

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
H04R 13/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97126389.2

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1132500C

[22] 申请日 1997. 11. 20 [21] 申请号 97126389.2

[30] 优先权

[32] 1996. 11. 20 [33] JP [31] 309415/1996

[71] 专利权人 星精密株式会社

地址 日本静冈县

[72] 发明人 田岛和茂 今堀能男 曾根高裕

伏见功

审查员 秦力军

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

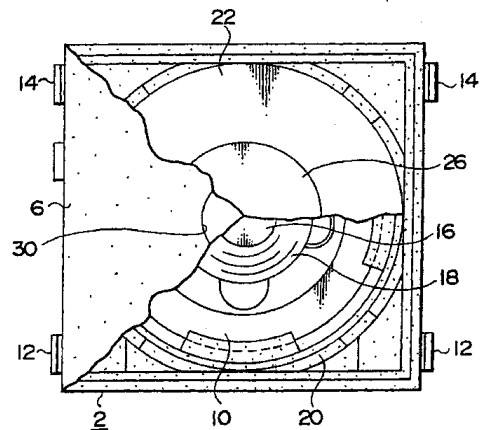
代理人 叶恺东 王忠忠

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 14 页

[54] 发明名称 电声变换器

[57] 摘要

本发明提供可防止因回流焊接处理造成的音响性能劣化的电声变换器。利用磁铁在回流焊接处理温度下具有的不可逆退磁的退磁性和支撑部件在回流焊接处理温度下具有的收缩性，通过把因磁铁退磁造成的最低共振频率 F_0 的降低与利用支撑部件的热收缩使振膜的最低共振频率 F_0 上升相互抵消，使该电声变换器能够抑制振膜的最低共振频率 F_0 的变化，实现音响性能的稳定化。



ISSN 1008-4274

1. 一种用回流焊装设在电子设备上的电声变换器, 包括以下各部分:
一个铁心;
5 一个线圈, 卷绕在所述铁心上;
一个振膜, 受所述铁心产生的交变磁场的作用而振动;
一个支撑部件, 支撑着振膜, 使振膜与铁心之间形成空隙, 该支撑部件由随回流焊的温度而定量收缩的材料制成;
一个磁铁, 设在支撑部件内侧, 用以使固定磁场作用于振膜上, 加到线圈的
10 电气信号通过转换成交变磁场作用到振膜上而转换成声音;
所述磁铁由随回流焊温度而产生不可逆去磁作用的材料制成;
所述收缩作用与所述去磁作用彼此抵消, 从而使电声变换器在回流焊前后的声音特性保持稳定。
2. 如权利要求1所述的电声变换器, 其特征在于, 所述磁铁由钕钴系列磁
15 铁制成。
3. 如权利要求1所述的电声变换器, 其特征在于, 所述支撑部件由合成树脂制成。
4. 如权利要求1所述的电声变换器, 其特征在于, 回流焊的温度为200~250
℃。
- 20 5. 如权利要求1所述的电声变换器, 其特征在于, 所述磁铁由钕系列磁铁制成。
6. 一种制造电声变换器的方法, 包括下列步骤:
将线圈卷绕到铁心上;
在相对于所述铁心的空间中沿轴线方向配置支撑部件;
25 将振膜安置在支撑部件上使振膜与铁心之间形成空隙, 所述振膜受流过铁心的交变磁场的作用而振动;
将磁铁配置在支撑部件内侧, 使磁铁的固定磁场作用到振膜上, 加到线圈的电气信号通过转换成交变磁场作用到振膜上而转换成声音;
对电声变换器进行回流焊处理, 这时所述磁铁随回流焊的温度产生不可逆的
30 去磁作用, 所述支撑部件随回流焊的温度定量收缩, 收缩和去磁作用彼此抵消,

从而得出稳定的声音输出。

7. 如权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述支撑部件的收缩使振膜与铁心之间的空隙发生变化。

8. 如权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述磁铁由钐钴系列磁铁制成。

5 9. 如权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述磁铁由钕系列磁铁制成。

10. 如权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述支撑部件由合成树脂制成。

11. 如权利要求6所述的方法, 其特征在于, 回流焊的温度为 200~250℃。

电声变换器

5 技术领域

本发明涉及用于音响器等的利用电磁变换把电信号转换为声音的电声变换器。

背景技术

图 13 和图 14 表示现有的电声变换器。该电声变换器设有在用合成树脂形成的外壳 100 的内部固定的由非磁性金属等构成的支撑部件 102，固定在其上部用磁性材料板构成的振膜 104。在振膜 104 上装有磁片 106。在该振膜 104 的上面形成利用外壳 100 的共鸣室 108，该共鸣室 108 利用开在外壳 100 中的放音孔 110 向外界开放。在振膜 104 的背面，设置有底板 112 和印刷电路板 114，利用这些底板 112 和印刷电路板 114，封闭外壳 100 的背面。在底板 112 的中央，装有铁心 116，在其周围缠绕线圈 118，同时在该线圈 118 的周围还留有间隔地设置有磁铁 120。在铁心 116 的顶部和振膜 104 之间形成气隙 122，通过焊接使铁心 116 中缠绕的线圈 118 的末端与引线管脚 124、126 的基部连接。将各引线管脚 124、126 的基部连接在印刷电路板 114 上来固定各引线管脚。

可是，由于要利用焊接处理电气连接作为发生声音的各种必要电子部件的印刷电路板等，所以在焊接时会加热这样的电声变换器。因此，为防护电声变换器因这种热处理而造成热劣化，就要提高其构成部件的耐热性，实施防止音响性能劣化的对策。但是，耐热性部件成为了电声变换器制造成本变高的原因。

