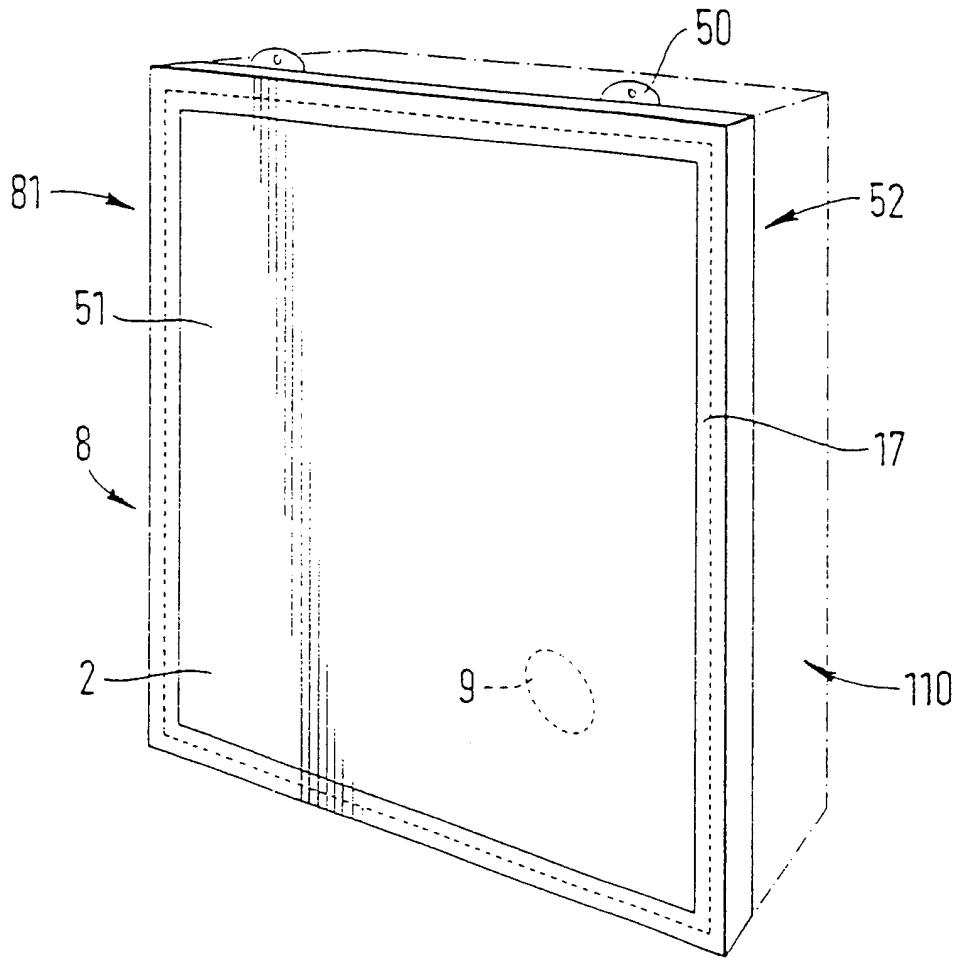


图 6a

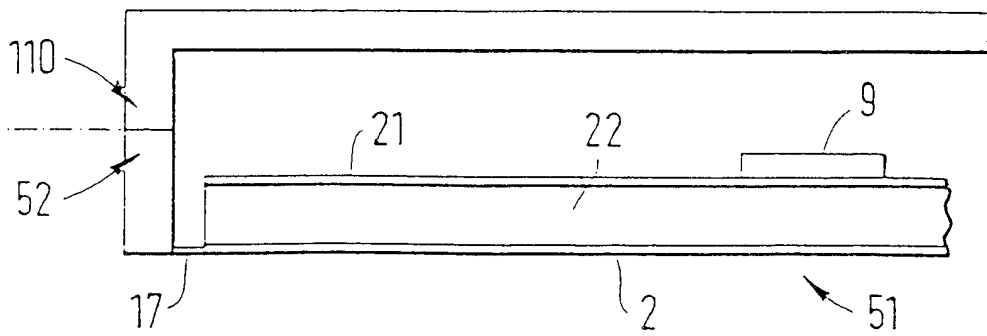


图 6b

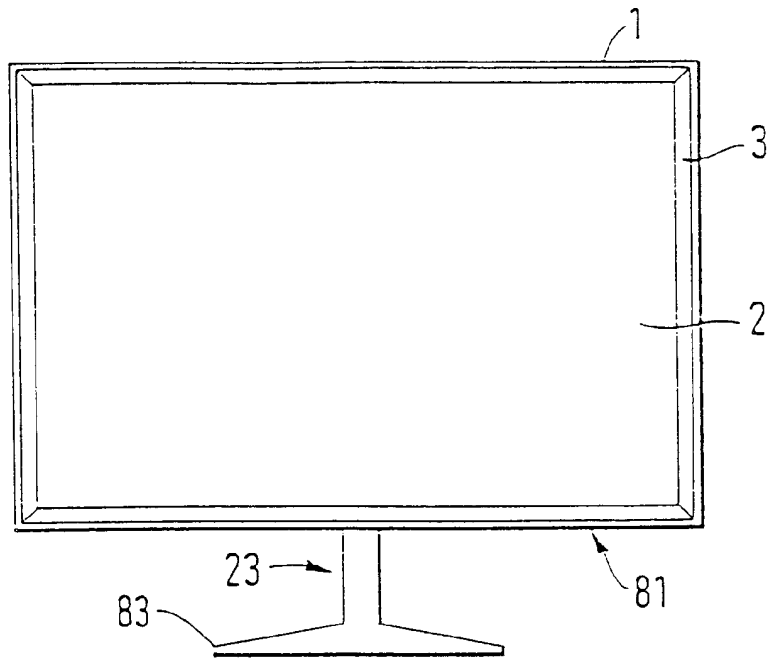


图 7a

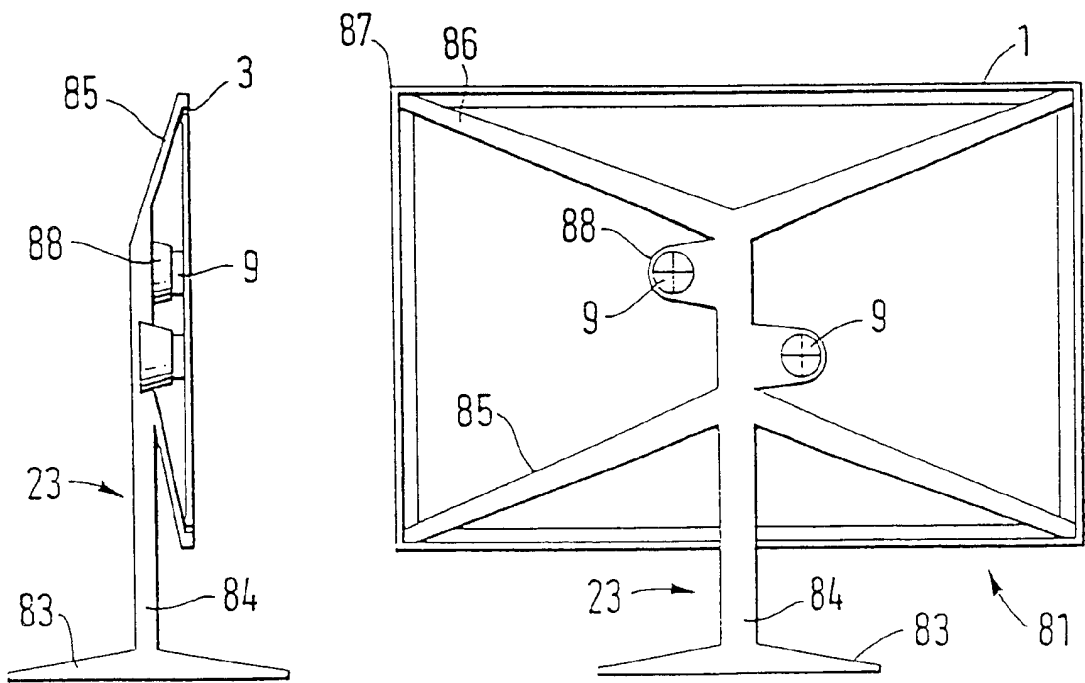


图 7b

图 7c

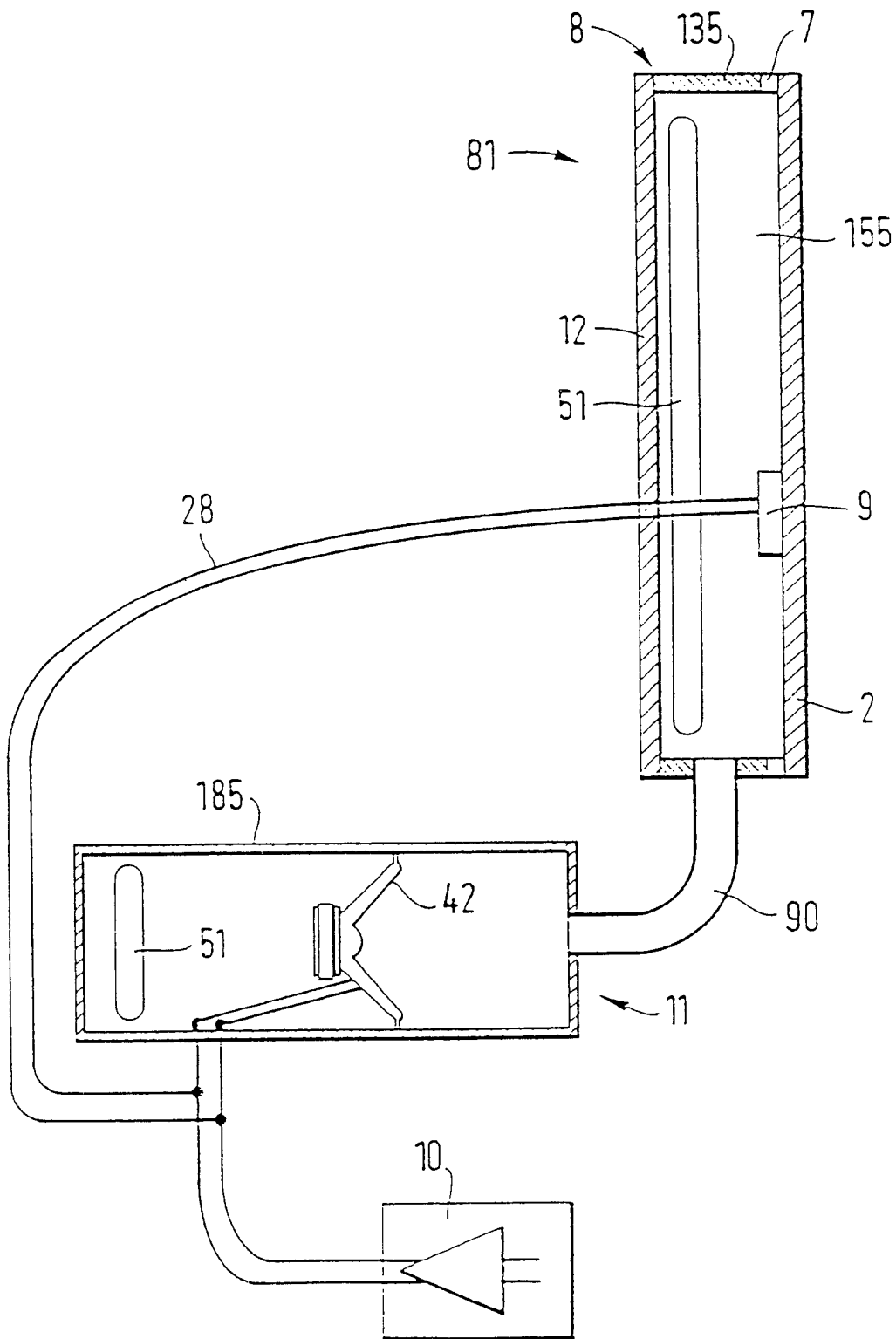


图 8

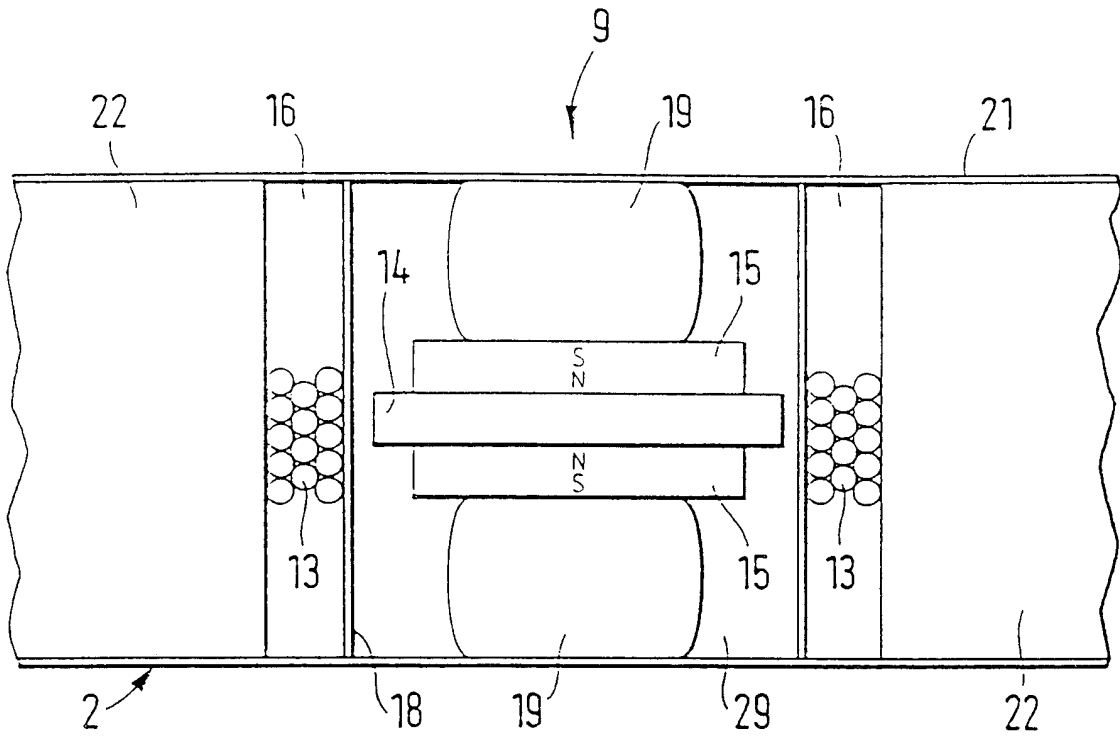


图 9

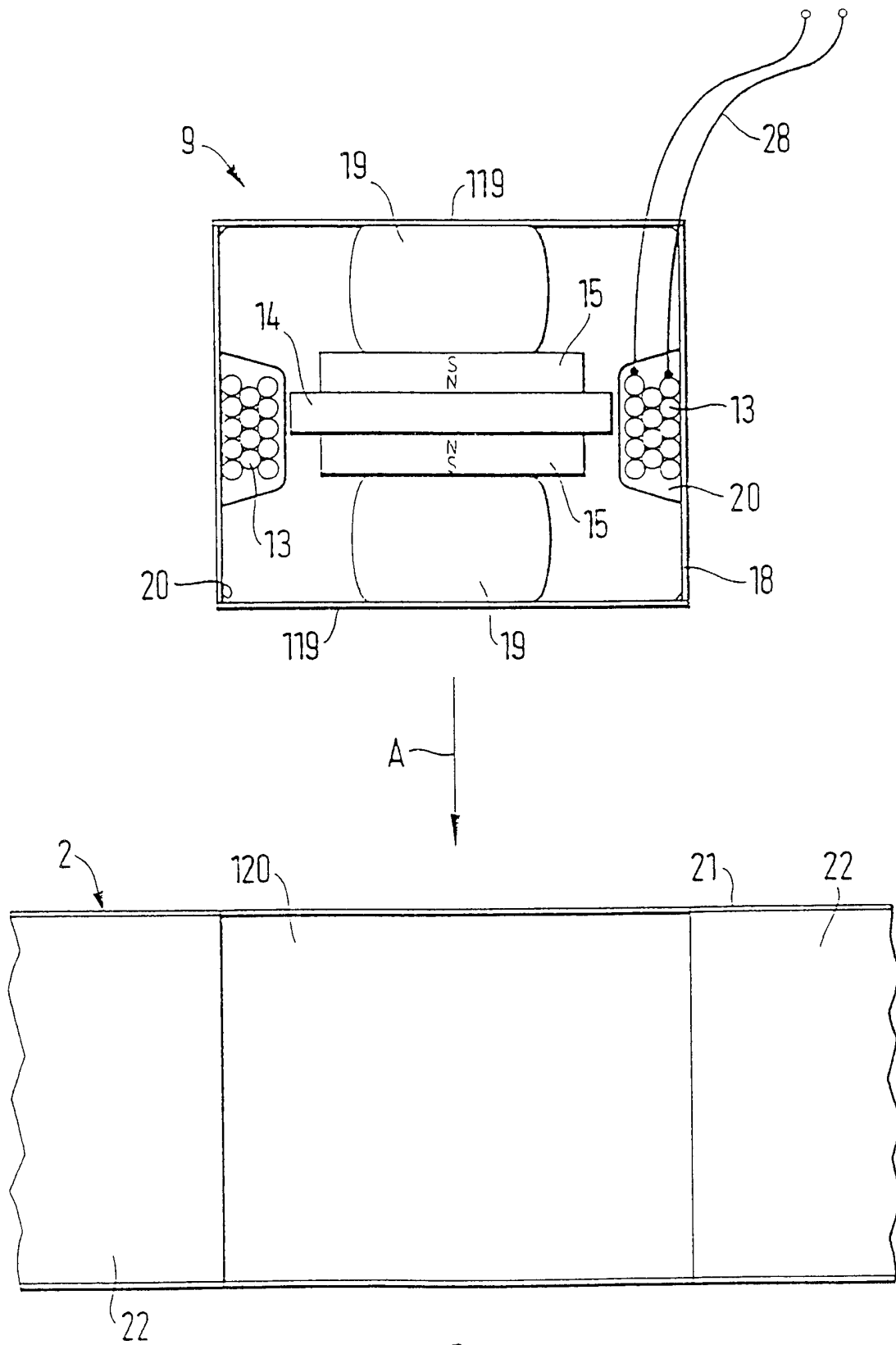


图 10

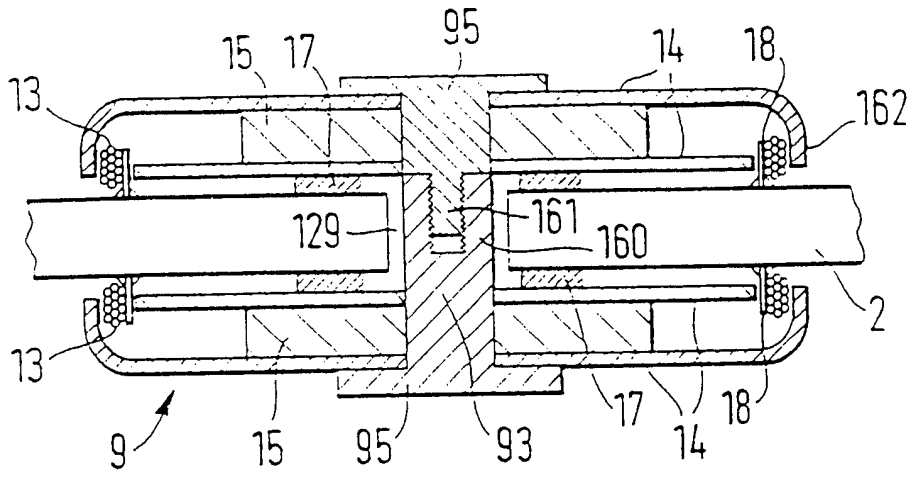


图 11a

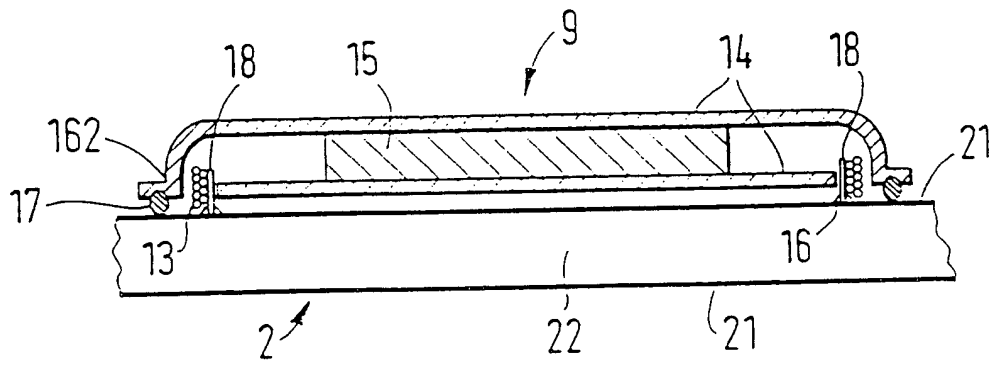


图 11b

