



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102017657 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 200980115685. 1

(22) 申请日 2009. 04. 29

(30) 优先权数据

08103799. 6 2008. 04. 30 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 11. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2009/055218 2009. 04. 29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/133149 EN 2009. 11. 05

(73) 专利权人 雷诺公司

地址 法国布洛涅-比扬库尔

专利权人 杜梅恩大学

(72) 发明人 盖伊·勒玛匡德 马塞厄斯·雷米

盖尔·盖亚德

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 于小宁

(51) Int. Cl.

H04R 9/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

FR 2892886 A1, 2007. 05. 04, 说明书第 1 页 1-3 行, 第 38 页 32 行至第 39 页 14 行, 第 51 页 19 行至第 54 页第 7 行、图 6-8, 10-13.

US 6680663 B1, 2004. 01. 20, 说明书第 3 栏 55 行至第 4 栏 63 行, 第 5 栏 13-49 行、附图 1, 4.

GB 2314799 A, 1998. 01. 14, 说明书第 1 页 5-6 行、第 3 页倒数第 1 段至第 8 页.

审查员 李熙

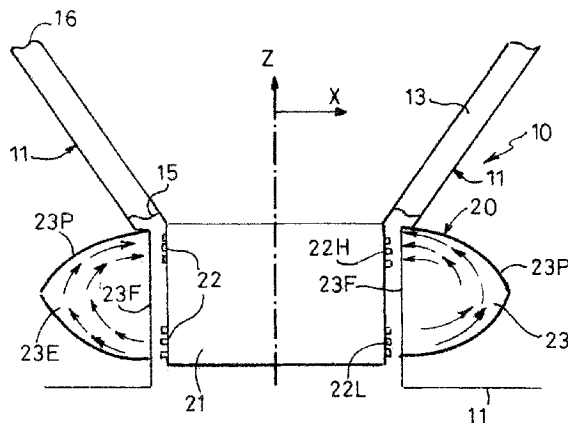
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

无铁芯且无泄漏的线圈换能器电机组件

(57) 摘要

本发明涉及一种线圈换能器电机结构 (20), 其包括至少一个线圈 (22)、被布置用来在所述线圈 (22) 的各端之间提供磁通量的路径的至少一个磁性元件 (23), 其特征在于: 该磁性元件 (23) 具有以下结构, 该结构提供所述磁通量的通过该结构的曲线路径。



1. 一种线圈换能器电机结构 (20), 包括: 运动部分 (21), 其上安装有至少一个线圈 (22), 并且该运动部分适配为沿 Z 轴运动; 以及被布置用来提供在所述线圈 (22) 的各端之间延伸的磁路的至少一个磁性元件 (23), 该磁性元件呈现被适配为面向线圈 (22) 的面 (23F) 以及与所述面 (23F) 相对的外边缘 (23P), 其特征在于: 该磁性元件 (23) 仅存在于一个粘合而成的磁体, 并且磁性元件 (23) 的包括所述 Z 轴的轴平面与外边缘 (23P) 的交线沿着半椭圆形线, 该半椭圆形线提供通过所述磁性元件的曲线磁路, 并且在通过所述轴平面的横截面中的所述粘合的磁体的结构在长轴的长度和短轴的长度之间具有为 2 的比率 R。

2. 如权利要求 1 所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 所述曲线路径是半椭圆形的。

3. 如权利要求 2 所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 所述半椭圆形路径在长轴的长度和短轴的长度之间具有为 2 的比率 R。

4. 如之前任一项权利要求所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 以如下方式磁化该磁性元件 (23): 所述磁路总是与所述磁性元件 (23) 的外边缘 (23P) 基本上相切, 并垂直通过配置为面对线圈的面 (23F)。

5. 如权利要求 1-3 中任一项所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 粘合而成的磁体元件 (23) 包括基于稀土材料的合金, 并且在 Nd-Fe-B、Sm-Co 和 Sm-Fe-N 之间选择。

6. 如权利要求 1 所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 线圈换能器电机结构 (20) 还包括用于引导所述运动部分 (21) 的运动的至少一个铁磁流体密封 (25)。

7. 如权利要求 6 所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 铁磁流体密封 (25) 放置在运动部分 (21) 和适配为面对线圈的面 (23F) 之间、在磁通量梯度最大的区域中。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 所述铁磁流体密封被布置用来充当热桥, 该热桥允许由线圈 (22) 产生的热量流过其中并且被耗散到大气中。

9. 如权利要求 1-3, 6 和 7 中任一项所述的线圈换能器电机结构 (20), 其特征在于: 所述运动部分 (21) 至少一部分是中空的, 并且线圈换能器电机结构 (20) 还包括外部磁性元件 (23E) 和内部磁性元件 (23I), 后者放置在运动部分 (21) 中限定的容积中。

10. 一种包含如权利要求 1 到 9 中的任一项所述的线圈换能器电机结构 (20) 的扬声器 (10), 该线圈换能器电机结构 (20) 用于将振动引发到朝向该扬声器 (10) 上的线圈换能器电机结构 (20) 的运动部分 (21) 的一端而固定的振动膜 (13)。