作为提高电声变换器耐热性的对策，应考虑对磁路特性最有影响的磁铁 120 和支撑部件 102 的耐热性问题。具体地说，由于支撑部件 102 的热变形影响振膜 104 与铁心 116 之间的气隙 122 的宽度，所以要使气隙 122 保持一定，支撑部件 102 的耐热性就是必不可少的。

而且，由于磁铁 120 在音响器的工作温度为 80℃左右时是可逆退磁的，不发生不可逆退磁，所以磁力的常温恢复是可能的。但是，回流焊接处理时的温度高达 200℃~250℃，如果受到这样的热，就会产生不可逆退磁，在常温恢复后会退磁 5~30%左右。众所周知这种程度对构成磁铁 120 的材料有较大差异的这种情况

来说变化是很大的，一般来说，退磁较小的磁铁材料价格较高。总之，耐热性良好的磁铁材料其成本有升高的倾向。

图 15 是表示回流焊接温度曲线的一例。这种情况下，测量温度为标准电路板上的中央温度，但正如从这种温度曲线中可明显看到的那样，在电路板上安装
5 的电声变换器因受到相当大的加热，所以不能无视磁铁 120 的退磁。

如果发生这样的退磁，那么振膜 104 和铁心 116 之间的磁结合力就降低，使电声变换器的音响性能发生变化。图 16 表示回流焊接处理前声压的频率特性（音响特性），图 17 表示回流焊接处理后声压的频率特性（音响特性），图 18 表示回流焊接处理前电流的频率特性，图 19 表示回流焊接处理后电流的频率特性。也
10 就是说，在用回流焊接处理加热过的电声变换器中，振膜 104 的最低共振频率较低，声压等级也较低，音响特性恶化。

再有，支撑部件 102 由非磁性金属和树脂等形成。用这种材料形成的支撑部件 102 在 80℃左右的温度下其材料随其具有的线性膨胀系数产生膨胀，但在常温下按原尺寸收缩。但是，在回流焊接处理温度下，用树脂形成的支撑部件 102 由
15 于热处理作用或热劣化产生尺寸收缩。LCP 材料的收缩率如图 20 所示。这种程度对于材质来说变化是大的，一般来说，热收缩低的价格高。

而且，如果支撑部件 102 因回流焊接处理的加热产生收缩，那么该部分的铁心 116 与振膜 104 之间的气隙 122 就会变窄，该部分的振膜 104 与铁心 116 之间的磁结合就会增加。表 1 表示支撑部件 102 的材质与气隙变化的关系，图 12 表示
20 随着回流焊接处理气隙的变化。

表1

模式	模制材料	初值	回流焊之后	变化	气隙(单: μm)
A	VECTRA	191	191	0	均值 0.0 δ_{n-1}
A		192	192	0	
A		193	193	0	
A		191	191	0	
A		188	188	0	
A	XREC	189	186	-3	均值 -2.0 δ_{n-1} 1.41
A		188	187	-1	
A		192	192	0	
A		187	184	-3	
A		186	183	-3	
A	AMODEL	190	188	-2	均值 -2.2 δ_{n-1} 0.84
A		190	189	-1	
A		195	193	-2	
A		189	186	-3	
A		193	190	-3	
B	VECTRA	163	160	-3	均值 -5.8 δ_{n-1} 7.85
B		155	150	-5	
B		133	114	-19	
B		152	154	2	
B		164	160	-4	

为避免因这种回流焊接处理温度造成的不良影响,应采用不可逆退磁率低的磁铁作磁铁 120 和收缩率低的树脂或金属等作支撑部件 102。其结果,存在电声变换器的部件成本高的问题。

发明内容

因此,本发明的目的在于提供可防止因回流焊接处理导致的音响性能劣化的电声变换器。

为实现上述目的,如图1~图12所示,本发明利用在回流焊接处理温度下磁铁(10)具有的不可逆退磁的退磁性和在回流焊接处理温度下支撑部件(20)具有的收缩性,把因磁铁(10)退磁造成的最低共振频率 F_0 的降低与因支撑部件(20)的热收缩造成的振膜(22)最低共振频率 F_0 的上升相互抵消,抑制振膜(22)的最低共振频率 F_0 的变化,实现音响性能的稳定化。

根据方案1所述的电声变换器,包括:缠绕线圈(18)的铁心(16);接收该铁心产生的振动磁场而振动的振膜(22);支撑振膜的支撑部件,它使所述铁心与所述振膜之间设有气隙(24);和磁铁,它设在该支撑部件的内侧,使磁场作用于所述振膜,通过使加给线圈的电信号转换为振动磁场并作用于所述振膜,将电信号转换为声音,其特征在于,用在回流焊接处理温度下呈现不可逆退磁的磁性材料形成所述磁铁,并且,用在回流焊接处理温度下有收缩的材料形成所述支撑部件。根据这种结构,能够把因磁铁退磁造成的振膜最低共振频率 F_0 的降低与因支撑部件的热收缩使振膜最低共振频率 F_0 的上升相互抵消,能够抑制振膜的最低共振频率 F_0 的变化,实现音响性能的稳定化。

根据方案2所述的电声变换器,其特征在于,用钐钴系列磁铁或用钕系列磁铁形成所述磁铁。通过使用这样的磁铁材料作磁铁,利用支撑部件的热收缩可平衡因回流焊接处理温度的加热而产生的不可逆退磁。

此外,根据方案3所述的电声变换器,其特征在于,用合成树脂形成所述支撑部件。通过使用这样的树脂材料作支撑部件,利用磁铁的退磁可平衡使因回流焊接处理温度的加热而产生的热收缩。