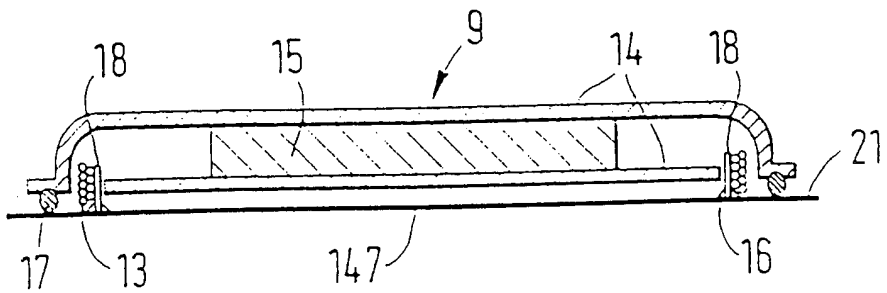


图 11c

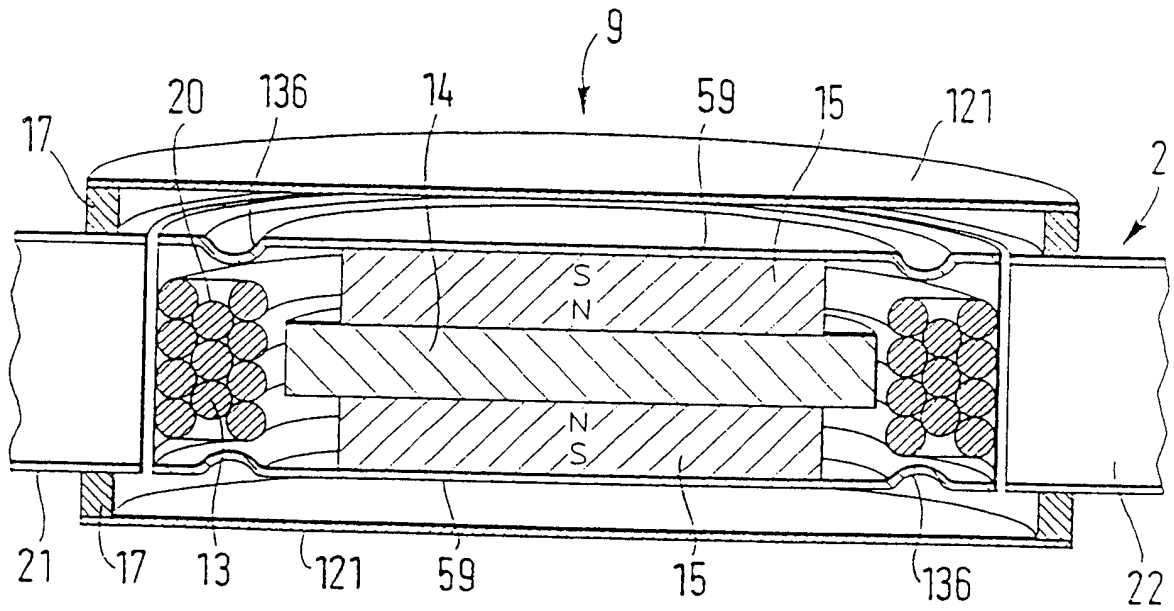


图 12

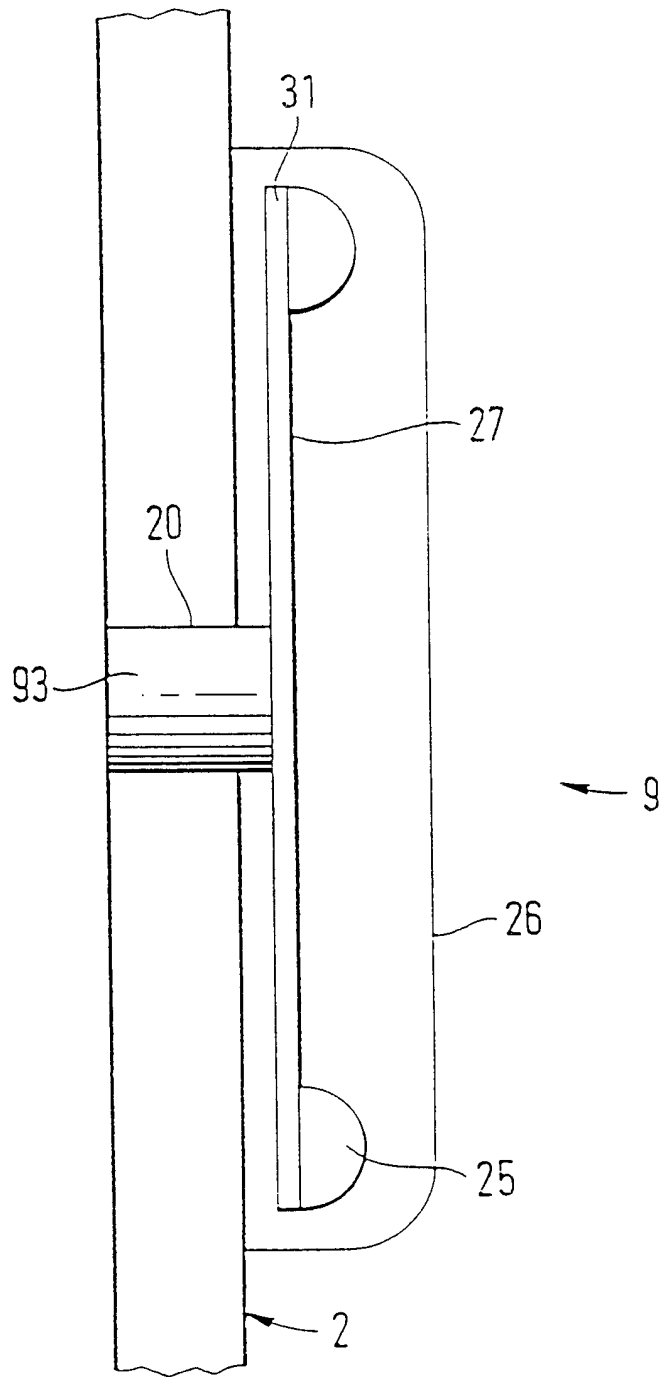


图 13

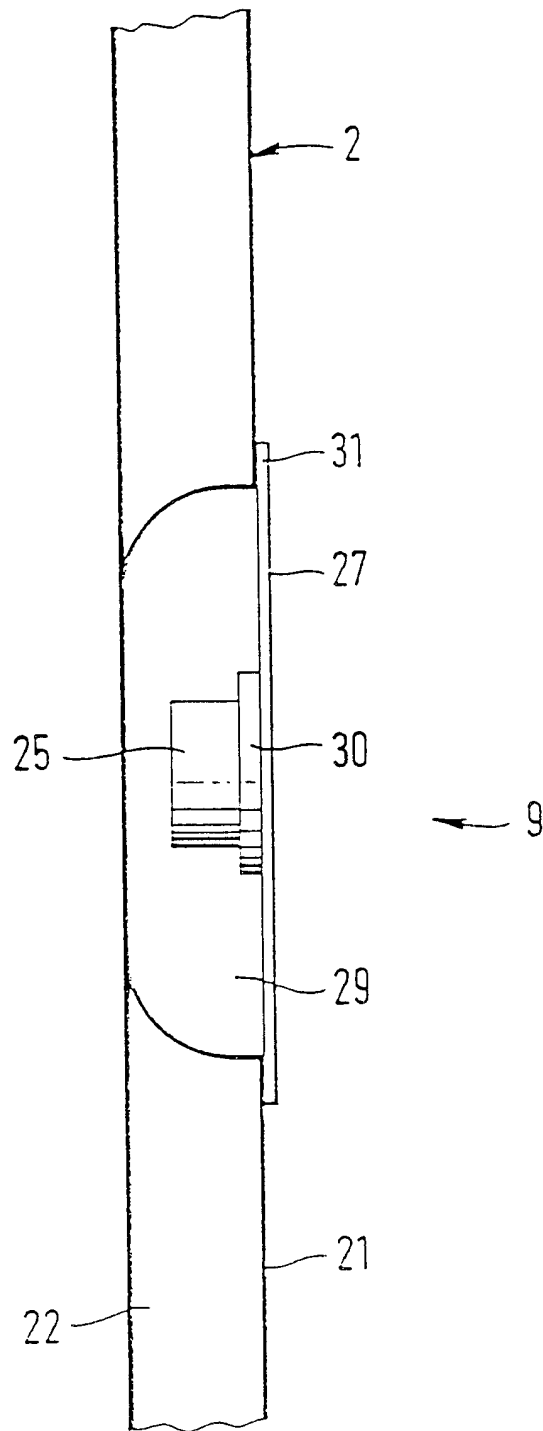


图 14

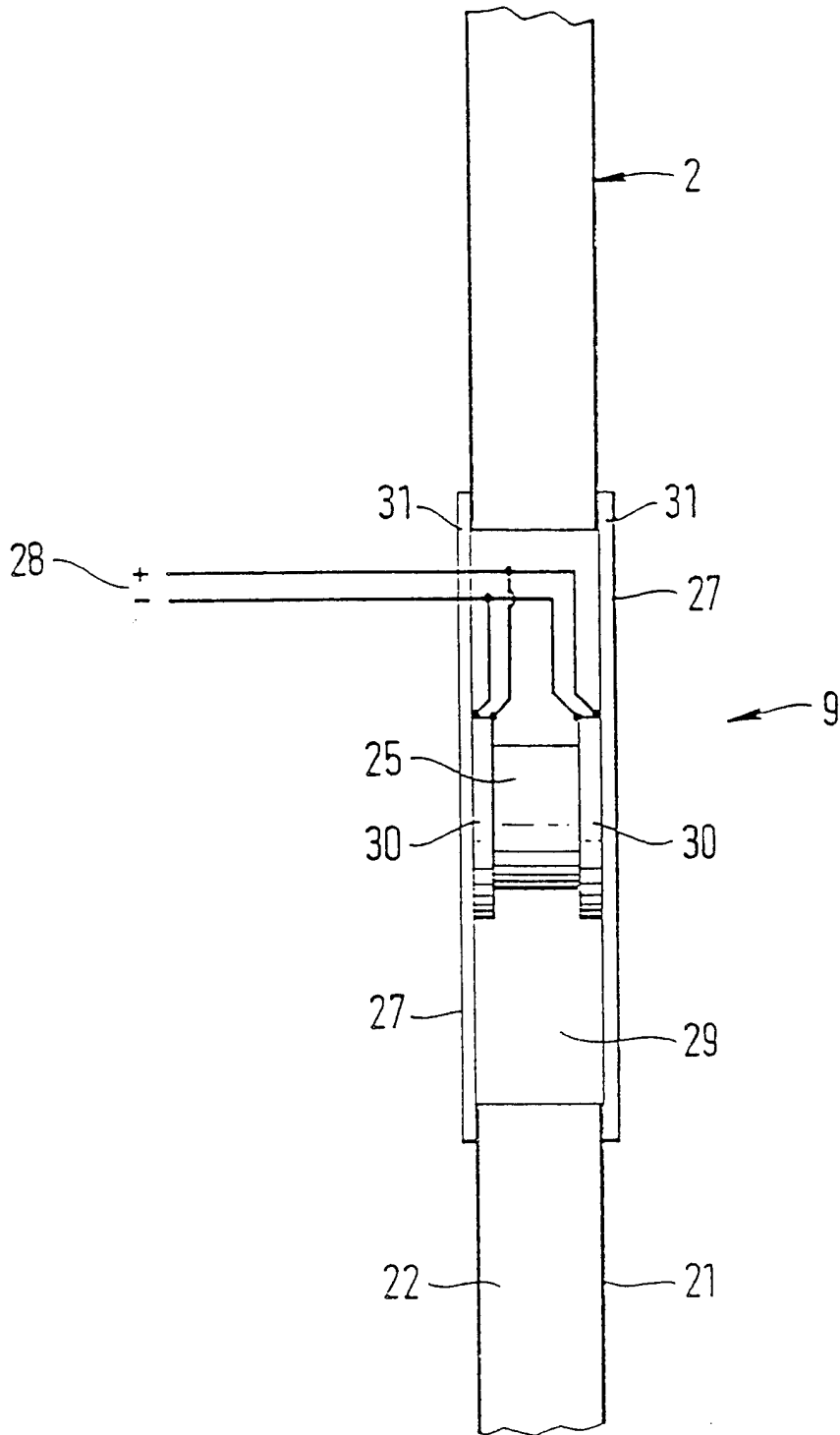


图 15

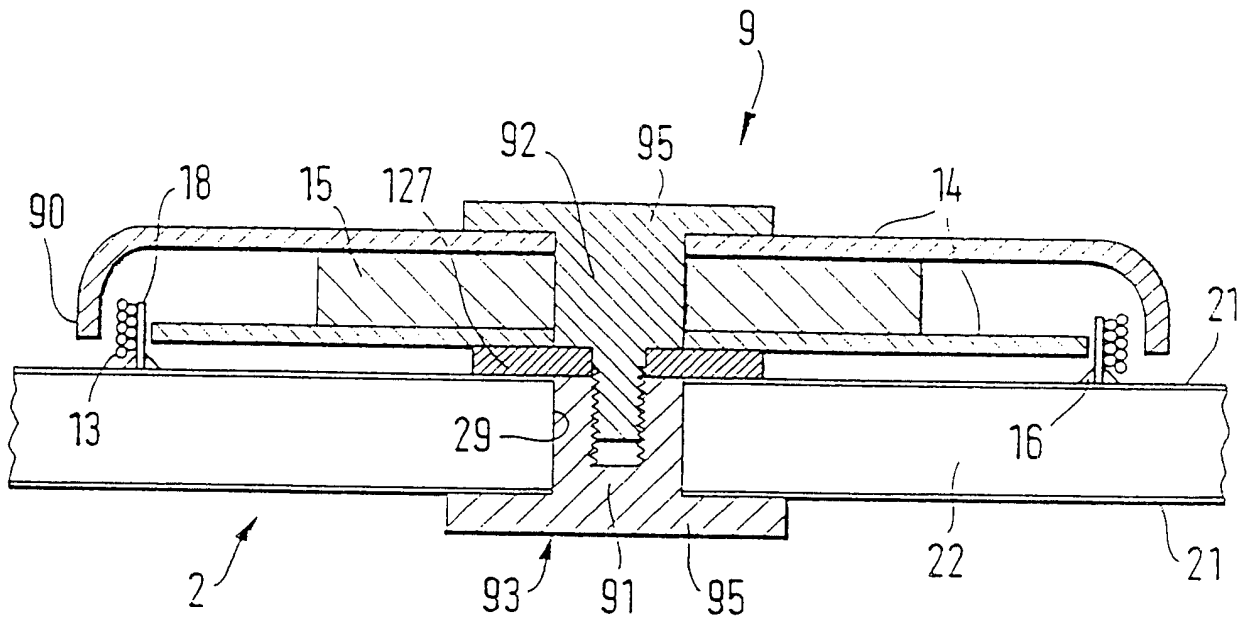


图 16

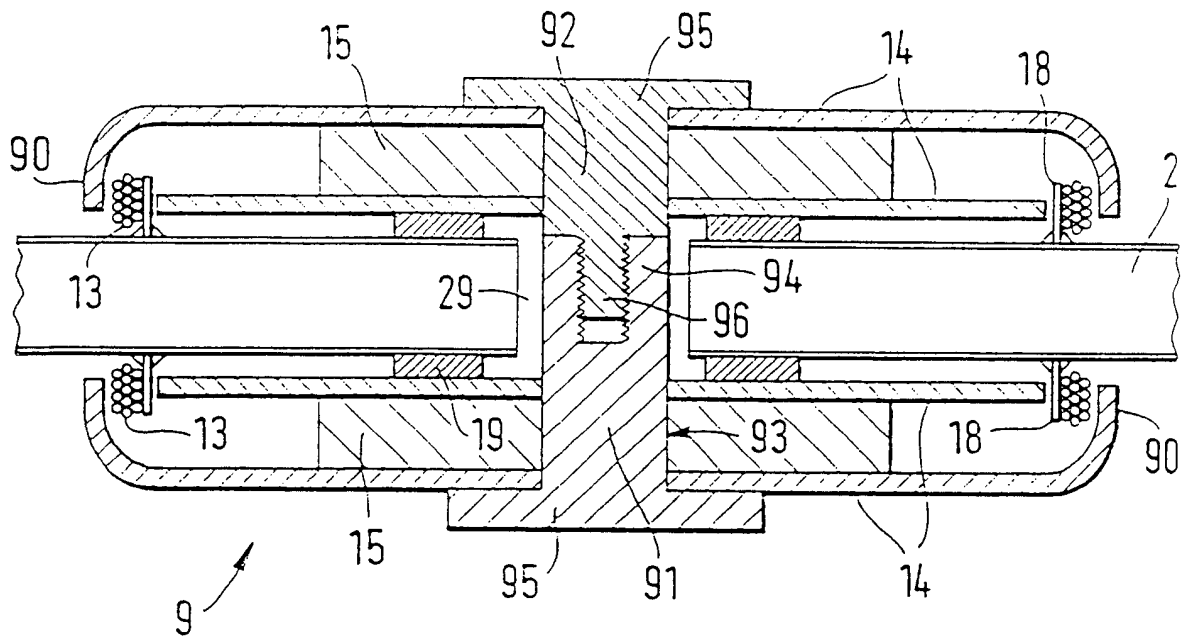


图 17

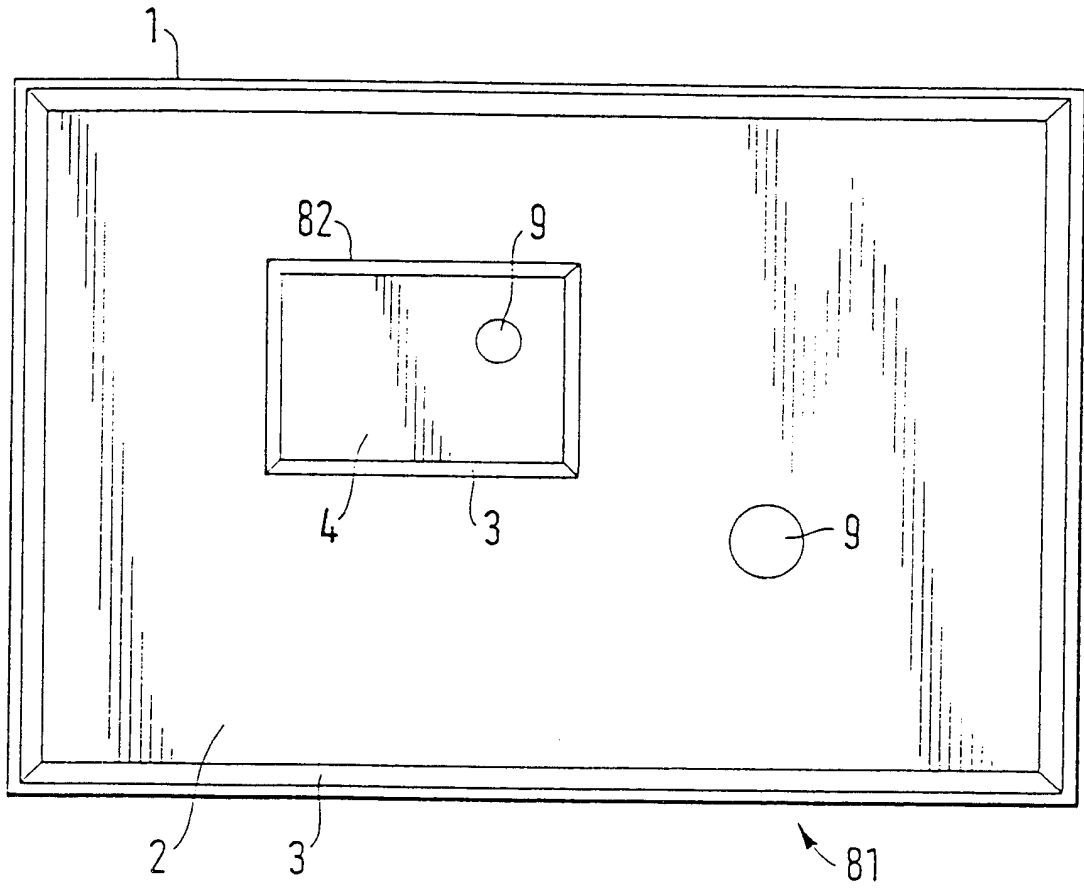


图 18

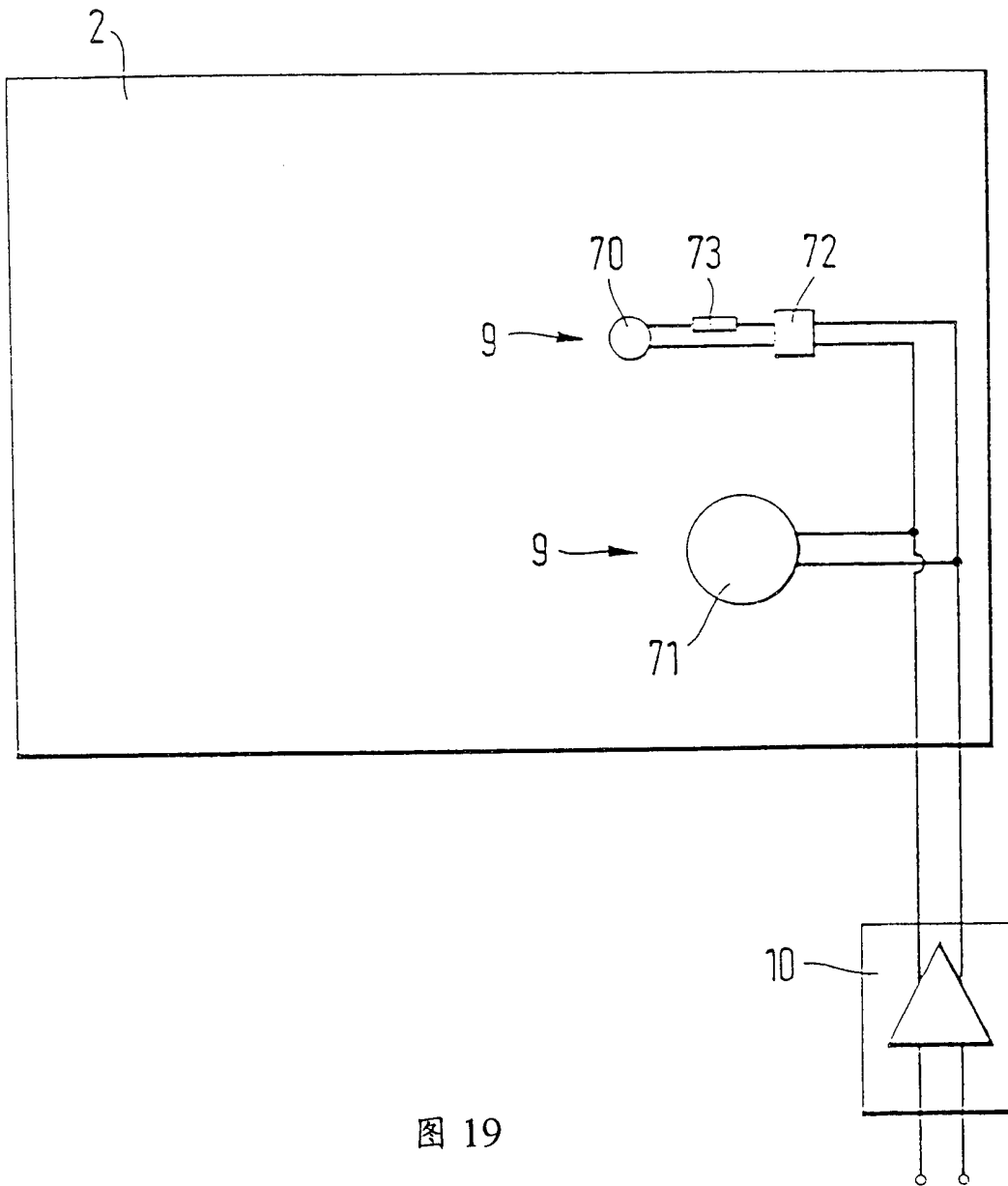


图 19

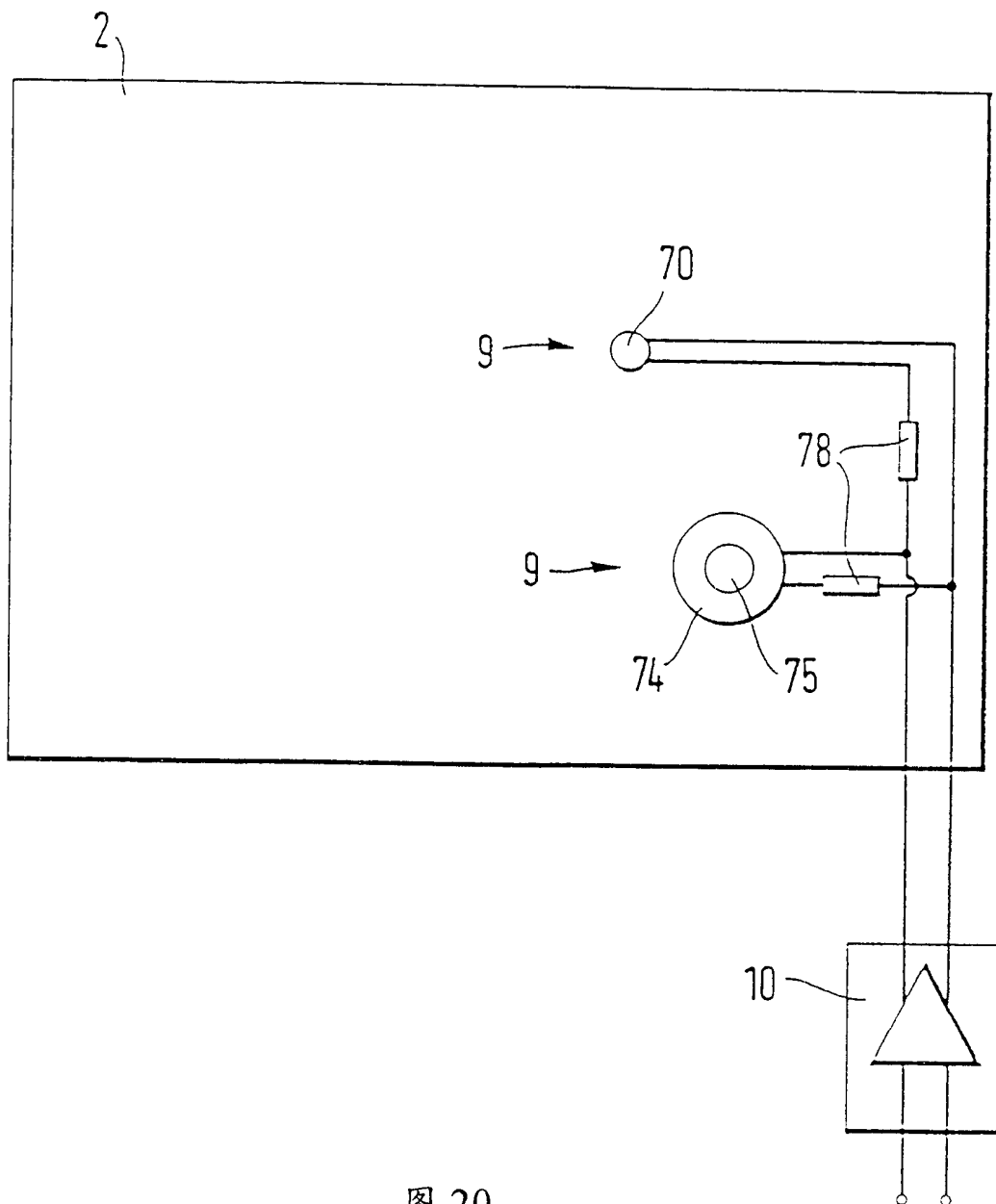