无铁芯且无泄漏的线圈换能器电机组件

技术领域

[0001] 本发明涉及线圈换能器电机组件,并且具体地涉及无铁芯且无泄漏的线圈换能器电机组件。

[0002] 在用于扬声器的运动音圈换能器电机组件的背景下公开了本发明。然而,认为其在诸如麦克风、地震检波器、以及振动器之类的其它应用中是有用的。

背景技术

[0003] 音圈换能器电机组件,诸如用于传统的电动扬声器中的、包括磁场产生部件(其被适配为产生磁场,在该磁场中可以通过驱动电流驱动固定在运动部分上的线圈以便将振动引发到连接至该运动部分的振动膜(diaphragm)从而产生声音)的音圈换能器电机组件,呈现出许多公知缺点。

[0004] 首先,铁芯隔离片(iron spacer)的存在导致若干种类的非线性,铁芯隔离片通常包括所谓的背板和前板以及极靴(pole piece)以便帮助控制这样的电机中的磁场特性。这些包括涡电流、铁芯(iron)的磁饱和、以及导致阻性(reluctant)效果的线圈电感随其位置的变化。然而,期望施加在运动部分上的力是驱动电流的镜像(image)。施加在扬声器的运动部分上的驱动力可以被如下地写出:

$$[0005] \quad F_{driv} = F_L + F_r = Bli + \frac{1}{2} \frac{dL}{dx} i^2 \text{ 公式 (1)}$$

[0006] 其中, F_L 是拉普拉斯力, F_r 是阻力(reluctant force), B 是音圈看到的电磁感应, l 是线圈的长度, i 是流过线圈的驱动电流, L 是线圈的电感,以及 x 是线圈的位移。因此,公式(1)示出了:如果线圈的电感变化,与 i^2 成比例的阻力出现并且与拉普拉斯力发生干扰。该阻力产生了直接导致听得到的声学失真的力失真(force distortion)。

[0007] 其次,由大多数扬声器电机产生的磁场的相当大部分没有对使振动膜运动做出贡献。除了磁场的简单损失之外,该泄漏通量可能被放置在附近的任何铁磁物体吸引,导致设备效率的降低。反过来,该泄漏磁场可能使被放置在附近的一些设备不能正确地工作。

[0008] 为了解决这些问题,已经提出了无铁芯的线圈换能器电机组件的几种结构,其一个示例在专利文献FR2892886中公开。

[0009] 该公开组件包括以磁化总是平行于外边缘的方式布置的多个烧结的永磁体。磁体的垂直布置导致电机在不使用铁芯隔离片来集中并引导磁场的情况下产生集中于线圈路径的磁场。线圈的电感不再取决于其位置,导致之前列出的由于铁芯导致的阻力和其它非线性消失。另外,电感变小,因此尤其在高频处电阻抗也变小。

[0010] 然而,尽管与包括铁芯隔离片的传统线圈换能器电机组件相比防止了一些场泄漏,但是以下仍然是缺点:这些组件具有特别是朝向该组件的外部部分的磁场泄漏,这阻止了将这样的组件集成在其它电气设备附近。

[0011] 该无铁芯的线圈换能器电机的另一问题是:由烧结的磁体制成的结构难以组装(这是因为其要求制造具有不同的磁化方向的磁铁环,尤其是对于径向磁化的磁体环)以

及将它们烧结在一起。

[0012] 越强调这两个问题,扬声器的尺寸减小得越多。

发明内容

[0013] 本发明的目的是提供一种改进的无铁芯的线圈换能器电机组件,并且具体地提供一种无泄漏的无铁芯的线圈换能器电机组件。

[0014] 另外,本发明提供了根据权利要求 1 的无铁芯的线圈换能器电机组件。

[0015] 通过向磁性元件提供一种结构,例如该结构可以提供通过该结构的曲线路径,可以以磁场线在任何点处都沿着该结构的曲线的方式进行磁化,并且可以在该无铁芯的线圈换能器电机组件的内部和外部、尤其是朝向外部方向防止磁场的泄漏。

[0016] 在从属权利要求中公开了本发明的进一步的有利特征:

[0017] - 所述曲线路径可以是半椭圆形的 (hemi-ellipsoidal);

[0018] - 所述磁性元件在 [x-z] 平面视图横截面中可以是半椭圆形的,其提供沿着 z 分量更紧凑的换能器;

[0019] - 横截面中的所述半椭圆路径或结构在长轴 b 的长度和短轴 h 的长度之间可以具有为 2 的比率 R;其提供磁场强度和磁体元件体积之间的良好折衷;

[0020] - 所述曲线路径可以是半圆形的;

[0021] - 所述磁结构在 [x-z] 平面视图横截面中可以是半圆形的,其提供沿着 x 分量更紧凑的换能器;

[0022] - 可以以如下方式磁化该磁性元件:除了在面对线圈的一侧之外,所述磁路总是与所述磁性元件的外边缘基本上相切,而在面对线圈的一侧,磁路与面对线圈的面 (coil-facing face) 的边缘垂直,这提供了线圈周围磁场的高集中度;

[0023] - 该磁性元件可以包括更容易组装的粘合而成的磁性结构;

[0024] - 被适配为包含构成粘合而成的磁体元件 (23) 的材料的预成型铸模可以由非磁性材料或软磁材料或其组合制成,以便确保大的磁场可以无任何干扰地进入模具 (mold) 中;

[0025] - 在构成粘合而成的磁体的材料仍然是液体时,可以实现磁性元件的磁化;