而且,根据方案4所述的电声变换器,其特征在于,所述回流焊接处理温度为 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。通常的回流焊接处理温度为 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$,对于这种范围的温度,能够把因磁铁退磁造成的振膜最低共振频率 F_0 的降低与因支撑部件的热收缩使振膜最低共振频率 F_0 的上升相互抵消,能够抑制振膜最低共振频率 F_0 的变化。

再有,通过参照下面详细实施的实施例和实例及附图,将体会进一步明确本发明的目的、特征、优点等。

附图说明

图1是表示本发明电声变换器一实施例的局部切开的平面图。

图2是表示图1所示的电声变换器的底视图。

图3是表示沿图2所示电声变换器的III-III线的剖视图。

图 4 是表示沿图 2 所示电声变换器的 IV-IV 线的剖视图。

图 5 是表示由于本发明的电声变换器的回流焊接处理前后的总磁通量变动产生的最低共振频率的变动特性的图。

图 6 是表示本发明的电声变换器的回流焊接处理前后的热退磁率的图。

5 图 7 是表示因本发明的电声变换器的回流焊接处理前后的气隙变动产生的最低共振频率变动特性的图。

图 8 是表示本发明的电声变换器的回流焊接处理前后的气隙变动特性图。

图 9 是表示本发明的电声变换器的回流焊接处理前后因总磁通量变动使最低共振频率变动和因气隙变动使最低共振频率变动协合效果的图。

10 图 10 是表示因本发明的电声变换器的回流焊接处理前后总磁通量变动使最低共振频率变动和因气隙变动使最低共振频率变动协合效果的图。

图 11 是表示因现有电声变换器的回流焊接处理前后总磁通量变动产生的最低共振频率变动的特性和因气隙变动使最低共振频率变动的特性的图。

15 图 12 是表示因现有电声变换器的回流焊接处理前后总磁通量变动所产生的最低共振频率变动的特性和因气隙变动使最低共振频率变动的特性的图。

图 13 是表示现有电声变换器的纵向剖视图。

图 14 是表示图 13 的电声变换器的底视图。

图 15 是表示回流焊接处理温度的温度曲线图。

图 16 是表示现有电声变换器的回流焊接处理前声压的频率特性图。

20 图 17 是表示现有电声变换器的回流焊接处理后声压的频率特性图。

图 18 是表示现有电声变换器的回流焊接处理前电流的频率特性图。

图 19 是表示现有电声变换器的回流焊接处理后电流的频率特性图。

图 20 是表示电声变换器中使用的支撑部件的热处理产生的热收缩的图。

图 21 是表示电声变换器中回流焊接处理后的气隙变动的图。

25 具体实施方式

下面，参照附图，详细说明本发明实施例的电声变换器。

图 1 至图 4 表示本发明电声变换器的一实施例，图 1 表示切开一部分的电声变换器的平面图，图 2 是其背面图，图 3 是图 2 的 III-III 线的剖视图，图 4 是 IV-IV 线的剖视图。

30 外壳 2 用制成矩形的两个壳片 4、6 构成，都为合成树脂的成形体，用超声

波焊接等将两者固定为一体。壳片 4 可用各种成形方法形成，比如，构成为引线框架上的底板部件。本实施例中，将壳片 4 形成为底板部件，并插入成形底板 8、磁铁 10 和引线端子 12、14。

5 底板 8 是由磁性材料构成的金属板，呈平板状。在该底板 8 的中央，立设着为一体的柱状铁心 16，在其周围缠绕着线圈 18。设置包围该线圈 18 的环状磁铁 10。该磁铁 10 的底面与底板 8 的表面贴紧。此外，利用焊接等将线圈 18 的末端电连接在引线端子 12、14 上。如果在引线端子 12、14 之间加上电信号，那么在线圈 18 中就流过对应于该电信号的励磁电流，结果，在铁心 16 中就产生与电信号具有的频率相应的振动磁场。

10 再有，铁心 16 与磁铁 10 为同心圆状，磁铁 10 的位置由在壳片 4 内侧形成的支撑部件 20 确定。该支撑部件 20 也可以用不同于壳片 4 的其他部件构成，在本实施例中，支撑部件与壳片 4 形成为一体。因而，支撑部件 20 与壳片 4 也用同一合成树脂构成。在用与壳片 4 不同的部件构成支撑部件 20 的情况下，可以选择与壳片 4 不同的树脂材料，在那种情况下，通过插入成形也可以与壳片 4 一体化。

15 而且，在支撑部件 20 的上部设置振膜 22。振膜 22 为用磁性材料构成的振动部件，用于响应来自铁心 16 的磁性。在该振膜 22 和铁心 16 之间形成气隙 24，该气隙 24 的宽度由支撑部件 20 与铁心 16 的高度的相对值决定，利用使铁心 16 的高度比支撑部件 20 的高度高，可形成具有期望宽度的气隙 24。

20 通过这样的气隙 24，由铁心 16 产生的振动磁场作用于振膜 22，在振膜 22 中振膜 22 与形成闭磁路的磁铁 10 产生的磁场发生作用，其结果，由于振动磁场振膜 22 在上下方向上振动。作为增强这种振动质量的装置，在振膜 22 的中央部分安装磁片 26。

25 而且，在振膜 22 的上面，形成以壳片 6 为共鸣空间的共鸣室 28。该共鸣室 28 利用在壳片 6 中形成的放音孔 30 向外开放。由振膜 22 的振动产生的声音在共鸣室 28 中共鸣，主要从放音孔 30 向外放出。