图 20

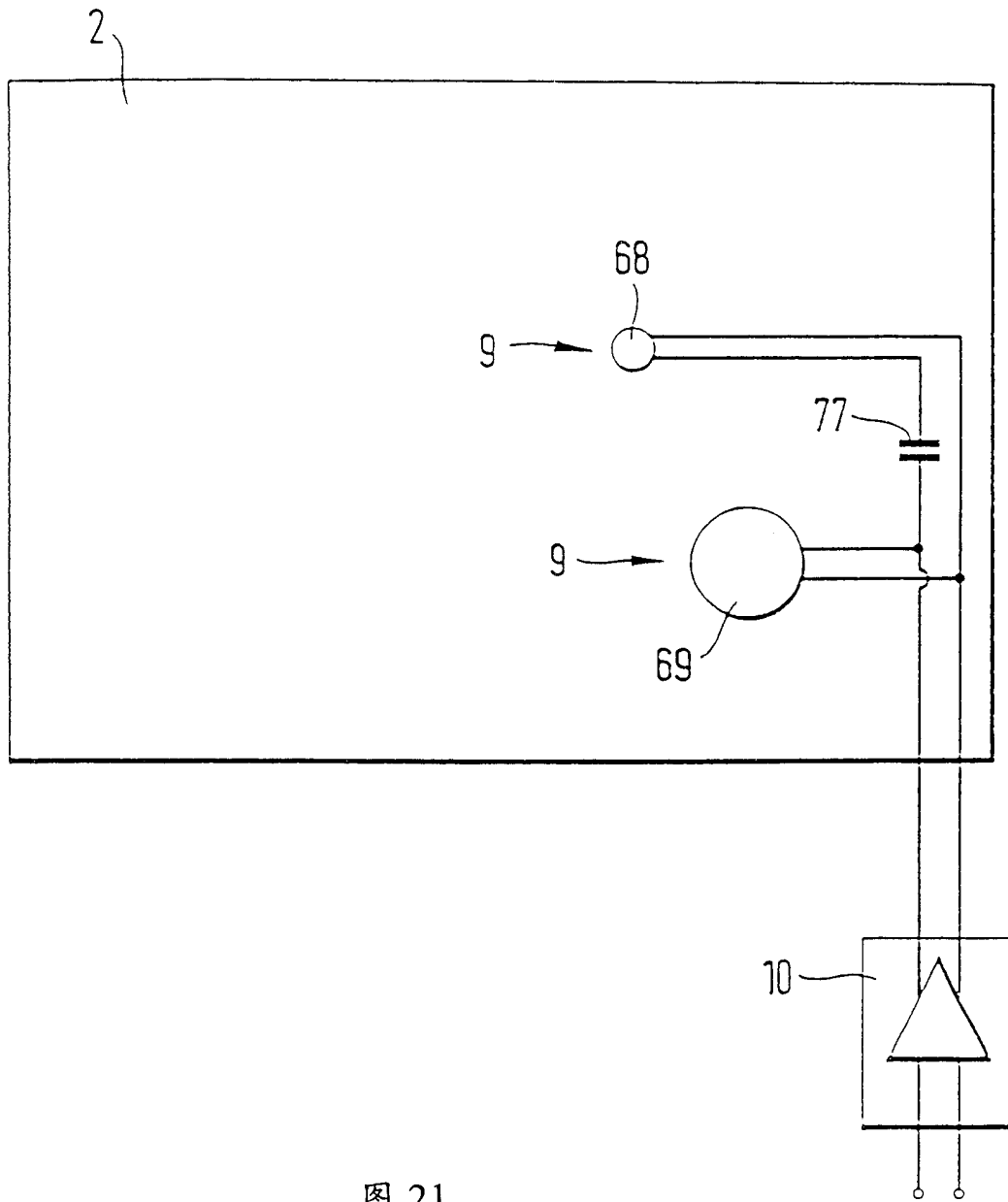


图 21

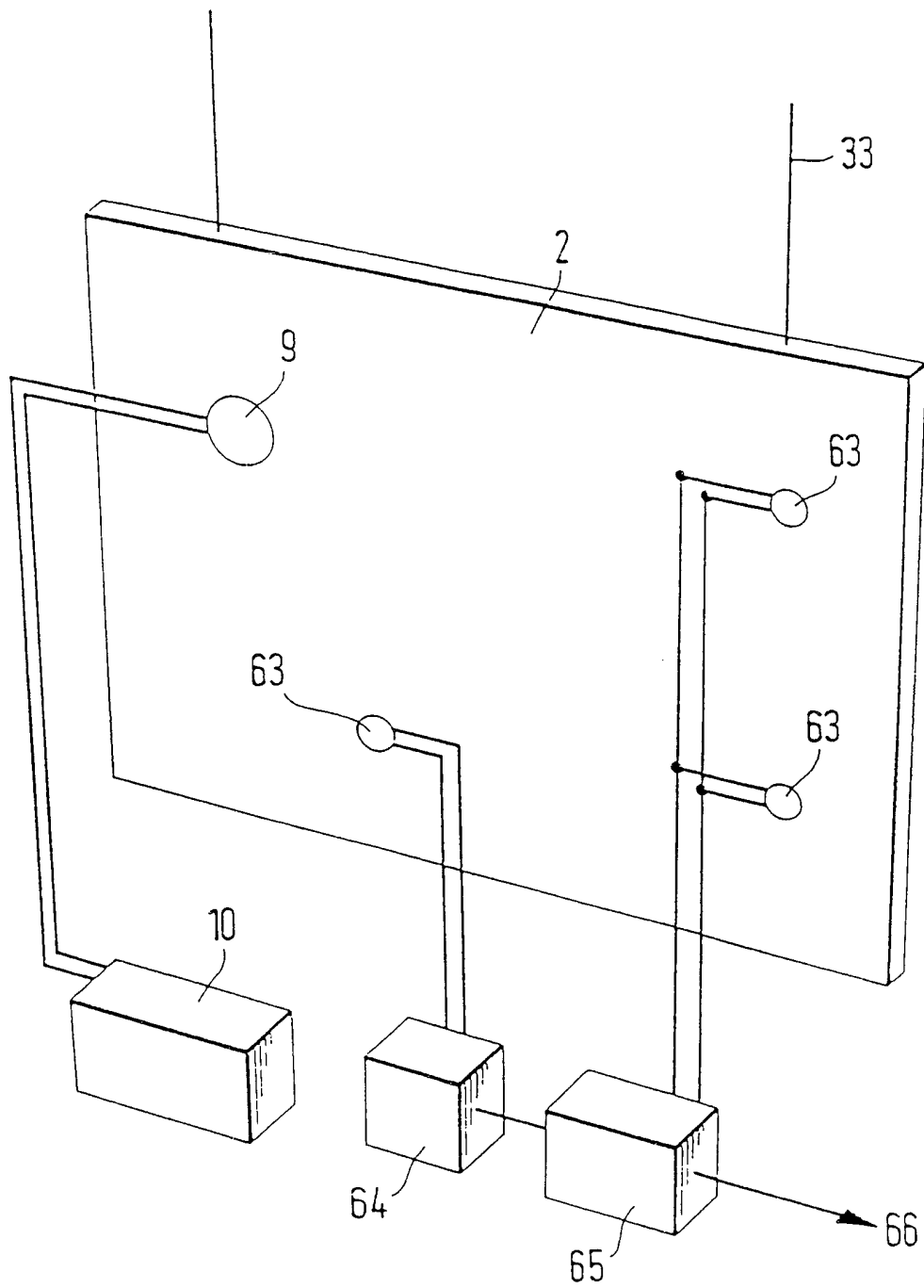


图 22

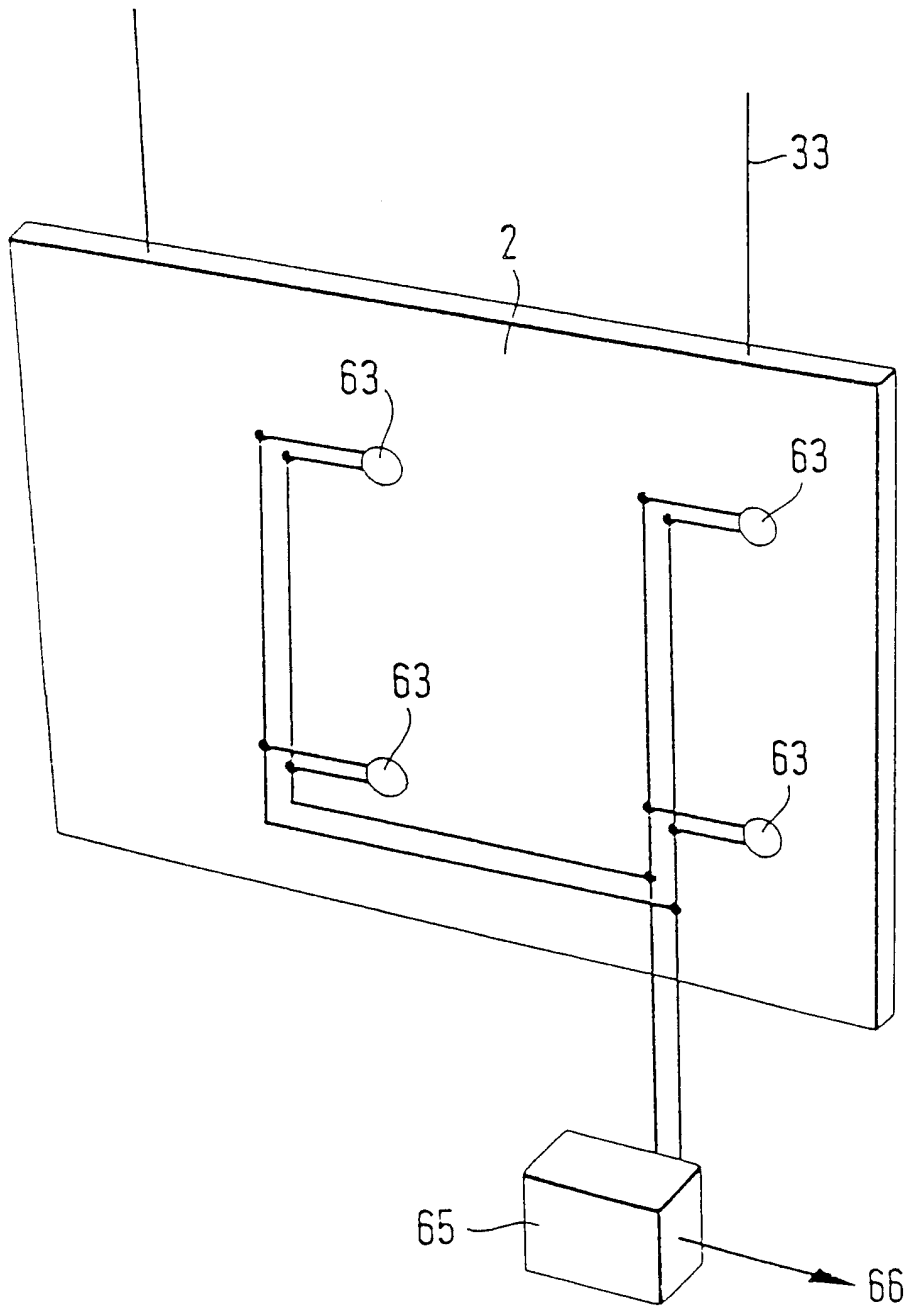


图 23

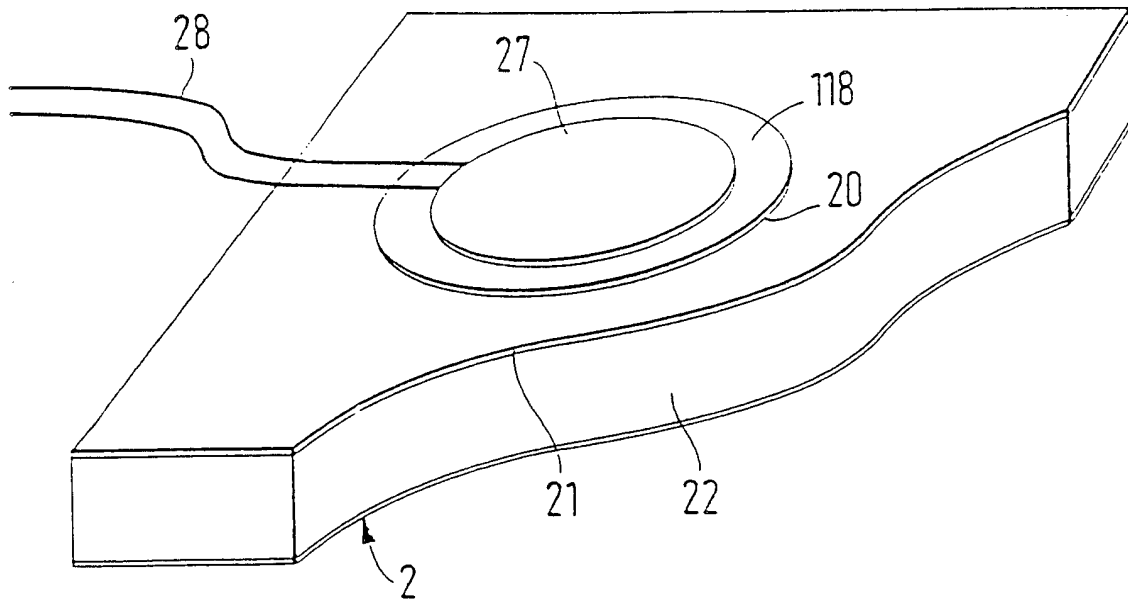


图 24

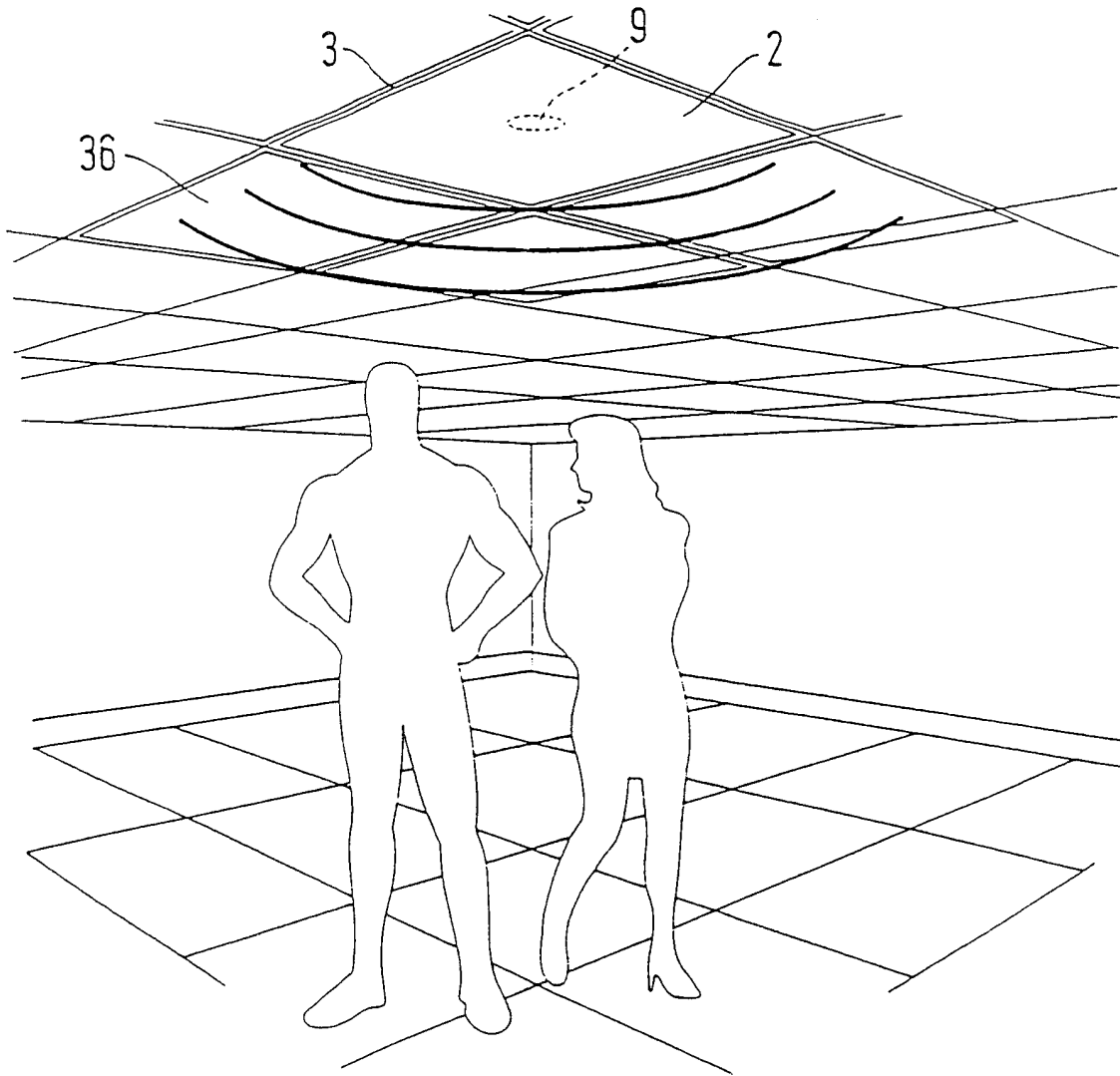


图 25a

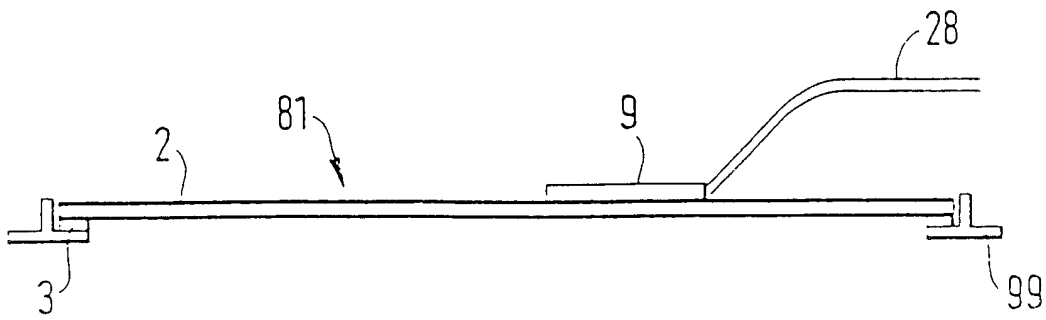


图 25b

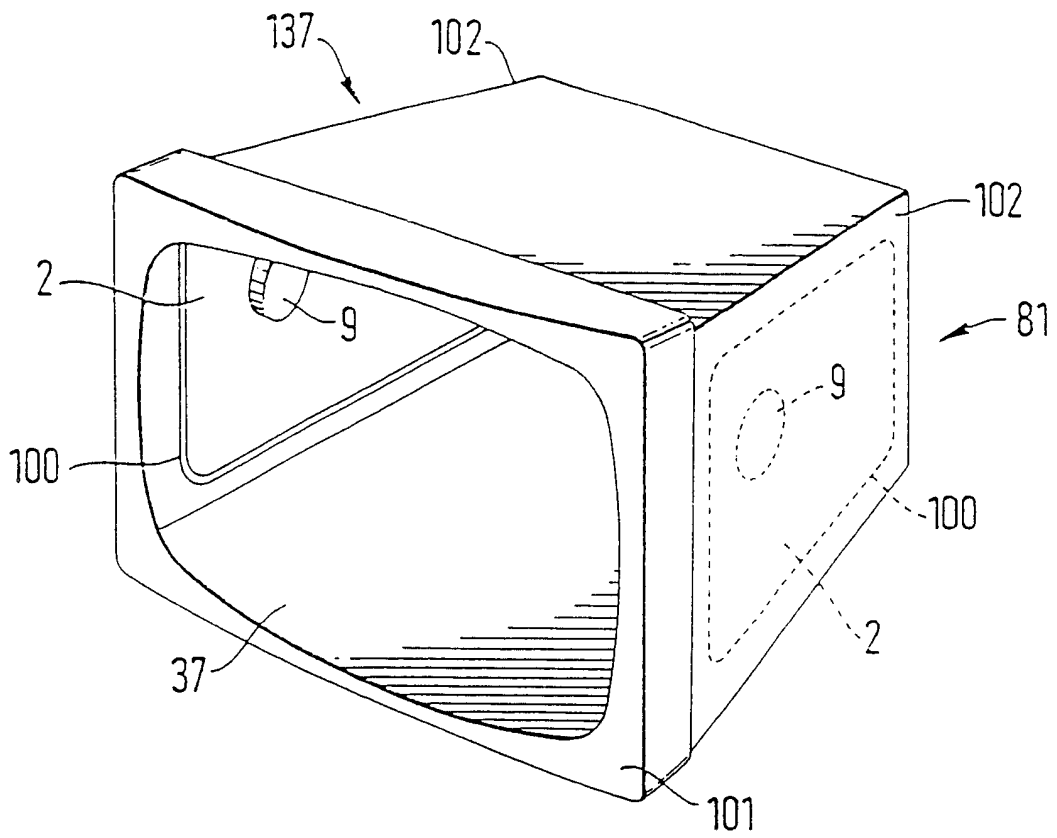


图 27

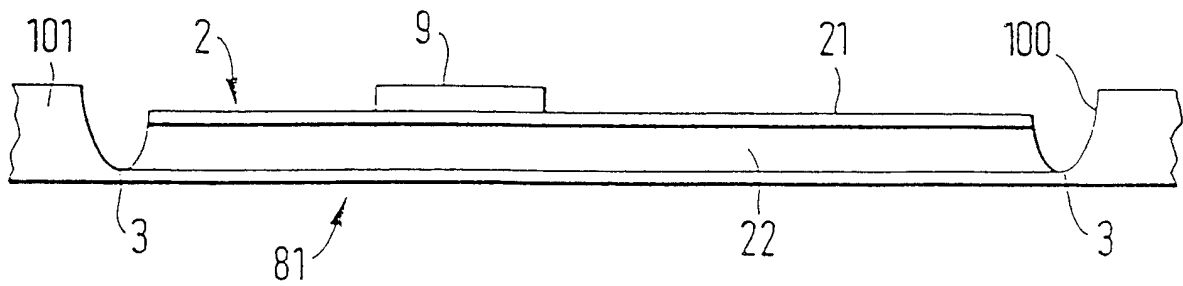


图 28

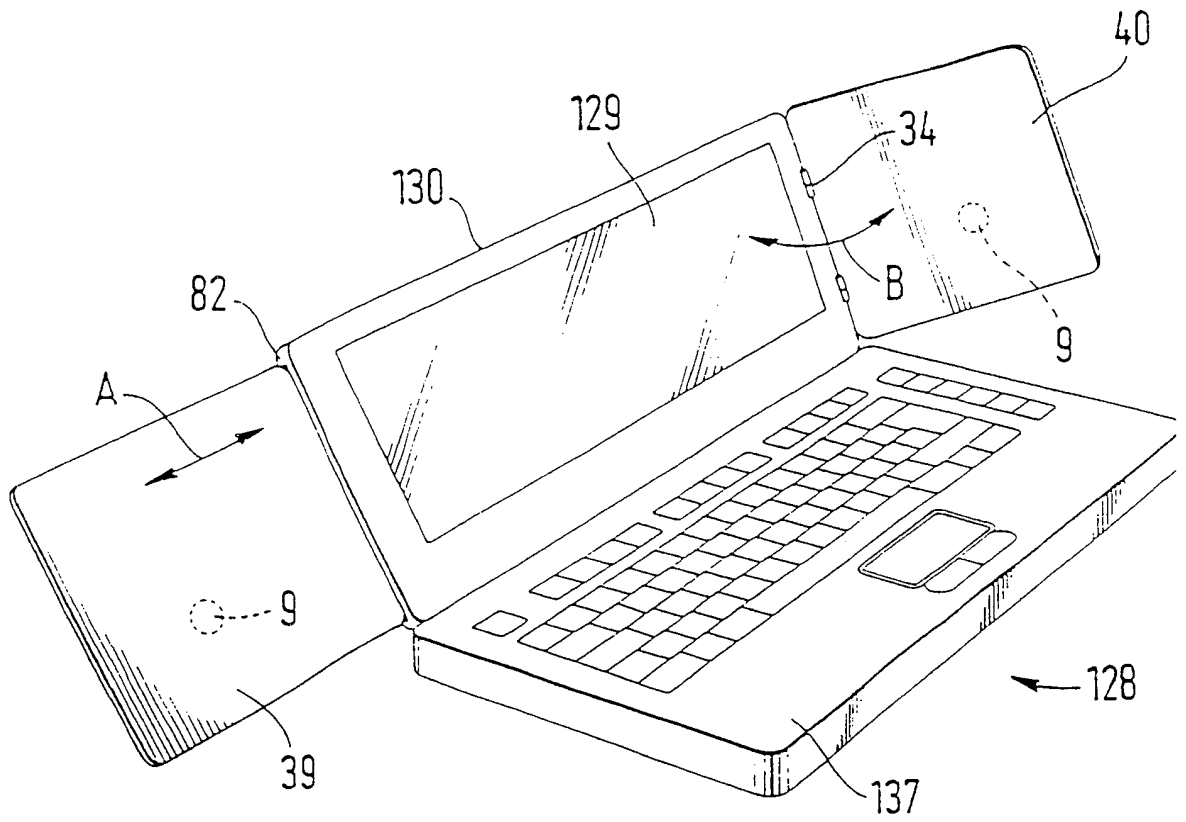


图 29