[0026] - 粘合而成的磁体元件可以包括基于稀土材料的合金,并且可以优选地在 Nd-Fe-B、Sm-Co 和 Sm-Fe-N 之间选择;

[0027] - 线圈电机换能器结构还可以包括运动部分,活塞,线圈安装在该运动部分上,并且线圈电机换能器结构可以包括用于引导所述运动部分的运动的至少一个铁磁流体密封 (seal),其降低换能器中的运动部分的运动中的非线性;

[0028] - 铁磁流体密封可以放置在运动部分和磁体元件的面对线圈的面之间、在磁通梯度最大的区域中,从而其可以帮助在该区域中集中磁场;

[0029] - 所述铁磁流体密封可以被布置用来充当允许由线圈产生的热量流过其中并且被耗散到大气中的热桥,从而改进线圈电机换能器结构中的散热;

[0030] - 线圈电机换能器结构还可以包括运动部分,诸如活塞,该运动部分至少一部分是中空的以便在其中限定一定容积 (volume),并且线圈电机换能器结构还可以包括外部磁性元件和内部磁性元件,后者被放置在运动部分中限定的容积中;这改进了换能器的紧凑度。

[0031] 此外,通过使用粘合而成的磁体,可以实现精心设计的横截面形状和优化的结构磁化,允许更紧凑的线圈电机结构。

[0032] 即使获得具有高于 0.9T 的磁化强度的 Nd-Fe-B 粘合而成的磁体仍不容易,但是实现几乎任何形状的可能性允许制作有独创性的磁性结构以便进行弥补。

[0033] 具体地,椭圆结构允许产生集中于音圈轨迹上的强磁场,这是无泄漏扬声器电机的目标。

[0034] 最后,整个结构被直接注入模具中,而无需组装环形磁体,这在大规模生产的情况下是很大的优点。

[0035] 本发明还涉及一种制造用于在根据本发明的线圈换能器电机中使用的磁性元件的方法,该方法包括以下步骤:

[0036] - 在模具中提供处于液体状态的、磁粉与诸如热固性树脂之类的粘合材料的混合物,然后;

[0037] - 在所述模具中在处于液体状态时磁化所述混合物,使得所述混合物在处于所述液体状态时产生所述曲线路径;然后

[0038] - 使所述混合物凝固以便形成所述元件。

[0039] 本发明还涉及一种包含根据本发明的音圈电机结构的扬声器,该音圈电机结构用于将振动引发到朝向该扬声器上的线圈换能器电机结构 (20) 的运动部分 (21) 的一端而固定的振动膜 (13)。

附图说明

[0040] 现在将仅作为示例并且参考附图来描述本发明,在附图中:

[0041] - 图 1 是包括由粘合而成的磁体制成的外部磁场产生部件的音圈换能器电机组件的横截面的示意表示;

[0042] - 图 2 是包括由粘合而成的磁体制成的外部和内部磁场产生部件的音圈换能器电机组件的横截面的示意表示;

[0043] - 图 3 是包括由粘合而成的磁体制成的外部磁场产生部件和铁磁流体密封的音圈换能器电机组件的横截面的示意表示;

[0044] - 图 4a 和图 4b 是矩形截面的三个烧结磁体的音圈换能器电机结构以及椭圆形截面的粘合而成的磁体的音圈换能器电机结构的相应横截面;

[0045] - 图 5 是示出比较图 4a 和图 4b 的音圈换能器电机结构的 x 分量中的磁场强度 (magnitude) 的计算结果的曲线图;

[0046] - 图 6 是示出比较在图 4a 和图 4b 的音圈换能器电机结构中的每一个中、关于 Z 分量的磁场的 x 分量的强度的计算结果的曲线图;

[0047] - 图 7 是示出椭圆形结构的长轴 b 的长度和短轴 h 的长度之间的比率对所产生的磁场的影响的图。

具体实施方式

[0048] 参考附图,在此刻具体参考图 1,图示了扬声器 10 的横切面。该扬声器 10 主要包括接收部分 11、以及被适配为沿着轴 Z 运动从而将运动引发到振动膜 13 的音圈换能器电机

结构 20, 音圈换能器电机结构 20 通过振动膜 13 的下边缘而附到该振动膜 13 上。

[0049] 振动膜 13 通过悬架 (suspension) 部件而沿着轴 x 与接收部分 11 保持一距离, 以便给其赋予圆锥形形状。通过径向平面和包括 Z 轴的纵向平面的交线来定义 x 轴。这些悬架部件包括通常被已知为定心支片 (spider) 15 并且朝着其下边缘放置的内悬架、以及朝着其上边缘放置的外悬架 16。

[0050] 除了其引导功能, 这些悬架元件 15、16 还用来保护音圈 22 免受可能进入音圈换能器电机结构 20 内部并且由于在扬声器 10 中产生的磁场而以静电方式附到音圈 22 上的灰尘和颗粒影响。

[0051] 这些悬架元件 15、16 还可以包括用于引导运动部分 21 的铁磁流体密封, 并且具体地包括铁磁流体密封 25 以便替代定心支片, 如图 3 所示, 稍后将在说明书中详细描述图 3。

[0052] 音圈换能器电机结构 20 包括: 运动部分 21, 在该运动部分 21 上, 音圈 22 被环绕在其上; 以及至少一个磁性元件 23, 被布置来用于在所述音圈 22 的绕组的上路径 22H 和下路径 22L 之间提供磁通量的路径。