对于这种电声变换器来说，用在 200℃~250℃左右的回流焊接处理温度下呈现不可逆退磁的磁性材料形成磁铁 10。作为其一例，列举如下。

- i. 各向同性钕钴烧结 1-5 系列
- ii. 各向同性钕钴烧结 2-17 系列
- 30 iii. 钕系列粘结磁体

iv. 钐系列粘结磁体

在这样的电声变换器中,用在 200°C~250°C 左右的回流焊接处理温度下收缩的合成树脂形成支撑部件 20。也就是说,在本实施例中,由于与为底板部件的壳片 4 一体,外壳 2 本身就用这种合成树脂形成。作为其合成树脂的一例,列举如下:

- a. LCP-1, 维克特拉 (Vectra) AE130i
- b. LCP-2, 维克特拉 (Vectra) AE130i
- b. 尼龙 6T, 芳烃 230
- c. PPS, C-100HG

10 用这样的材质形成的磁铁 10 和支撑部件 20 的材质能够任意地组合,但在抑制振膜 22 的最低共振频率 F_0 的变动上可能有最合适的组合。

按照这样的结构,在受到回流焊接处理温度加热的情况下,利用在磁铁 10 中的不可逆退磁,使振膜 22 与铁心 16 之间的磁结合力减小,音响特性变化。具体地说,振膜 22 的最低共振频率 F_0 的变化,一般来说是其值降低,由此产生降低声压的结果,并对音响特性有较大影响。

此外,在受到回流焊接处理温度加热的情况下,在支撑部件 20 中产生热收缩,其结果,使气隙 24 的宽度减小。如果该气隙 24 的宽度变窄,就会使振膜 22 与铁心 16 之间的磁结合力提高,其结果,使振膜 22 的最低共振频率 F_0 变高,也就是说,对音响特性有较大影响。这种变化与磁铁 10 的退磁有相反的关系。

20 因而,利用磁铁 10 的退磁使最低共振频率 F_0 降低和利用支撑部件 20 的热收缩使最低共振频率 F_0 上升相互抵消,变为互补的结果,利用磁铁 10 和支撑部件 20 的材料关系的组合效果,即使受到回流焊接处理温度的加热,也可以获得有效地不使最低共振频率 F_0 变动的良好结果。

下面,说明图 1~图 4 所示的电声变换器的实施例。

25 图 5 表示在变更磁铁 10 材质的情况下回流焊接处理前后的振膜 22 的最低共振频率 F_0 的变动。图 5 中, M1 表示采用各向同性钐钴烧结 1-5 系列情况下的特性, M2 表示采用各向同性钐钴烧结 2-17 系列情况下的特性, M3 表示采用钐系列粘结磁体情况下的特性, M4 表示采用钐系列粘结磁体情况下的特性,由于受到回流焊接处理温度的加热,最低共振频率 F_0 的变动值在 M1 情况下减小 22Hz,在 M2 30 情况下减小 42 Hz,在 M3 情况下减小 94 Hz,在 M4 情况下减小 104 Hz。

此外,图6表示对应图5所示特性的回流焊接处理前后的总磁通量变动。由于受到回流焊接处理温度的加热,其热退磁率在M1情况下是2.8%,在M2情况下是5.2%,在M3情况下是11.7%,在M4情况下是13.5%。

接着,图7表示在变更支撑部件20材质的情况下因回流焊接处理前后的气隙24的宽度变动产生的振膜22的最低共振频率 F_0 的变动。图7中,C1表示采用LCP-1、维克特拉(Vectra)E130i,按成形射出压为40kg/cm³成形的情况下的各特性,C2表示采用LCP-2、维克特拉(Vectra)E130i,按成形射出压为130kg/cm³成形的情况下的各特性,C3表示使用尼龙6T、芳烃230情况下的各特性,C4表示使用PPS、C-100HG情况下的各特性,C0表示使用黄铜情况下的各特性。图7中,最低共振频率 F_0 的变动值在C1情况下是40Hz,在C2情况下是56Hz,在C3情况下是80Hz,在C4情况下是112Hz。

此外,如图8所示,由于受到回流焊接处理温度的加热造成的气隙24的变动在C0情况下为0%,在C1情况下为-5%,在C2情况下为-7%,在C3情况下为-10%,在C4情况下为-14%,在黄铜情况下不发生任何变化,但可看出,在用树脂形成支撑部件20的情况下,根据其种类气隙24的值会明显减小。

因此,由磁铁10产生的总磁通量变动部分与气隙24的变动部分对应,于是因磁铁10的退磁造成的最低共振频率 F_0 值的减小可利用气隙24的减小使最低共振频率 F_0 增加来补偿。若要看到这种协合效果,可参看图9。也就是说,如果使M1与C1、M2与C2、M3与C3或M4与C4对应,那么因磁铁10的退磁造成的最低共振频率 F_0 的减小与因气隙24的减小造成的最低共振频率 F_0 的增加相互抵消,补偿的结果使振膜22的最低共振频率 F_0 的变动幅度 ΔF 变为非常小的补正值。

例如,如图10所示,在支撑部件20的材质为尼龙6T、磁铁10的材质为钕系列粘结磁体的情况下,因受到回流焊接处理温度的加热造成磁铁10退磁使振膜22的最低共振频率 F_0 的减小,可通过利用气隙24的变动使振膜22的最低共振频率 F_0 增加来补偿,其结果,最低共振频率 F_0 的变动幅度 ΔF 非常小,明显小于图20和图21所示的具有现有品质特性的最低共振频率 F_0 的变动幅度 ΔF 。

因此,在图11、图13和图14所示的电声变换器中表示了在支撑部件20上使用黄铜、在磁铁10上使用钕系列磁体情况中的振膜22的最低共振频率 F_0 的特性。M3表示因回流焊接处理前后磁铁10的退磁造成的振膜22的最低共振频率 F_0 的变动,C0表示因气隙24的变动造成的最低共振频率 F_0 的变动。在这种结构中,