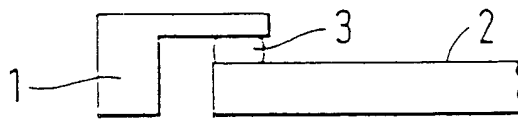


图 30

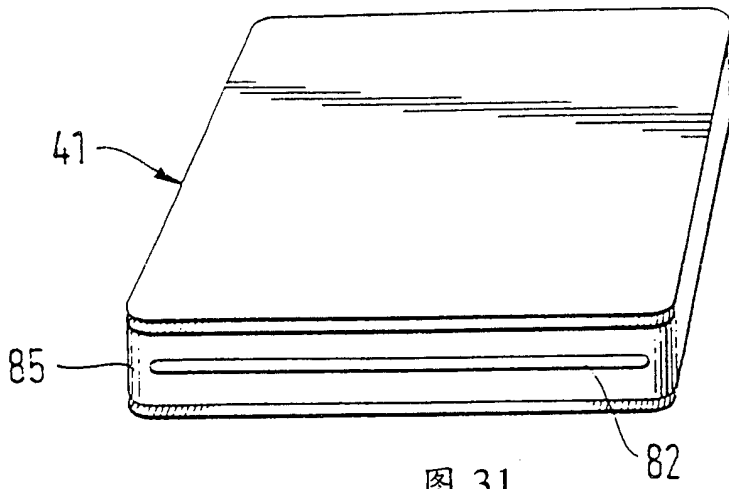


图 31

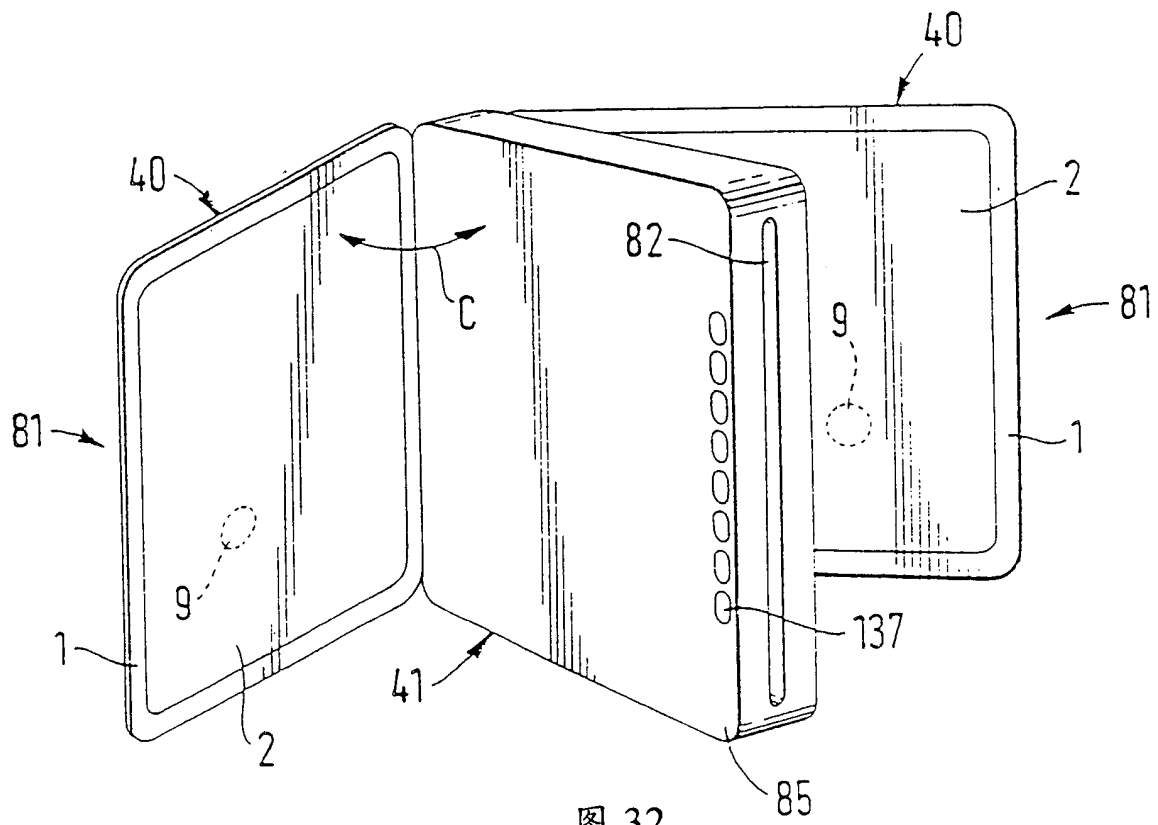


图 32

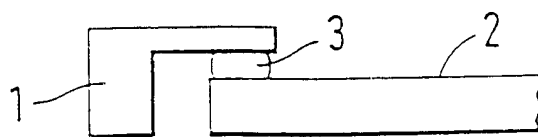


图 33

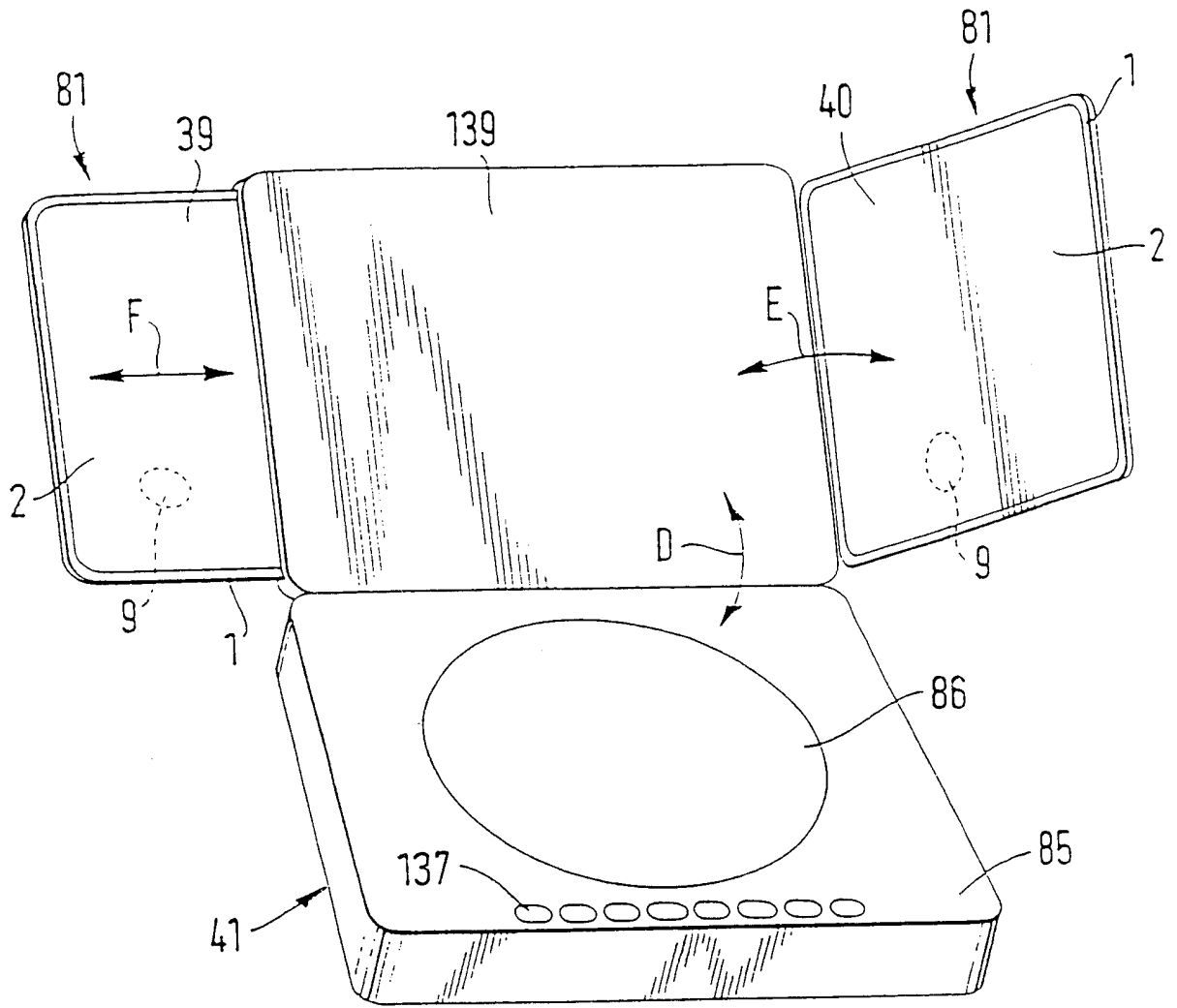


图 34

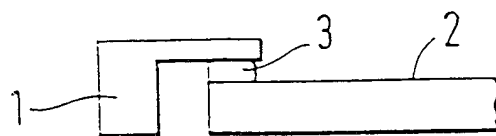


图 35

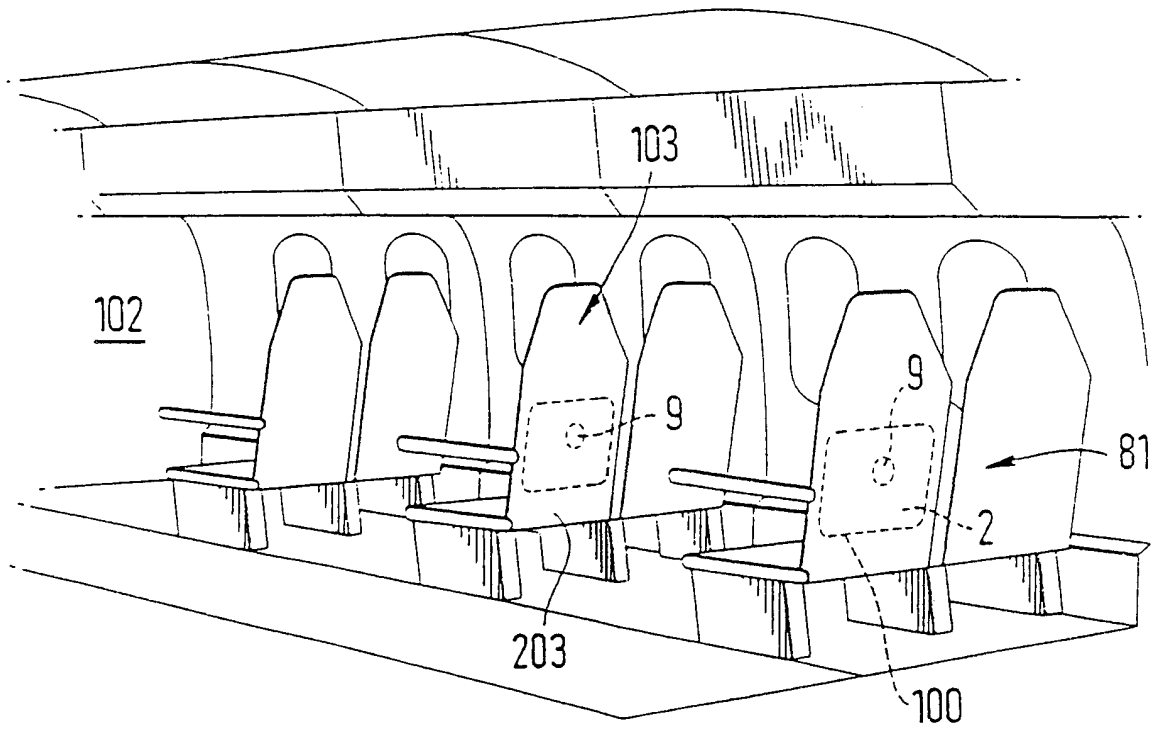


图 36

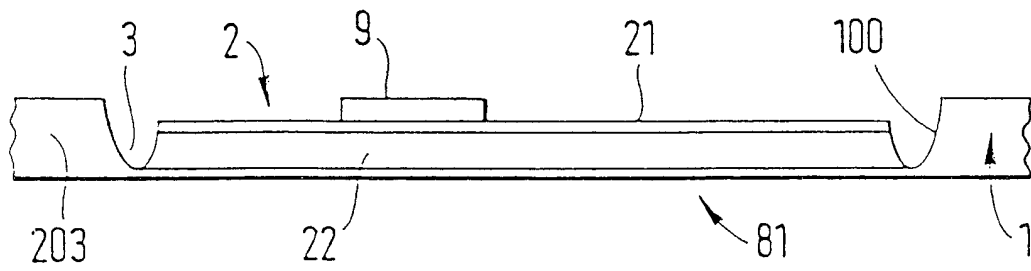


图 37

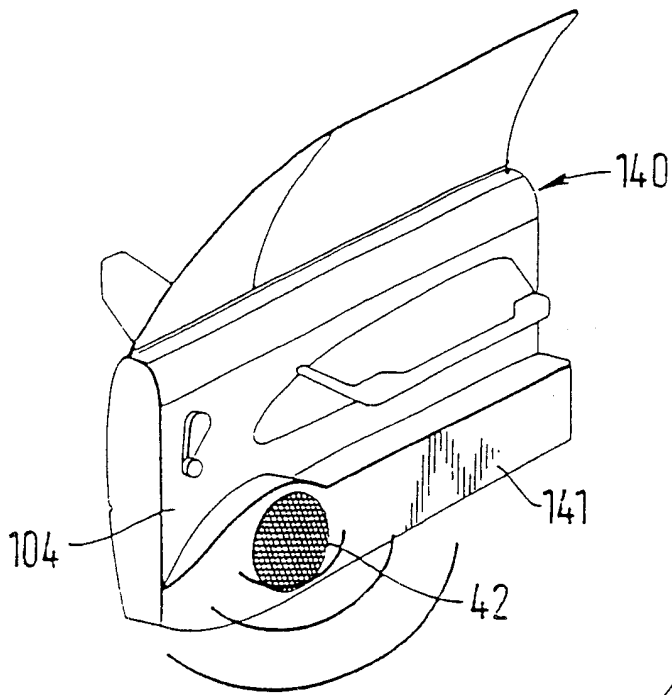


图 38

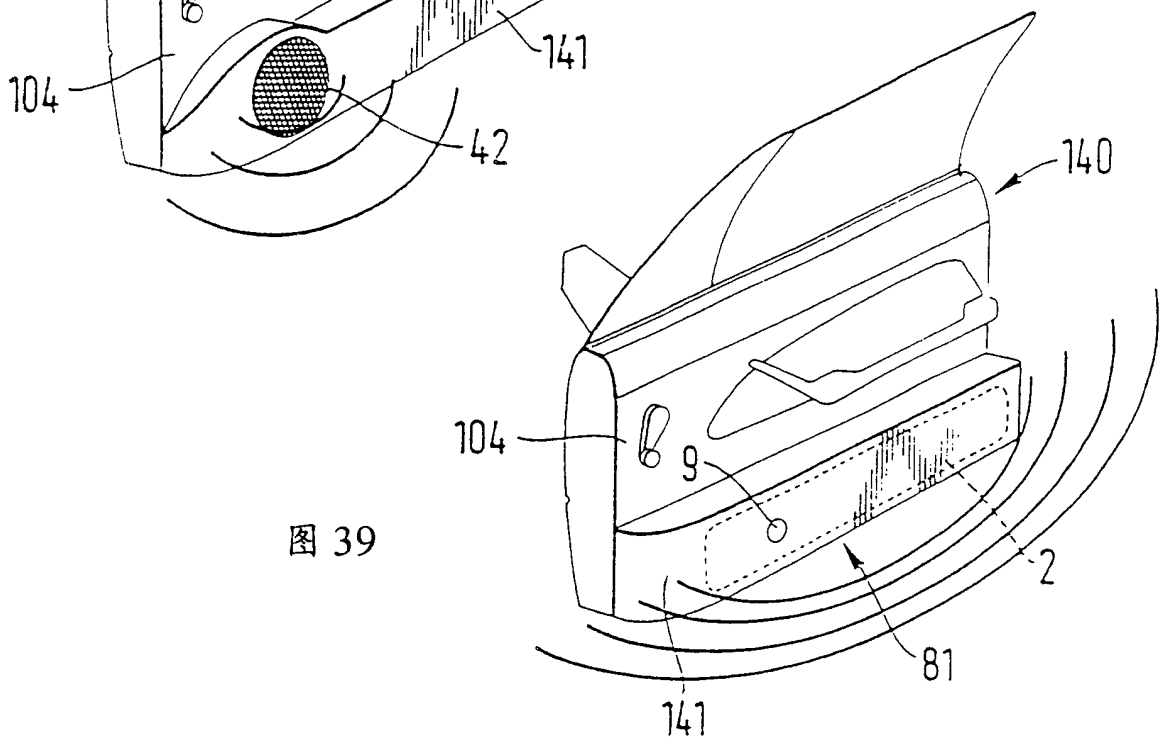