[0053] 上绕组 22H 和下绕组 22L 包括至少一个绕组, 并且优选地少于三个绕组。

[0054] 运动部分 21 或心轴 (mandrel) 可以采用圆柱体的形状, 并且可以完全或者至少部分是中空的以便在其中限定一容积。

[0055] 如图 1 所示, 磁性元件 23 具有半椭圆形横截面, 或者至少磁路具有半椭圆形形状。

[0056] 在具体实施例中, 所述横截面可以是半圆形的, 或者至少磁路可以具有半圆形形状。

[0057] 磁性元件 23 包括沿着半椭圆形线或者具体地半圆形线的外边缘 23P、以及被适配为面对音圈 22 使得磁场与其垂直的面对线圈的面 23F。

[0058] 磁性元件 23 可以环绕运动部分 21, 或者在中空的运动部分 21 的情况下, 磁性元件 23 可以被放置于在所述运动部分 21 中限定的容积内部。

[0059] 通过将磁性元件 23 放置在运动部分 21 内部, 可以获得更紧凑的音圈换能器电机结构 20。此外, 当使用铁磁流体密封来引导运动部分 21 时, 使磁性元件 23 在运动部分 21 内部是有利的, 因为其允许铁磁流体密封自始至终沿着运动部分 21 的 z 轴滑动。

[0060] 如图 2 所示, 音圈换能器电机结构 20 可以包括外部磁性元件 23E 和放置在运动部分 21 中的内部磁性元件 23I。

[0061] 尤其当使用双线圈绕组 23H、23L 时, 这样的结构更高效。

[0062] 根据本发明, 磁性元件 23 由粘合而成的磁体制成。

[0063] 这允许以如下方式进行该结构的磁化: 除了面对线圈的面 23F 上之外, 通过该结构的磁路总是处于对于外边缘 23P 的切线上, 在面對线圈的面 23F 处, 磁路垂直于所述边缘以便避免磁通量泄漏。因此, 由该电机产生的磁场集中在音圈 22 的路径上, 以便增加扬声器 10 的效率。

[0064] 尽管未在图中示出, 但是可以沿着轴 z 堆叠若干磁体元件和对应的线圈。当要求高能量运动时 (诸如在振动器应用中), 这样的布置是有利的, 该结构的无泄漏的性质允许更紧凑的电机, 而在相邻的所产生的磁场之间没有串扰。

[0065] 粘合而成的磁性元件 23 可以由包括与粘合材料混合的磁粉的混合物制成, 所述粘合材料通常是诸如在预成型铸模中的热固性树脂之类的流体, 以便形成期望形状 (诸如

图 1 所示的半椭圆形形状) 的粘合而成的磁体。这些粘合而成的磁体元件 23 可以由例如在专利文献 GB2314799 中描述的方法之一制成。

[0066] 可以在材料列表中选择优选地具有各向异性的磁化性质的磁粉材料, 所述材料列表包括铁氧体材料或者具有比铁氧体材料更高的磁性的稀土材料, 诸如 Nd-Fe-B、Sm-Co 和 Sm-Fe-N 的合金。

[0067] 预成型铸模可以由非磁性材料或软磁材料或其组合制成, 以便确保大磁场可以无任何干扰地进入所述模具 (mold) 中。

[0068] 在最适合压塑成形的条件的材料列表之中选择粘合材料, 所述压塑成形是在制造粘合而成的磁体元件的方法中所期望的。

[0069] 一种制造这种元件的非限制性示例包括以下步骤:

[0070] 制造粘合而成的磁体元件的方法包括以下步骤:

[0071] - 将磁粉材料与热固性树脂在高于用于使所述树脂处于液体状态的设定温度的温度下混合以便形成混合物;

[0072] - 使预成型铸模充满该混合物, 并且优选地在该模具 (die) 上提供加热部件, 以便使该混合物保持在所述设定温度之上且更优选地达到该混合物的粘性最低所在的温度;

[0073] - 使磁化部件产生磁场、并且优选地使压力施加到该铸模中的混合物上, 以便使磁粉材料沿着由磁化器产生的磁场线排列; 以及

[0074] - 在该混合物冷却并合为一体之后移除该铸模。

[0075] 使用粘合而成的磁体允许诸如半椭圆形和半圆形之类的精心设计的横截面形状以及优化的所述结构的磁化。将所述流体直接注入模具中, 并且整块地形成该产品, 使得与多个烧结磁体元件的版本不同, 在形成粘合而成的磁性元件 23 之后无需组装。此外, 优化的磁化降低了在冷却音圈换能器电机结构 20 中对于冷却的需要, 这是由于对于用来移动振动模 13 的等效能量而言需要更低的磁场强度。

[0076] 由这些结构产生的磁场在其内面的一半高度周围呈现高梯度。

[0077] 更为通常地, 当具有不对称的横斜面形状或不对称的曲线磁路时, 在磁通量的反转点周围观察到高梯度, 所述反转点可能不同于一半高度的点。

[0078] 该高磁场梯度允许使用铁磁流体密封 25 来引导运动部分 21, 并且可以替代图 1 的定心支片 15。一种可能的铁磁流体密封是在通过引用被全部并入于此的专利文献 FR2892887 中公开的类型。