最低共振频率 F_0 的变动幅度 ΔF 明显变大。

此外，在图 12、图 13 和图 14 所示的电声变换器中表示了在支撑部件 20 上使用黄铜、在磁铁 10 上使用各向同性钕钴烧结 2-17 系列磁铁情况中的振膜 22 的最低共振频率 F_0 的特性。M1 表示因回流焊接处理前后磁铁 10 的退磁造成的振膜 22 的最低共振频率 F_0 的变动，C0 表示因气隙 24 的变动造成的最低共振频率 F_0 的变动。在这种组合中，最低共振频率 F_0 的变动幅度 ΔF 变得接近图 10 所示的特性，但存在材质价格高的问题。

再有，虽然在实施例中对磁铁 10 和支撑部件 20 的材料及其组合进行了说明，但本发明并不限于这些材料及其组合，还可以采用下列材料及其组合，即因磁铁 10 的退磁造成的最低共振频率 F_0 的减小可通过利用支撑部件 20 的收缩率使最低共振频率 F_0 增加进行补偿的材料及其组合。

如上面的说明，按照本发明，可获得下面的效果。

a. 能够使因回流焊接处理温度造成的振膜和铁心之间的气隙变动所伴随的磁结合力的变化与磁铁的退磁变化相对应地来补偿，能防止因回流焊接处理温度造成的音响性能的降低，能够实现音响性能的稳定化。

b. 通过支撑部件的热收缩，能够用振膜和铁心之间的气隙变动所引起的磁结合力的变化来补偿因回流焊接处理温度造成的磁铁热劣化中的某些退磁。

c. 由于不必抑制因回流焊接处理温度造成的磁铁退磁和支撑部件的热收缩等的变动，所以能够使用价格便宜的材料，降低制造成本。

而且，虽论述了本发明优选实施例的结构、作用和效果，但本发明的电声变换器并不限于上述实施例和实例，它包括根据本发明的目的和实施例能够推测出的各种结构、变形，和本领域技术人员能够预测的所有结构。