图 39

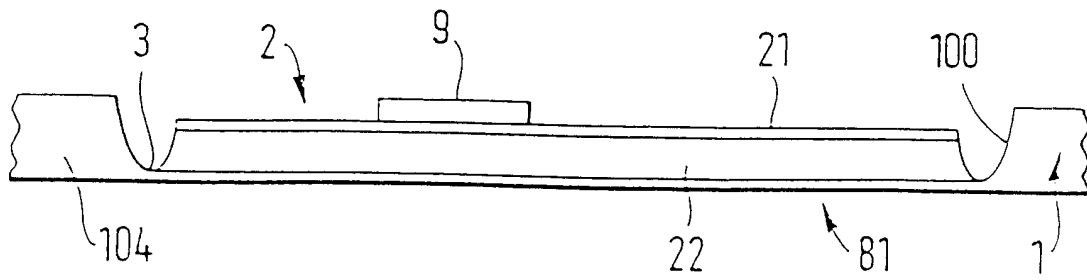


图 40

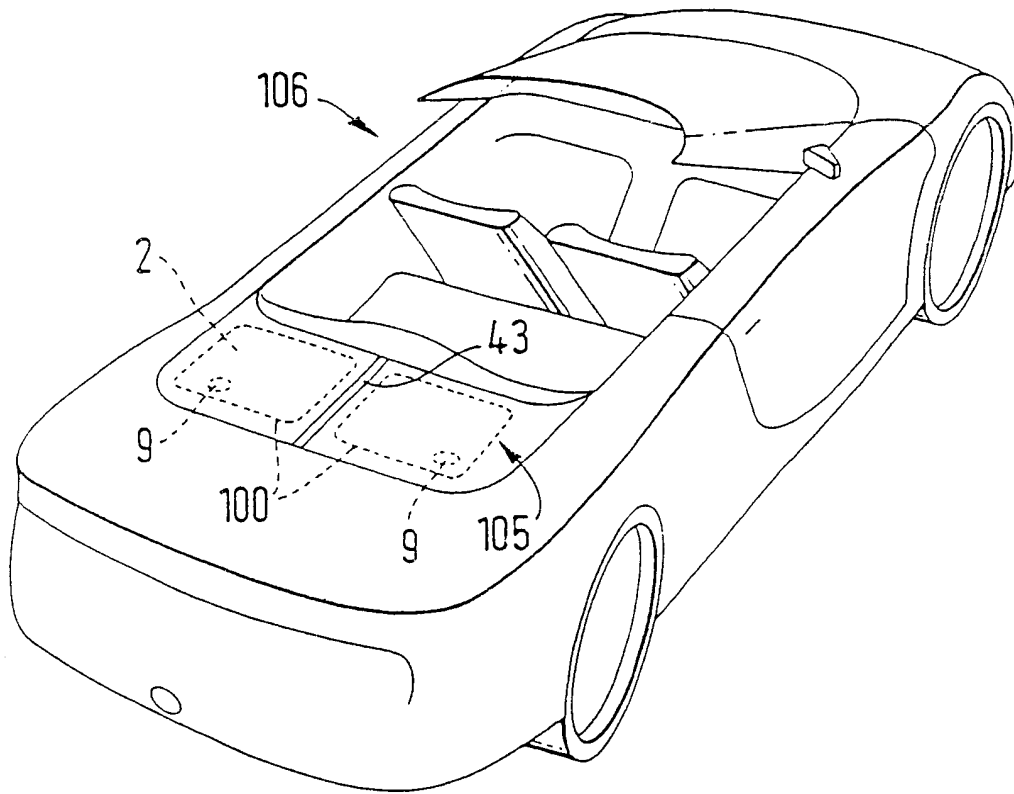


图 41

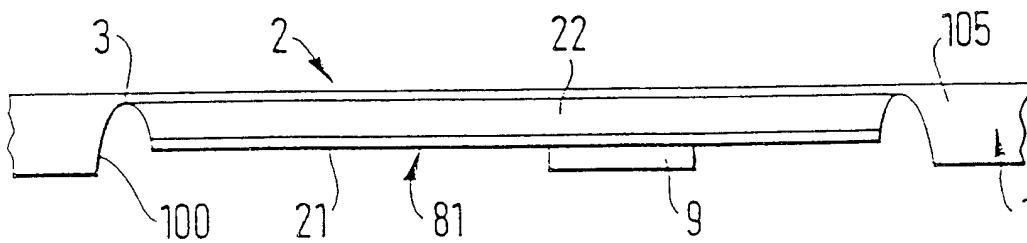


图 42

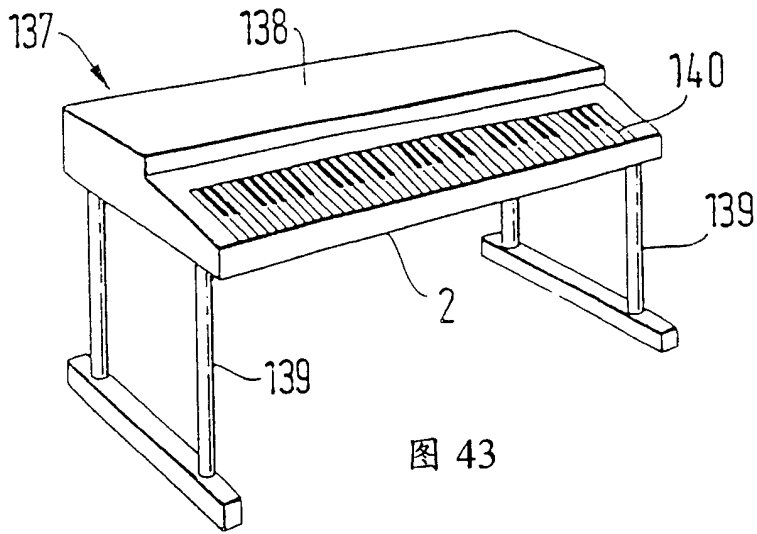


图 43

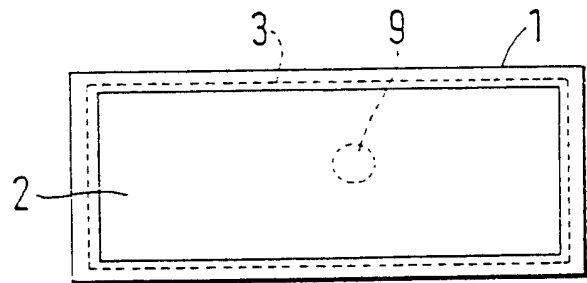


图 44

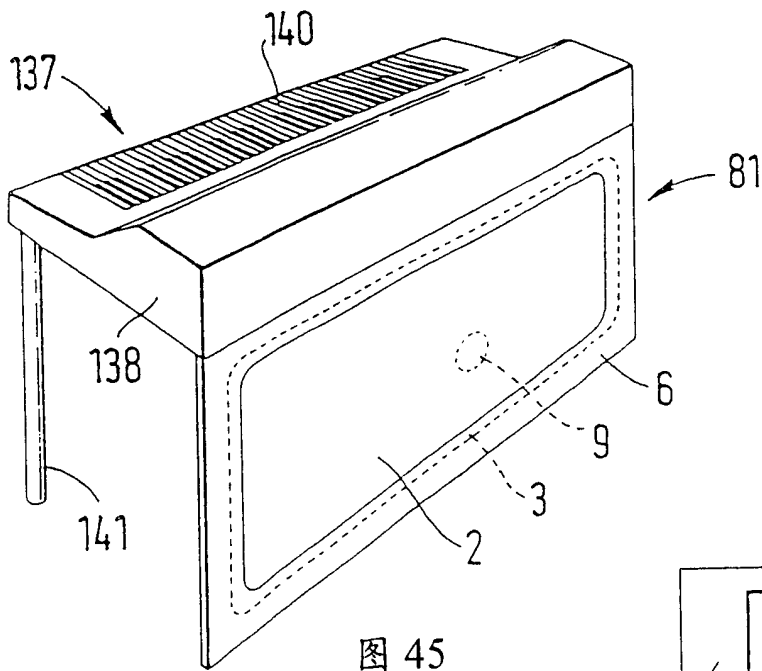


图 45

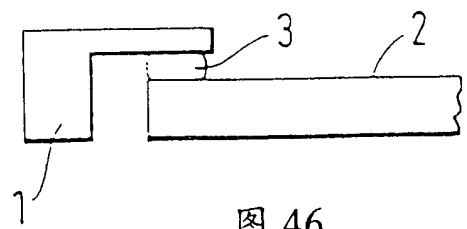


图 46

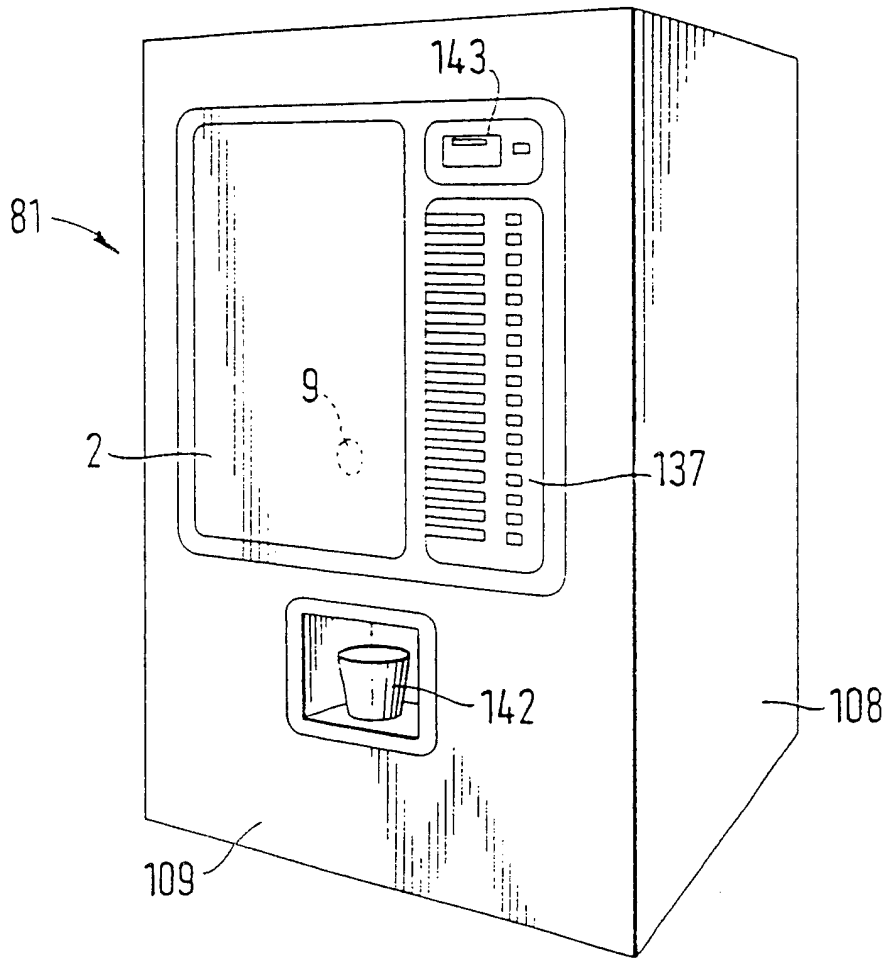


图 47

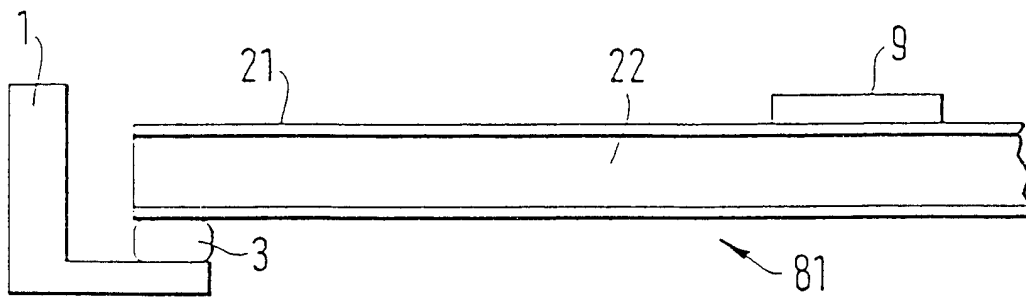


图 48