[0079] 如图 3 所示, 铁磁流体密封 25 放置在运动部分 21 和磁体元件 23 之间。铁磁流体密封 25 放置在磁通量梯度最大的点周围。在图 3 所示的对称磁性元件 23 中, 铁磁流体密封 25 出现在面对线圈的面 23F 的一半高度的点的周围。

[0080] 使用铁磁流体密封 25 可以帮助避免可能由通常由弹性体制成的悬架元件 15、16 引入的、线圈换能器电机结构 20 中的运动部分 21 的运动中的非线性。

[0081] 此外, 铁磁流体密封 25 充当热桥, 其允许由在线圈中流通的电流产生的热量流过并且被耗散在磁性元件 23 以及接收部分 11 中, 该热桥具有比运动部分 21 更好的热交换系数, 通常由诸如纸板 (cardboard) 之类的轻材料制成。

[0082] 图 4a 和图 4b 分别示出了传统的矩形截面的三片烧结磁体的音圈换能器电机结构 20 以及根据本发明的椭圆形截面的粘合而成的磁体的音圈换能器电机结构 20 的各个横截

面,已经基于所述音圈换能器电机结构 20 进行了二维计算,下面将讨论其结果。

[0083] 使用 2D 库仑 (Coulombian) 方法来分析性地计算由图 4a 和图 4b 中图示的结构产生的磁场。用于该计算的模型的基础在 F. Bancel 和 G. Lemarquand 的“Three-dimensional analytical optimization of permanent magnets alterned structure” (IEEE Trans. Magn., vol 34, 第 242-247 页,1998 年 1 月) 以及 J.P. Yonnet 的“Rare-earth Iron Permanent Magnets” ch. Magnetomechanical devices, (Oxford Science Publications, 1996 年) 中公开。

[0084] 使椭圆形截面的粘合而成的磁体的音圈换能器电机结构 20 离散在七个相等斜截面 (angular section) 的磁体中,从而使得能够执行磁场的分析计算。

[0085] 使用磁荷模型来描述磁体。每个三角形磁体的表面磁荷 (charge) 密度 σ^* 利用磁化强度 \vec{j} 来定义,然后被计算为:

$$[0086] \quad \sigma^* = \vec{j} \cdot \vec{n} \text{ 公式 (2)}$$

[0087] 其中, \vec{n} 是朝外的表面法向量。

[0088] 该磁化被考虑为始终基本上平行于所述椭圆形的外边缘,以便避免磁通量泄漏。结果,对于每个磁体磁化是均匀的,这给出了:

$$[0089] \quad \text{div} \vec{j} = \rho^* = 0 \text{ 公式 (3)}$$

[0090] 其中, ρ^* 表示体磁荷密度。然而,对于真实的结构,应当考虑体磁荷,如在 H. L. Rakotoarison, J. P. Yonnet 和 B. Delinchant 的“Using Coulombian approach for modeling scalar potential and magnetic field of a permanent magnet with radial polarization” (IEEE Trans. Magn., vol. 43, 第 1261-1264 页,2007 年 4 月) 中那样。

[0091] 通过下式 2D 地给出在任何点 M(x, z) 处由每个磁体表面产生的磁场 \vec{B} :

$$[0092] \quad \vec{B} = \frac{\sigma^*}{4\pi} \int_{y_i=-\infty}^{y_i=+\infty} \int_{z_i} \frac{\vec{PM}}{|\vec{PM}|^3} dy_i dz_i \text{ 公式 (4)}$$

[0093] 其中 P 是所考虑的表面 i 上的点。

[0094] 总之,由于适用叠加定理,因此必须独立地计算由十四个表面 (每个磁体两个表面) 产生的磁场,然后将其求和以便获得由椭圆形结构产生的总磁场。使用相同的方法来计算由三个磁体的结构产生的磁场。可以注意到:对于矩形结构,如果 θ 等于 45° (即 $a = h$),只须考虑面对音圈的两个表面。这是由于如下事实:在两个其它磁体界面 (magnet interface) 上,剩余表面磁荷密度等于零。

[0095] 已经对这两种结构进行了计算,其中,选择沿着 z 分量的相等尺寸、以及沿着 x 分量的不同尺寸 a 和 b 来提供具有相同的横截面面积的所述两种结构。

[0096] 每个磁体元件的磁化强度值等于 1 特斯拉,即在对于 Nd-Fe-B 粘合而成的磁体元件可以获得的最大磁化强度值附近。

[0097] 图 5 呈现了在两种结构的磁体元件前面产生的磁场的 x 分量的强度等值线。清楚的是半椭圆形磁体元件 23 给出比矩形磁体元件更好的结果:所产生的磁场更强并且在音圈的止动位置 (rest position) (即 z 等于 0.5 和 -0.5cm) 周围表现出更好的对称性。