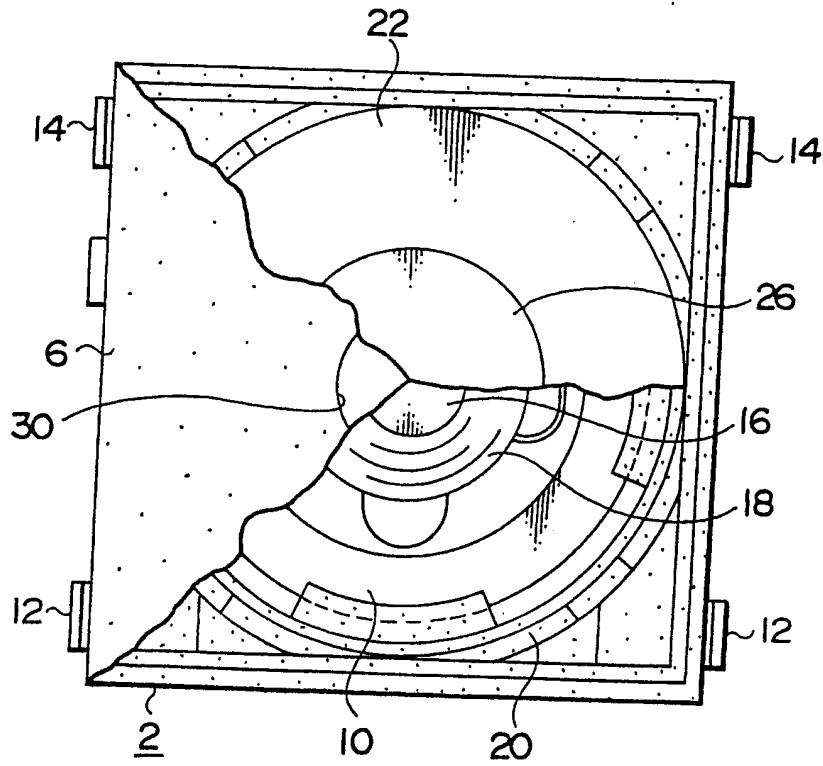


图 1

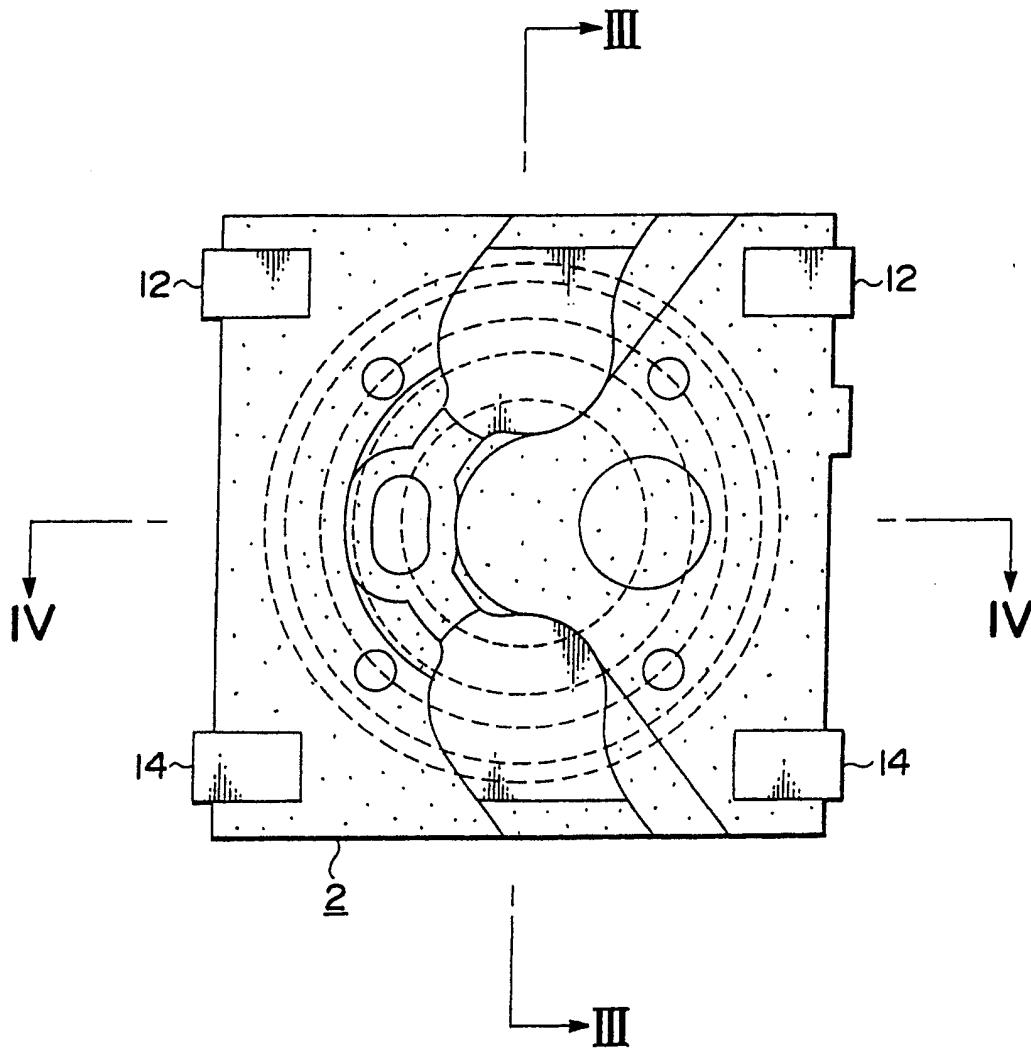


图 2

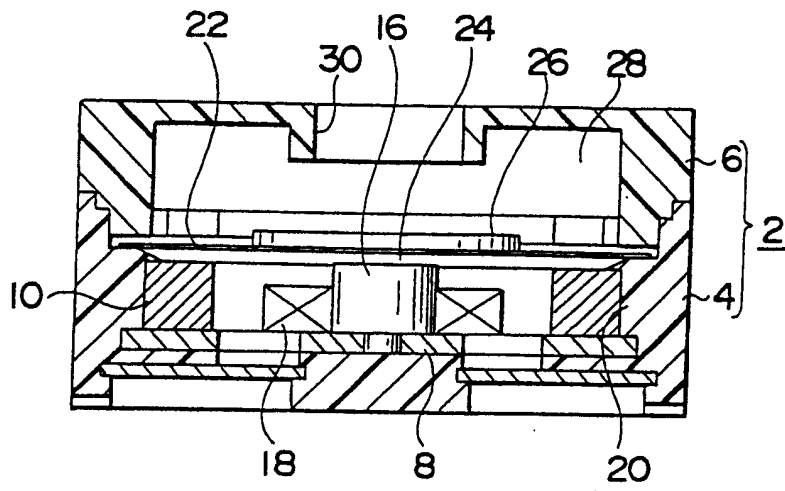


图 3

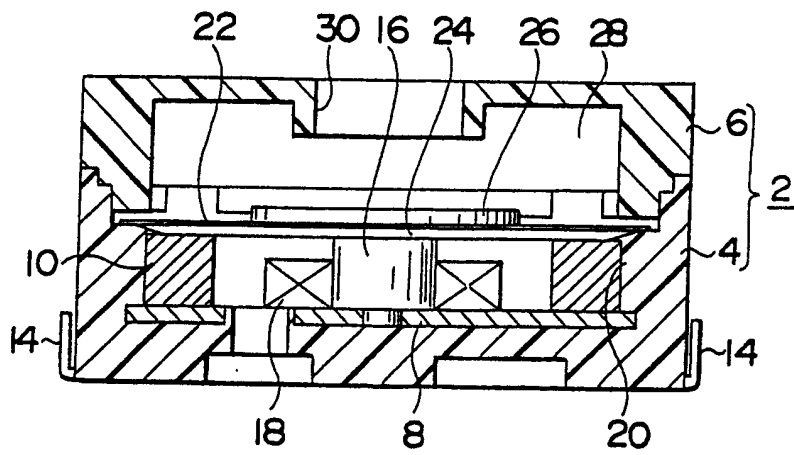