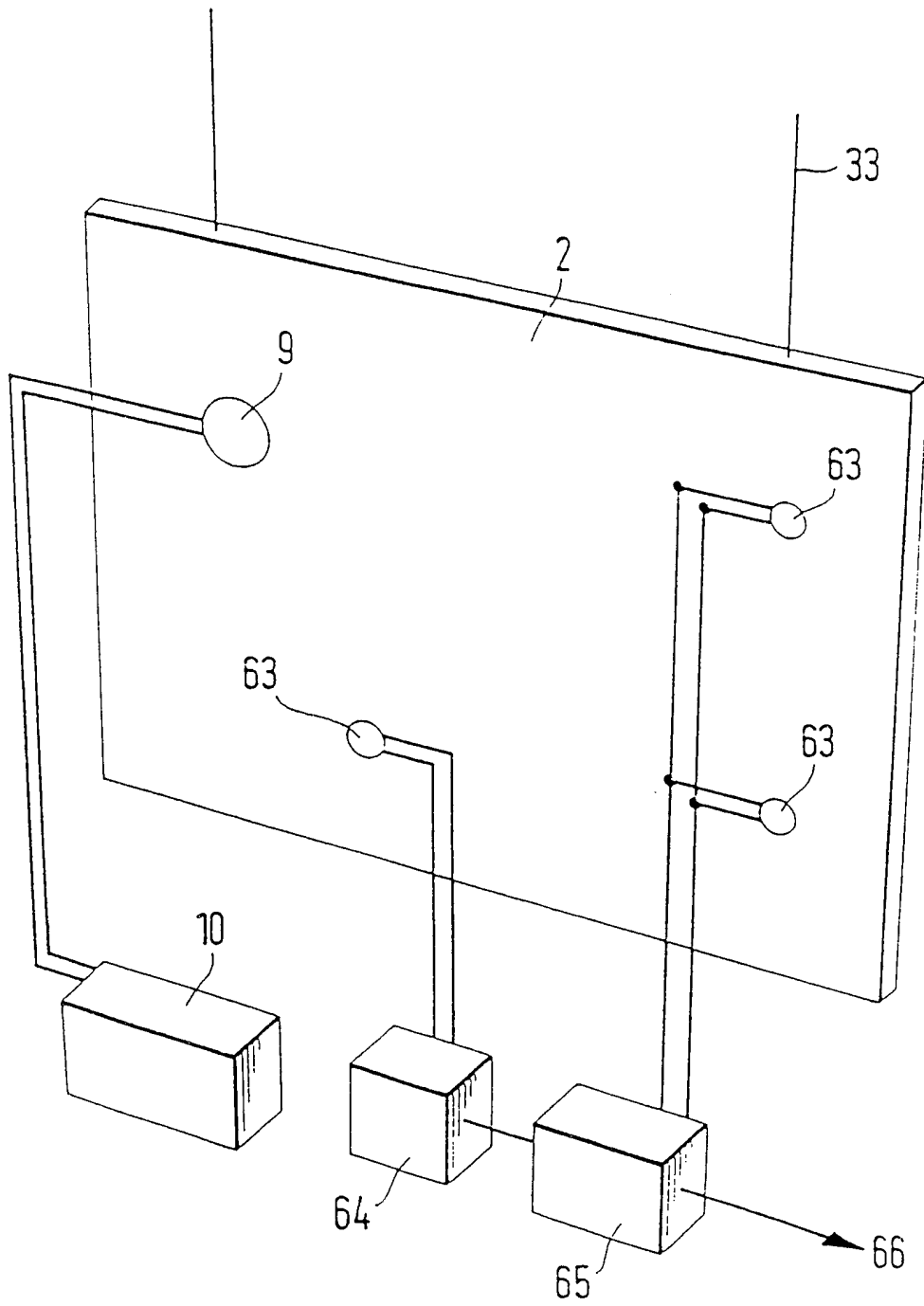


图 49

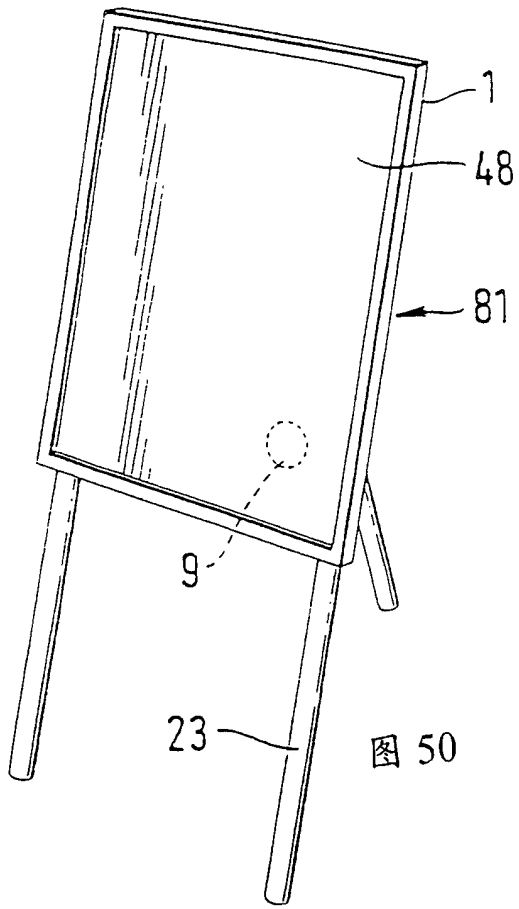


图 50

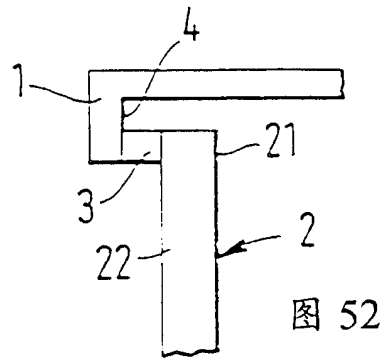


图 52

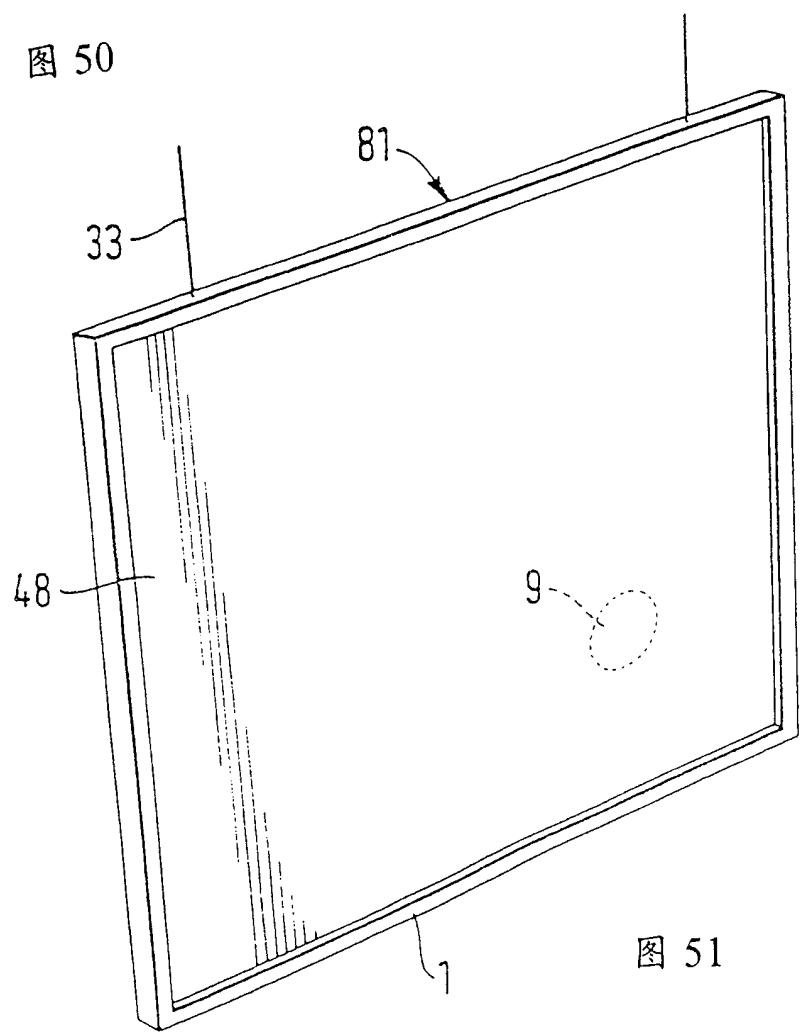


图 51

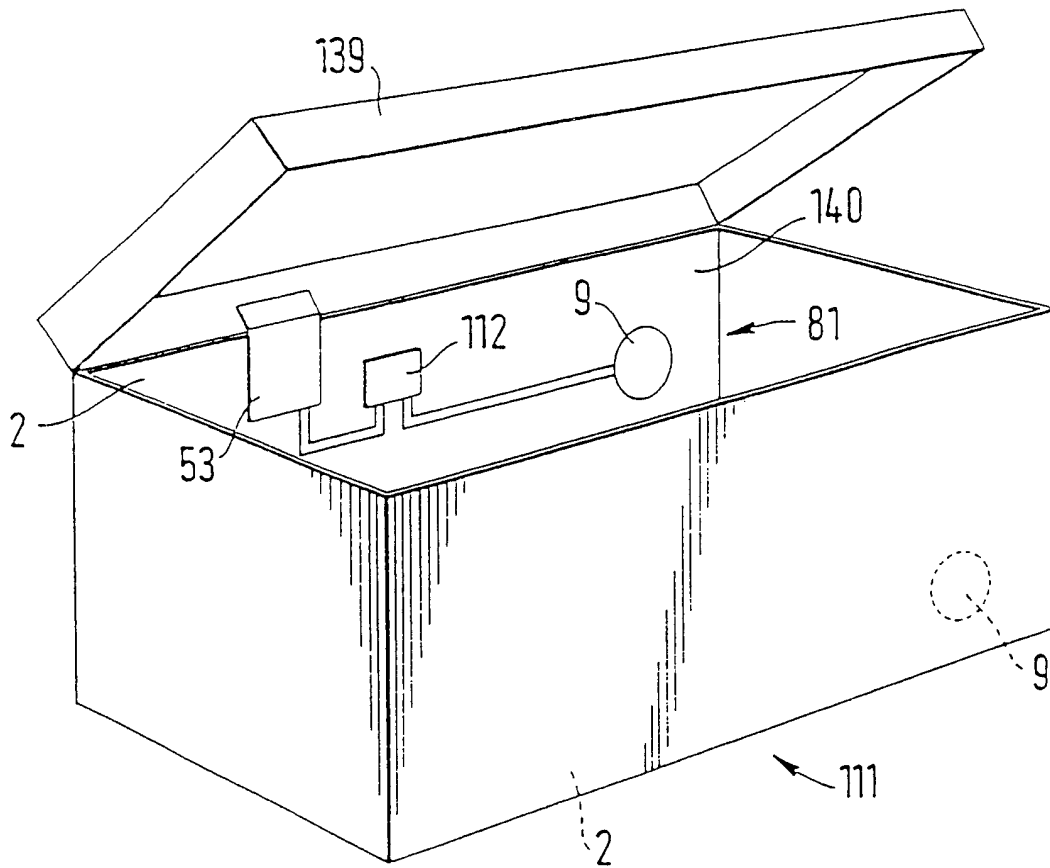


图 53

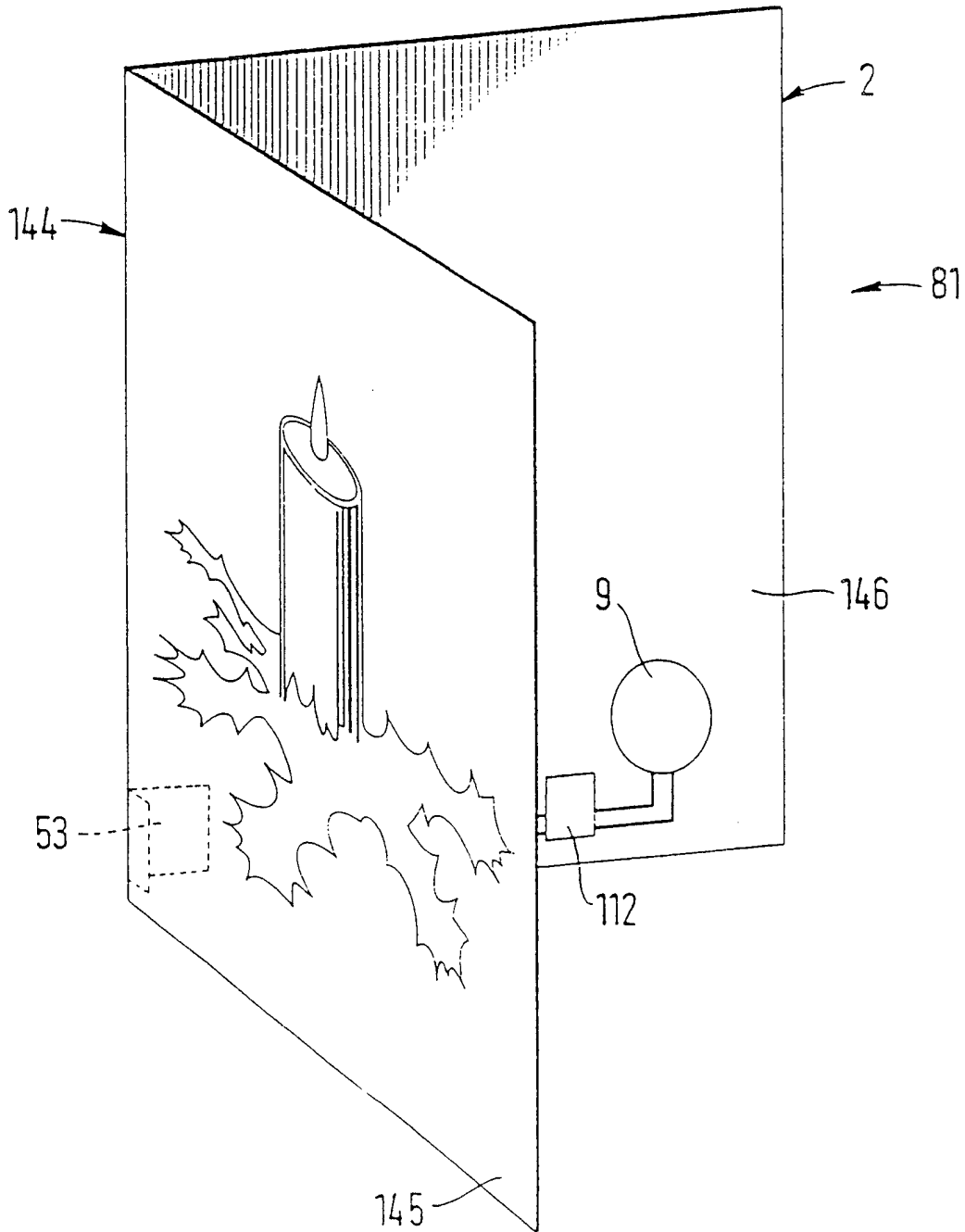


图 54

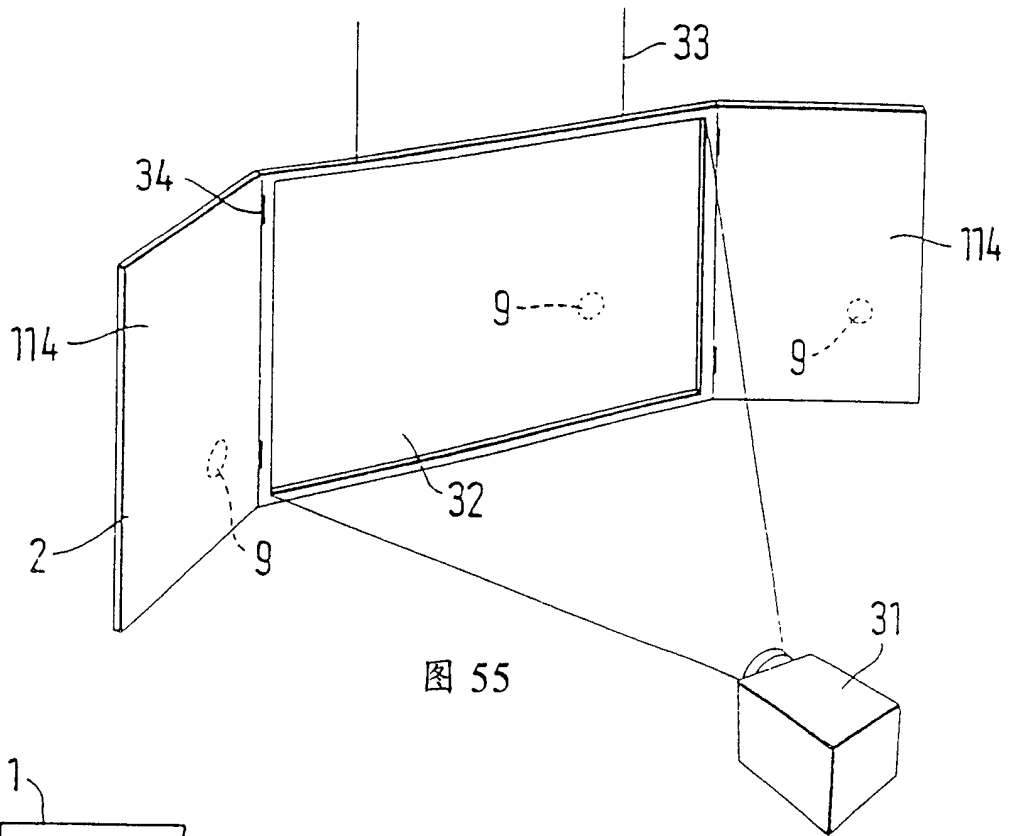


图 55

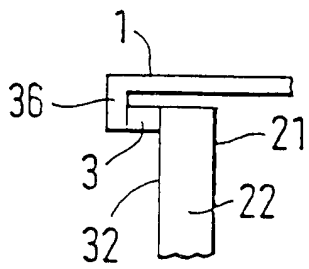


图 56

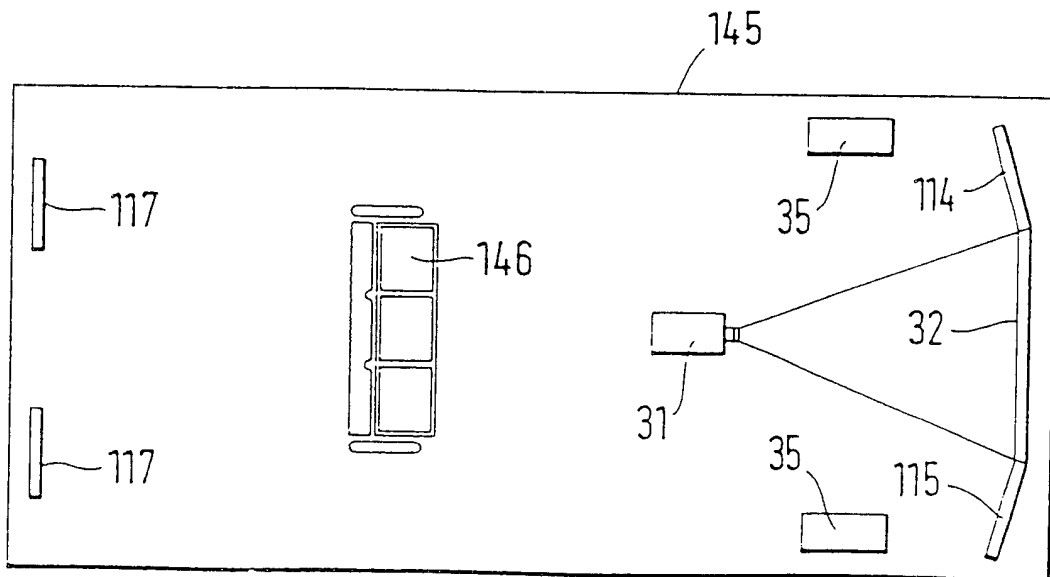


图 57

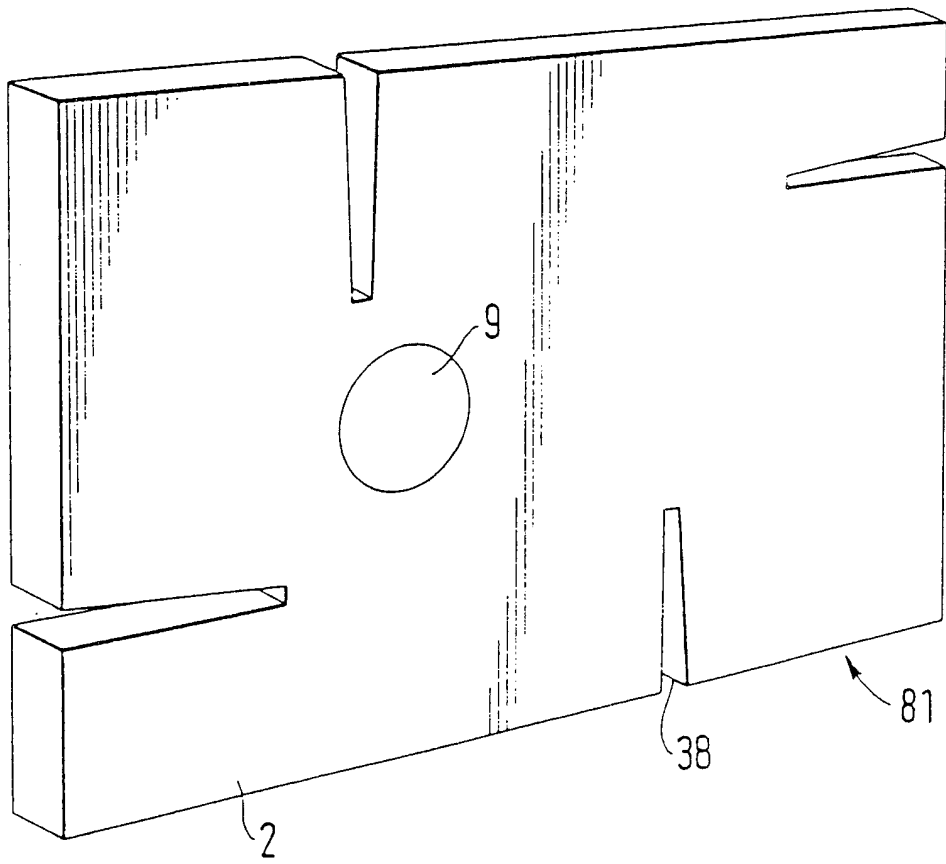