[0098] 图 6 将两种结构的、沿 x 分量距磁体等于 0.5mm 的距离处的磁性元件结构的整个

高度（即， z 等于 -1cm 至 z 等于 1cm ）前面的磁场的演进进行比较。

[0099] 再次，清楚地示出椭圆形结构给出比相等磁体体积的矩形结构更好的结果（即在线圈的止动位置周围的强度和对称性）。

[0100] 止动位置周围的对称性以及在整个音圈轨迹（trajectory）上电磁感应的均匀性对于精确的扬声器电机而言是重要的特性。

[0101] 由低频处的预期的声压来确定该轨迹的长度，从而给出最大的所需要的声流，并且因此给出用于给定辐射表面的最大所需行程（excursion）。

[0102] 例如，为了利用具有 5cm 半径的膜的扬声器 10 在 100Hz 在轴上 1m 处获得 95dB 的声压水平，所需行程是 2mm 。如果我们考虑在止动位置周围的这一振荡范围，线圈的最低位置和最高位置之间的磁场强度之差对于椭圆形结构为 1% ，而对于矩形结构为 3% ，这对于扬声器是相当大的。磁场在音圈路径上的均匀性对换能器的线性具有直接影响，因此对其声音再现保真度具有直接影响。

[0103] 图 7 通过作为所述椭圆形的长轴 b 和短轴 h 之间的比率（ $R = \frac{b}{h}$ ）的函数计算所产生的磁场而示出磁体元件 23 的椭圆形结构的几何形状的影响。