图 4

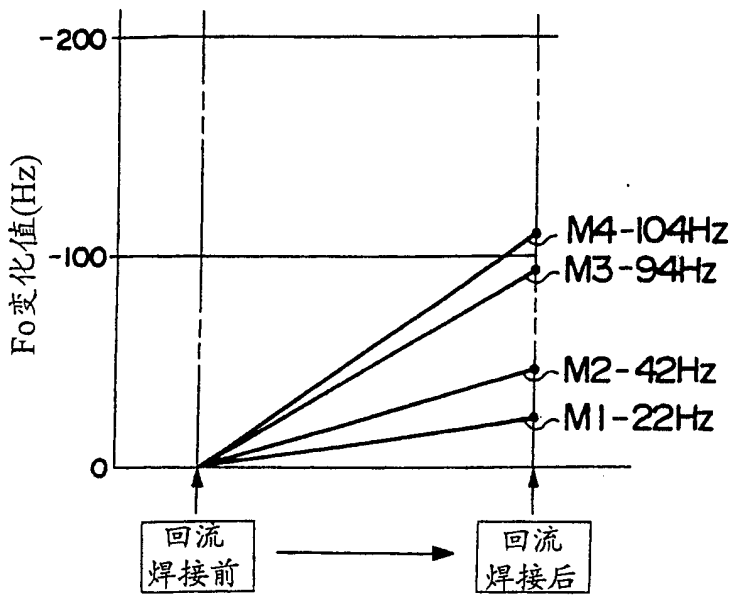


图 5

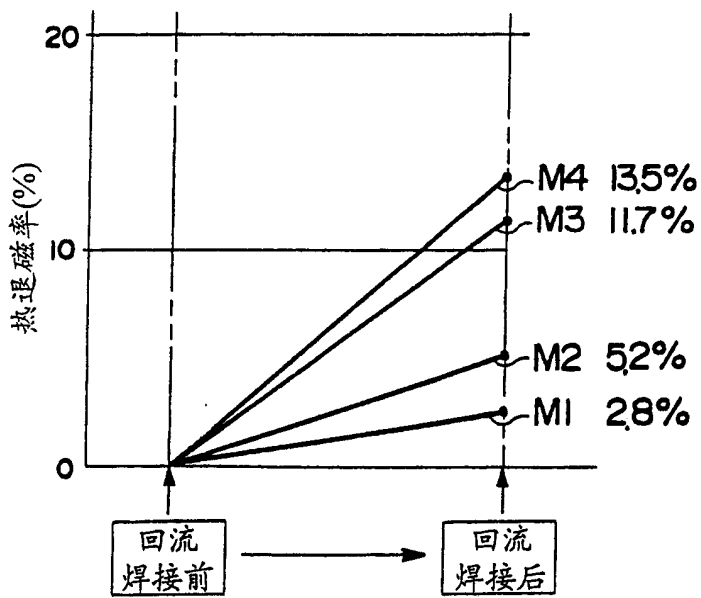


图 6

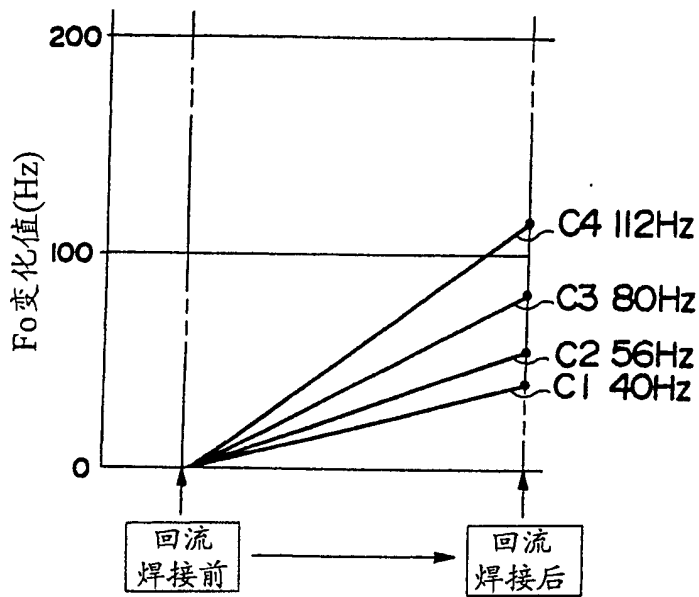


图 7