图 58

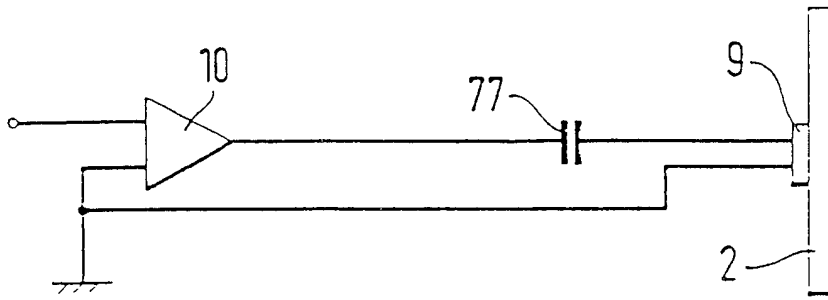


图 59a

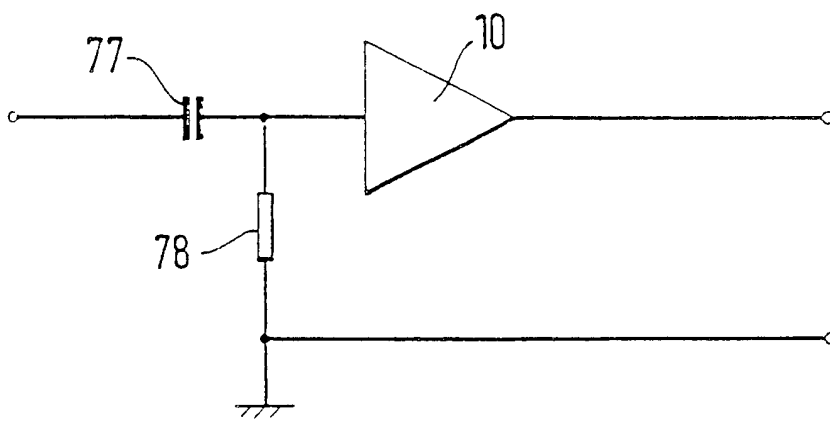


图 59b

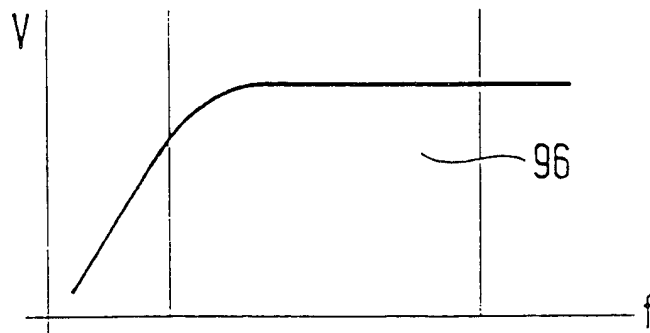


图 59c

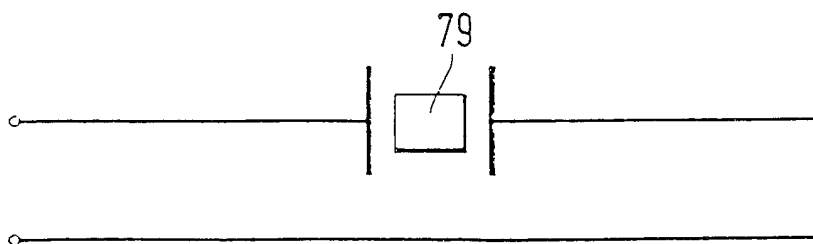


图 59d

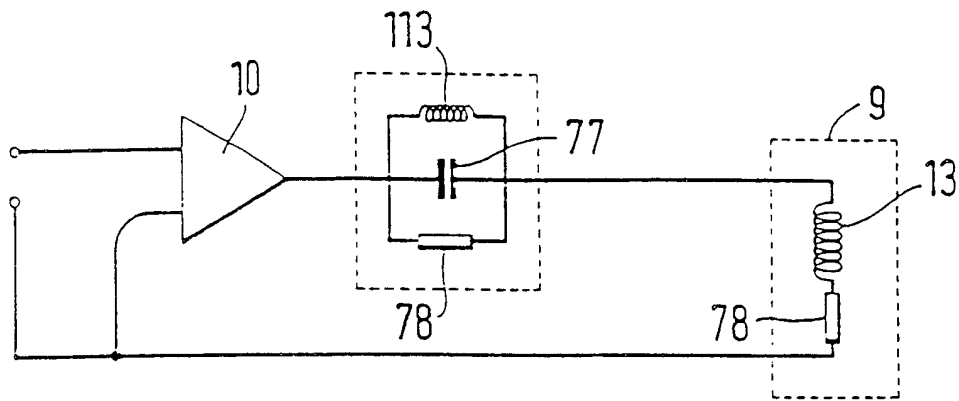


图 60a

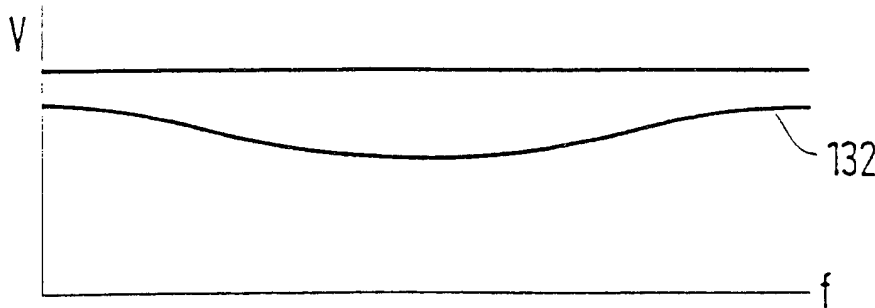


图 60b

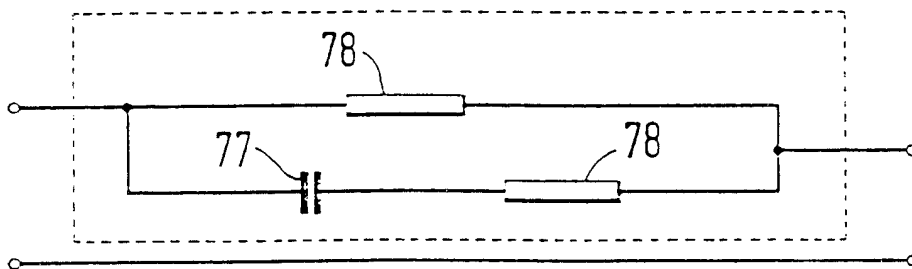


图 60c

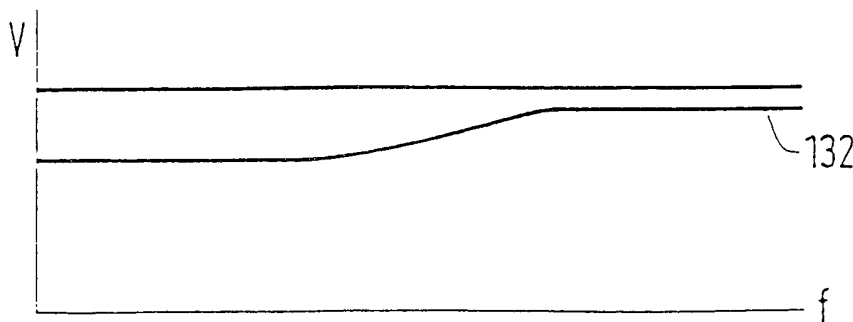


图 60d

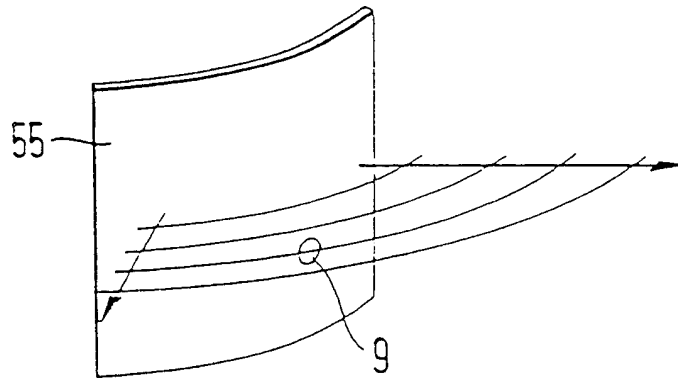