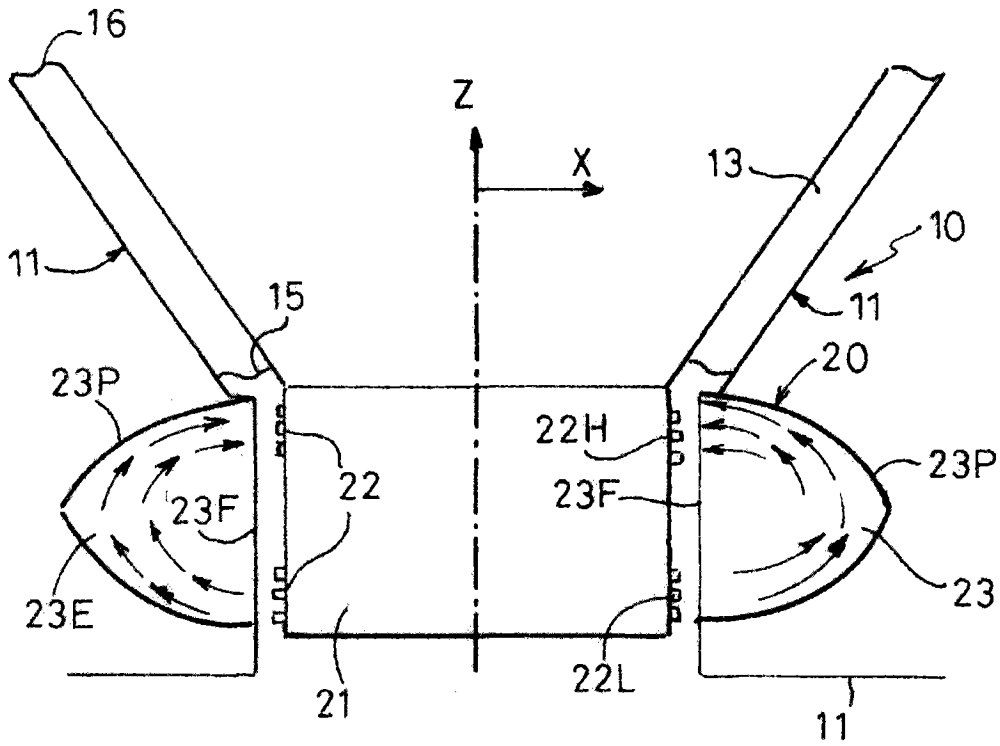


图 1

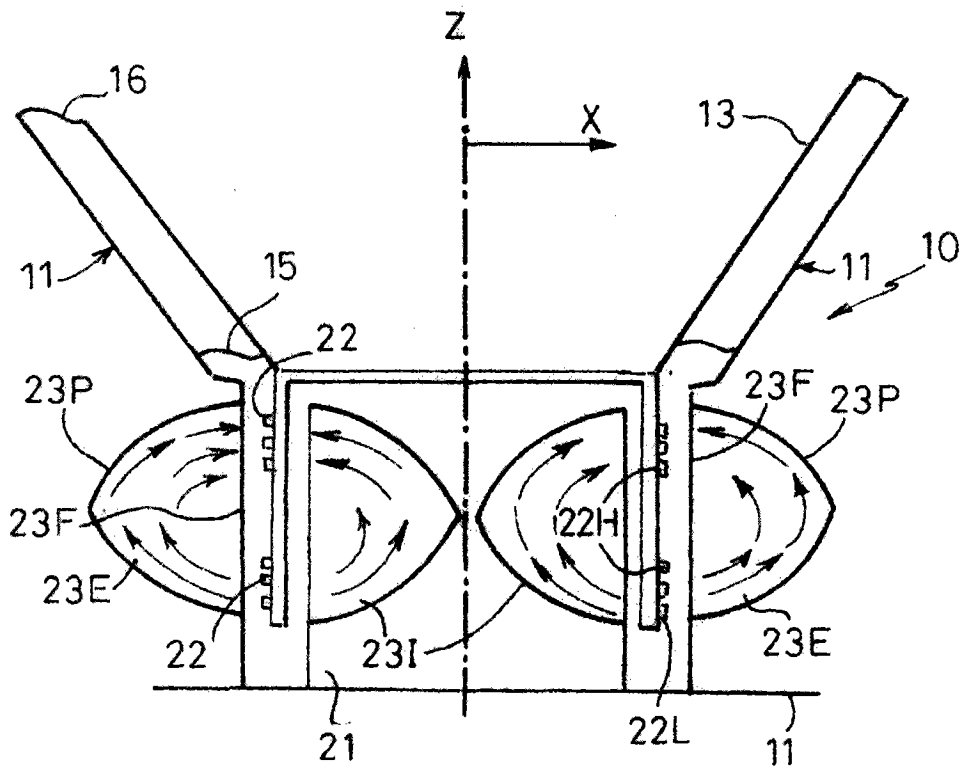


图 2

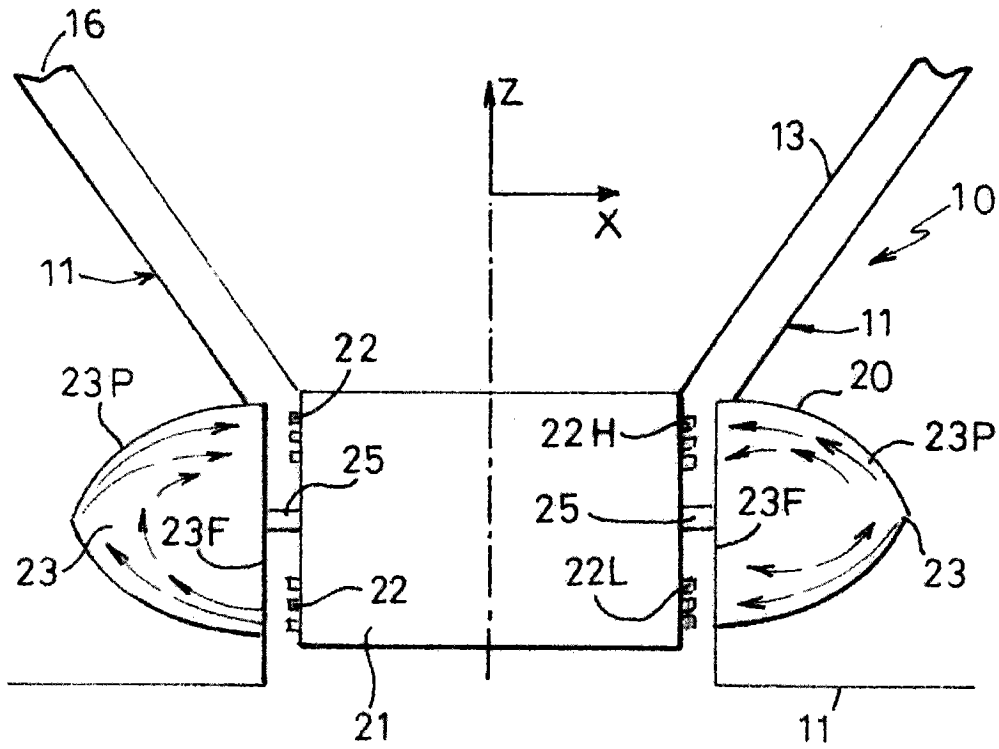


图 3

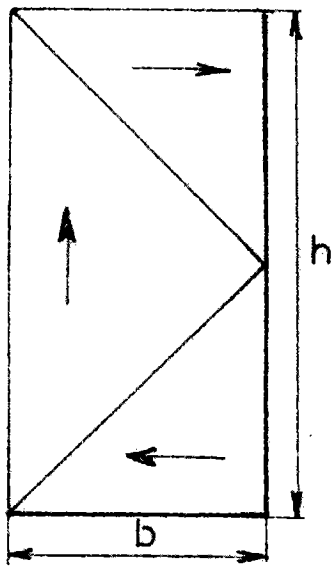


图 4A

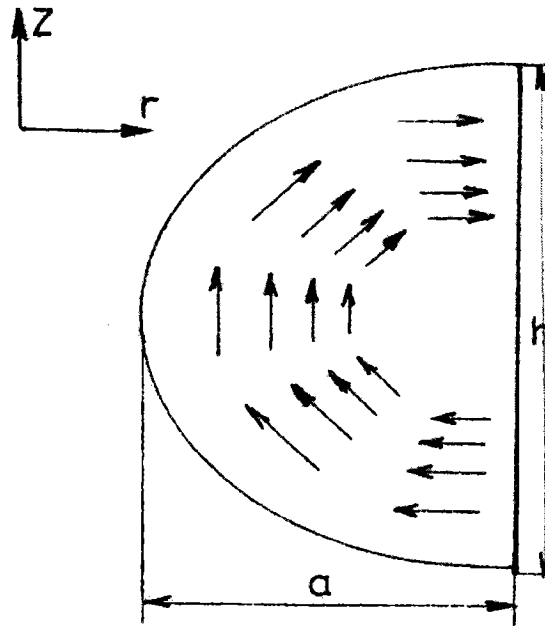


图 4B

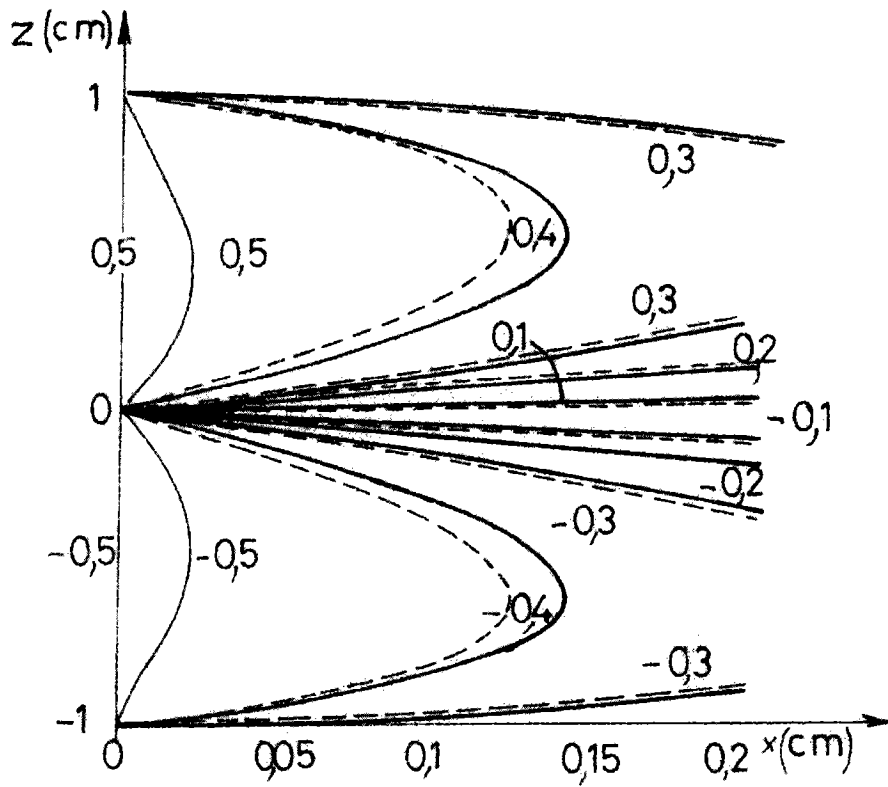


图 5

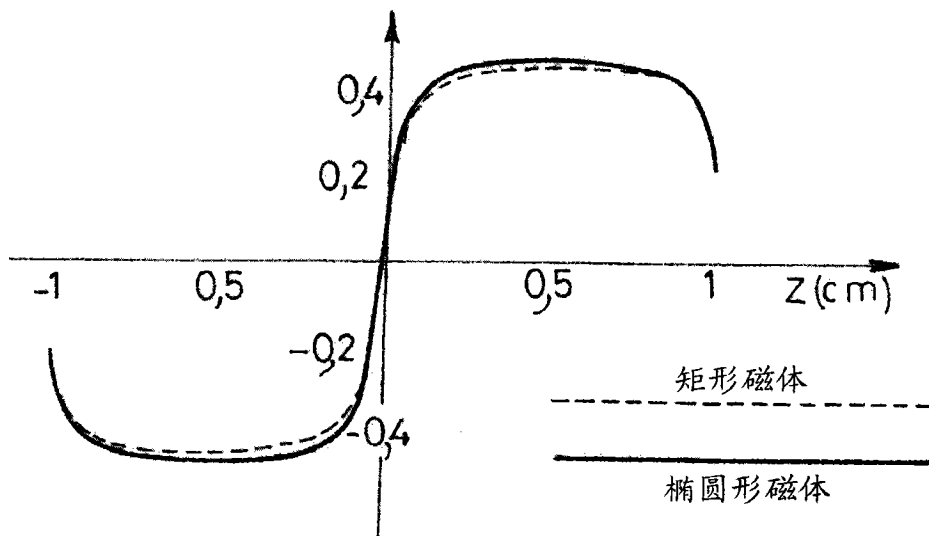


图 6

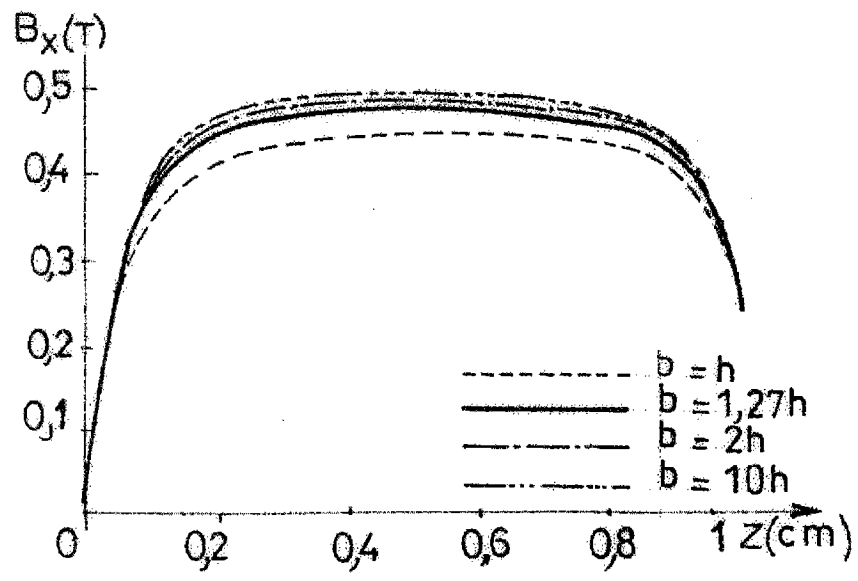


图 7