图 61a

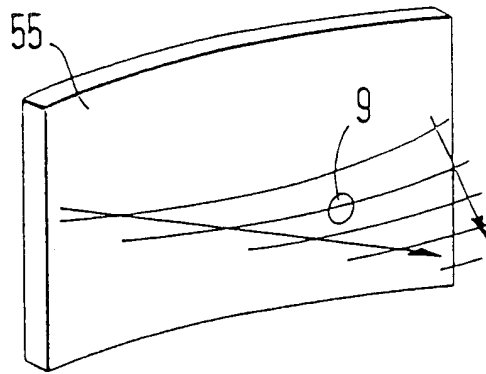


图 61b

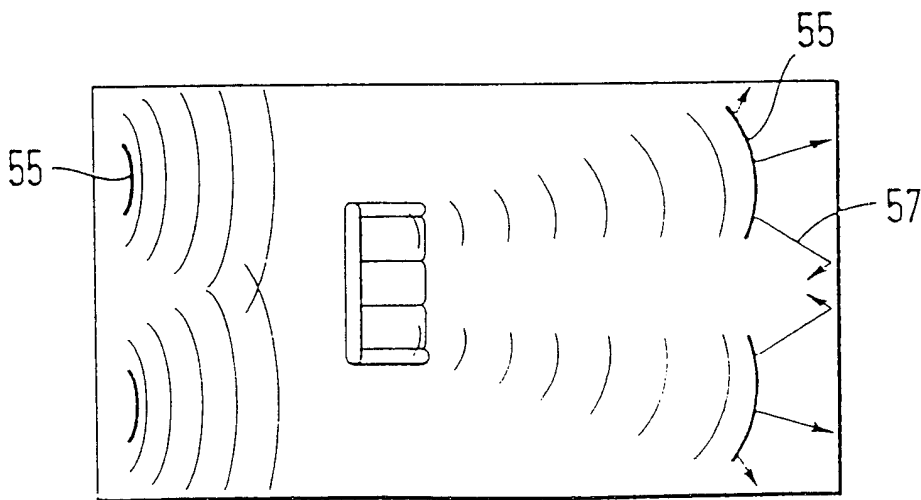


图 61c

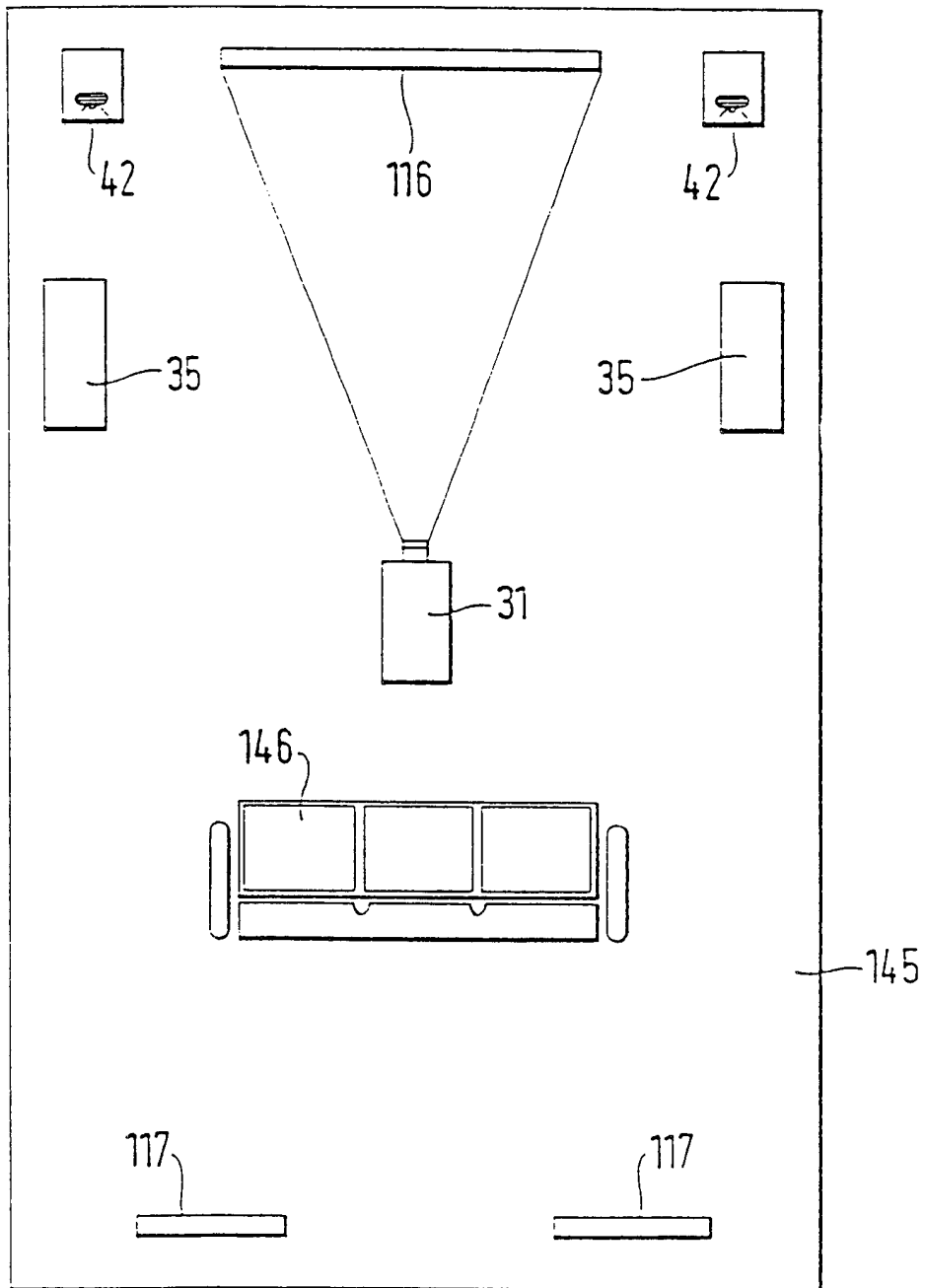


图 62

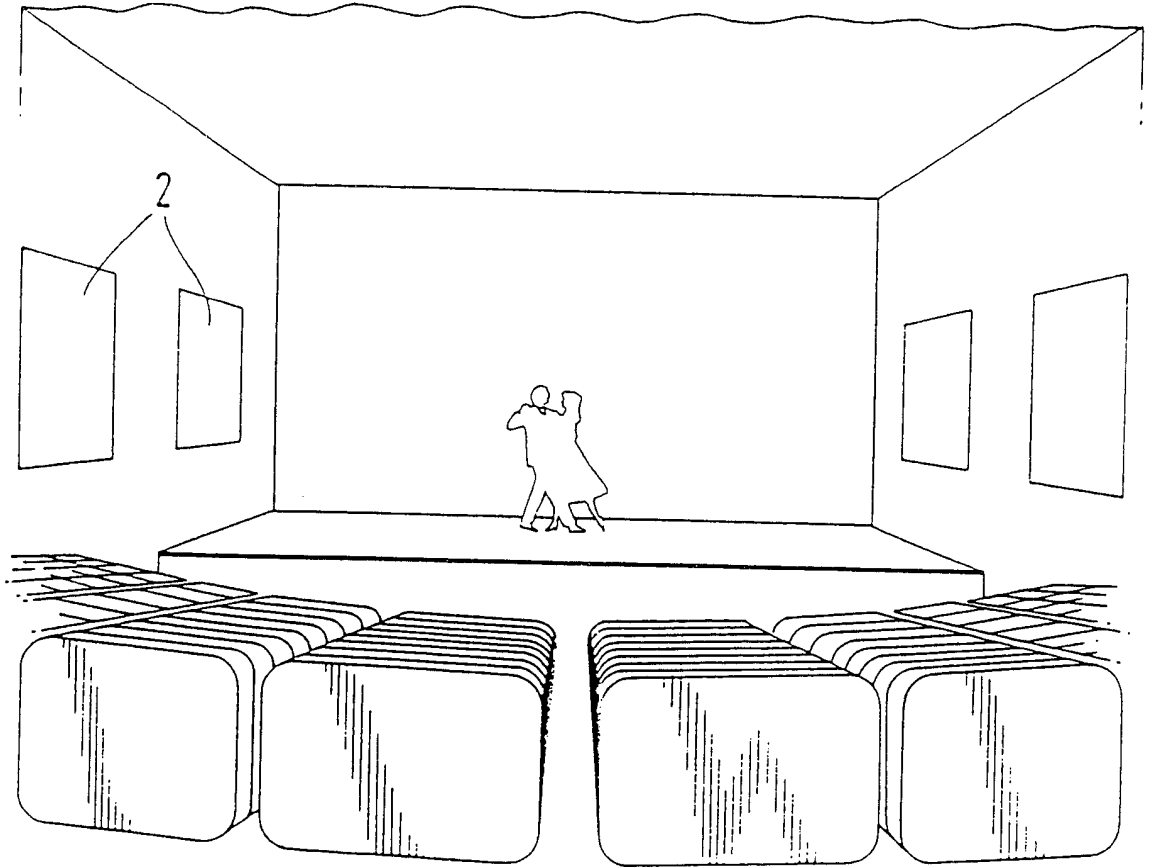


图 63

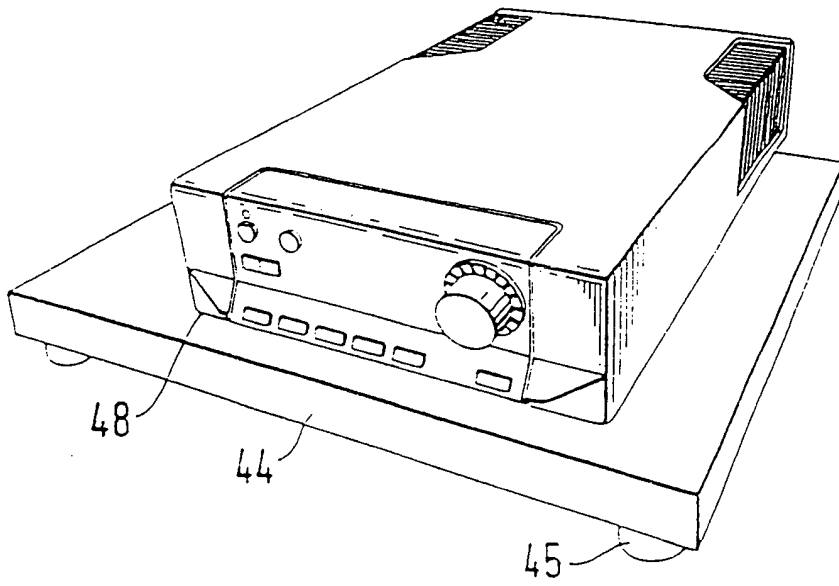


图 64

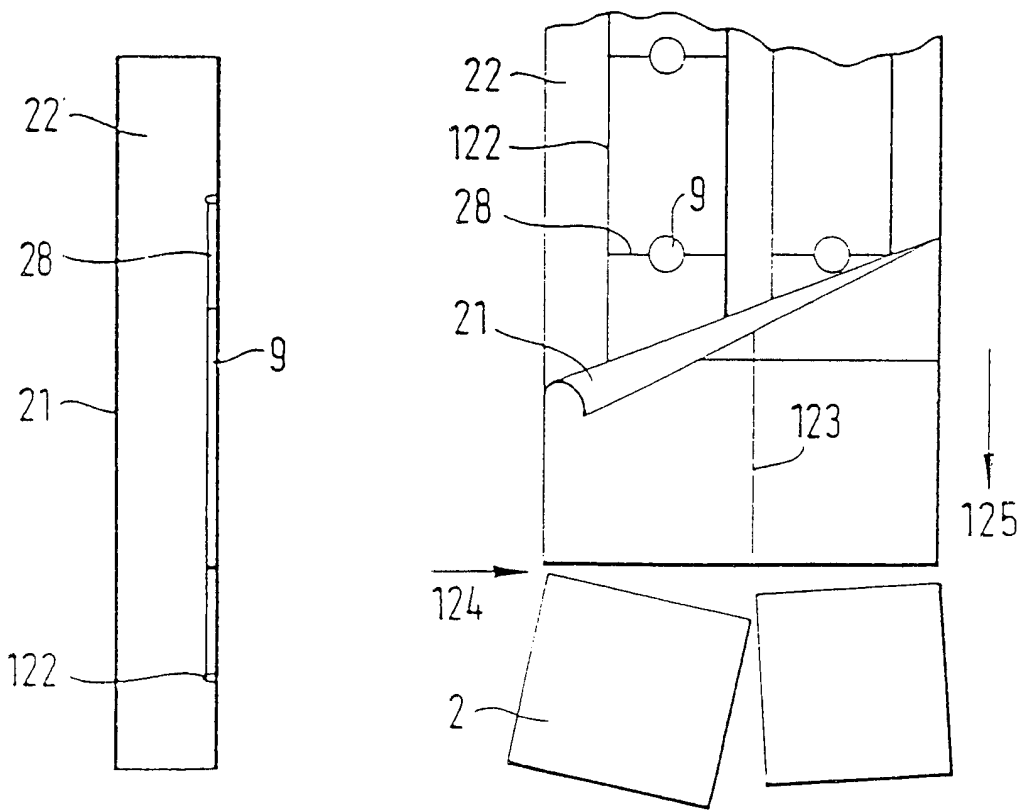


图 67a

图 67b

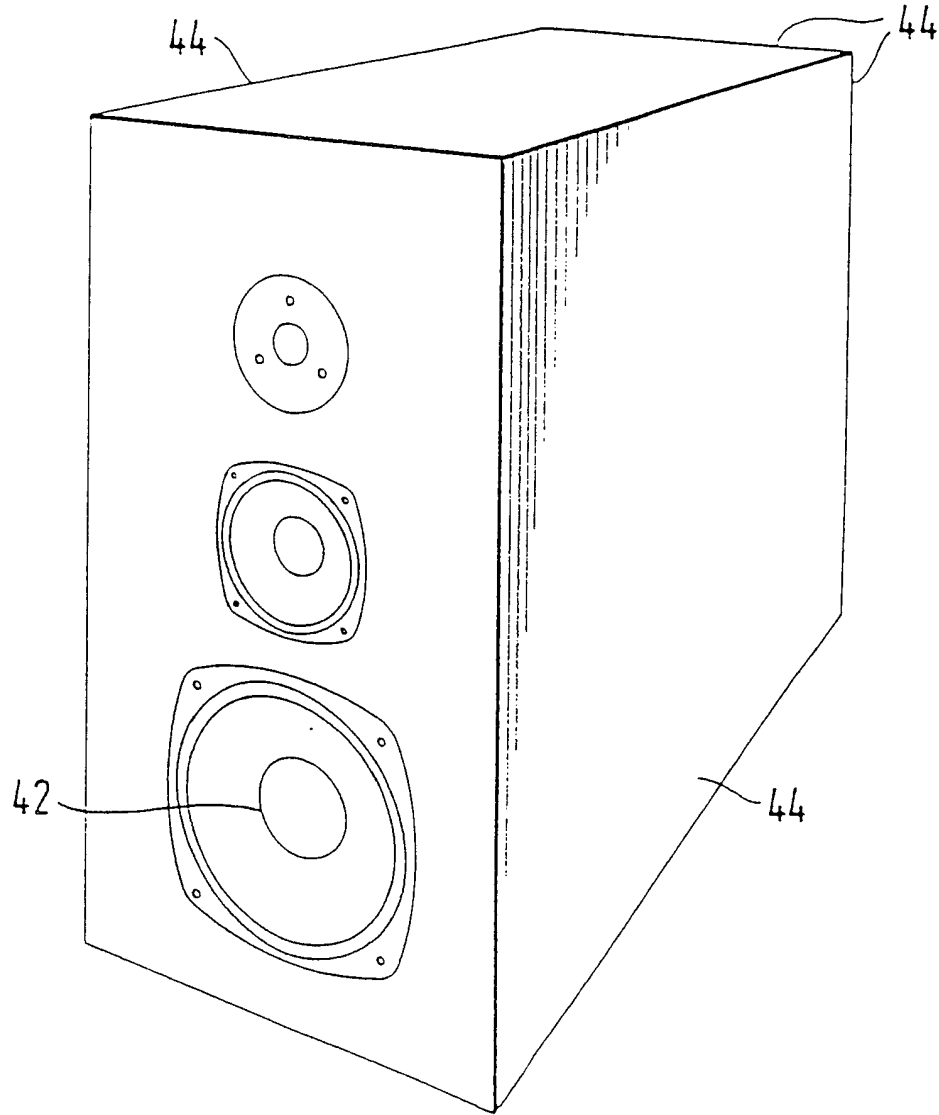


图 65

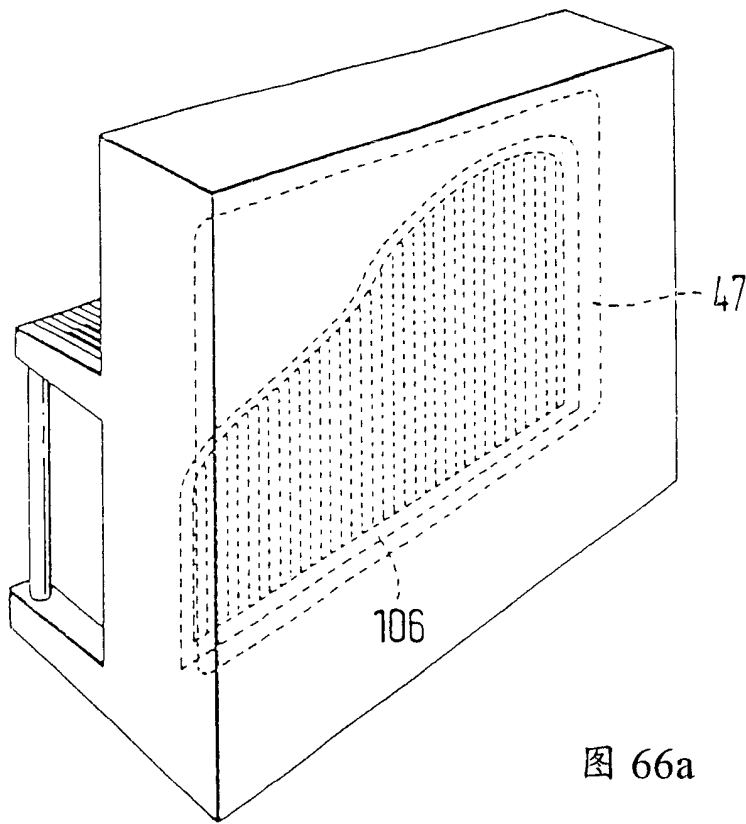


图 66a

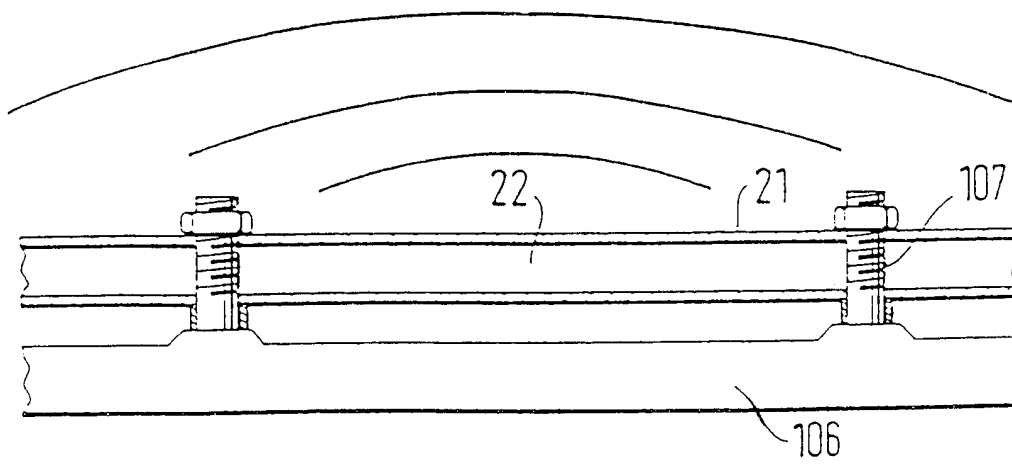


图 66b