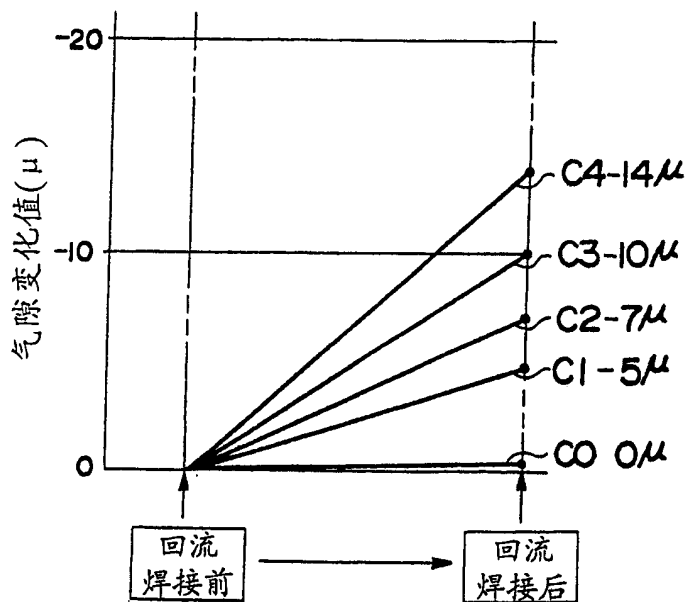


图 8

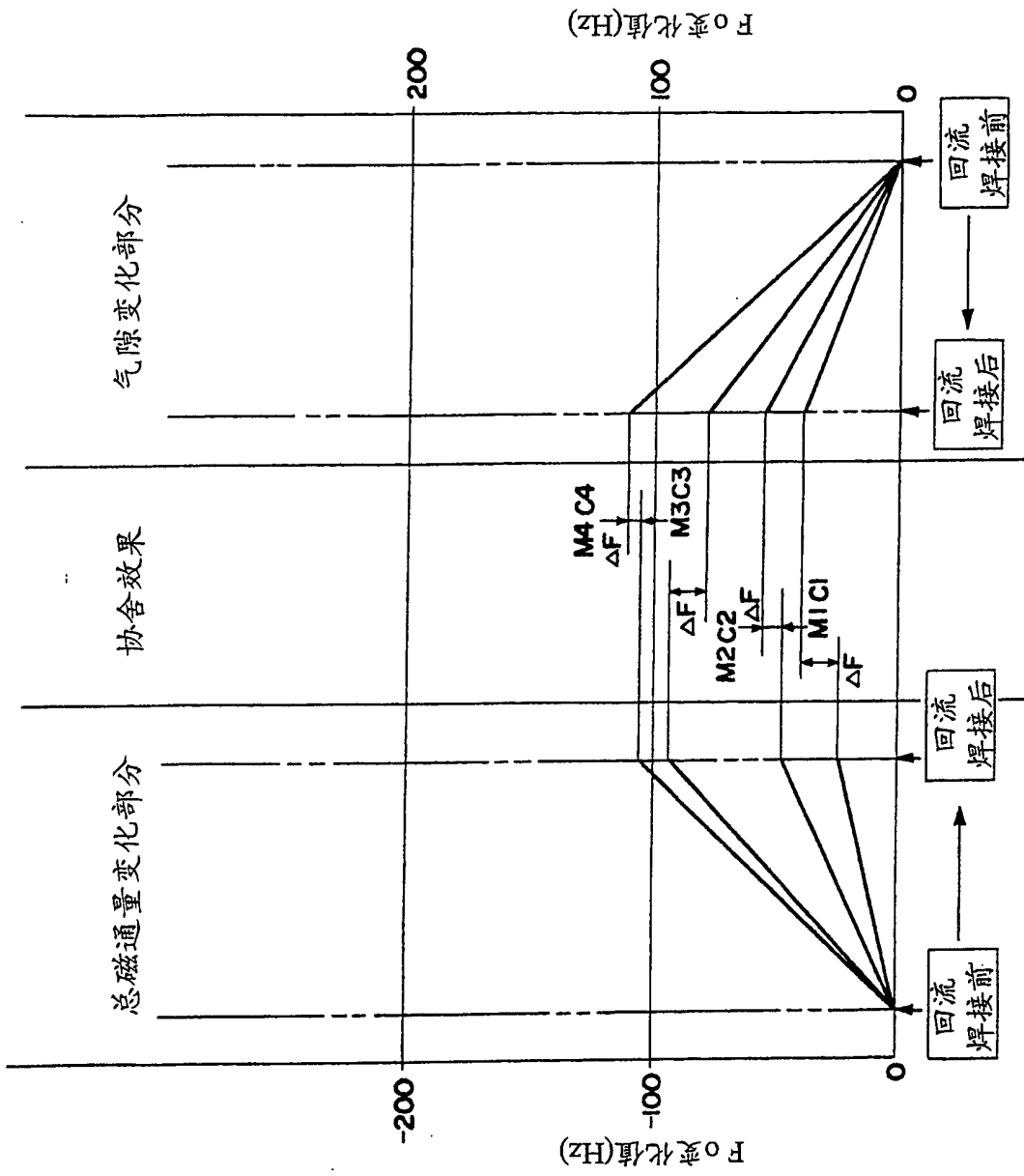


图 9

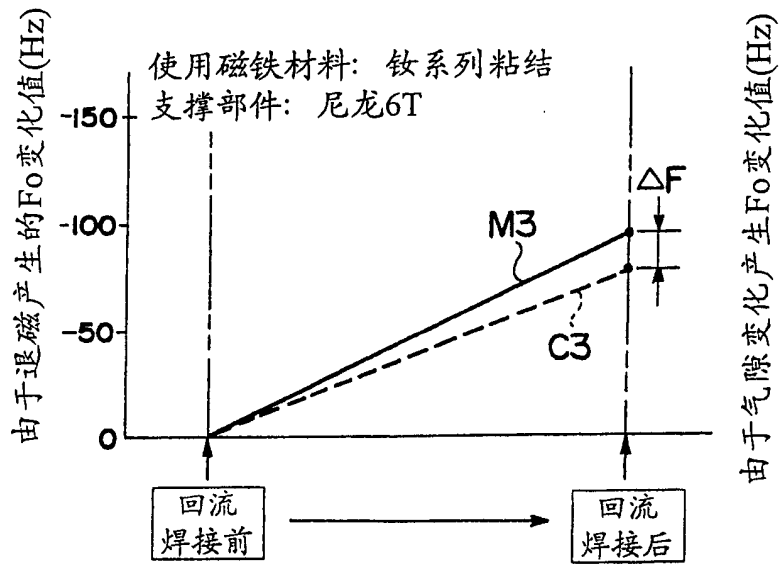


图 10

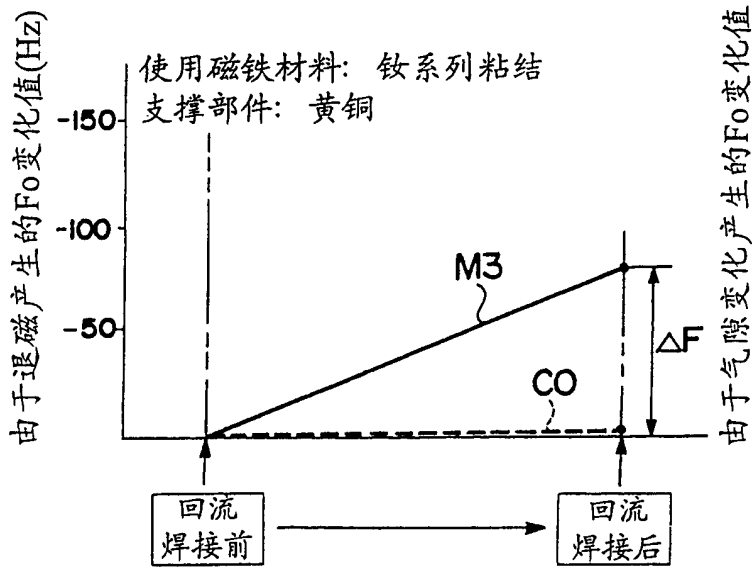


图 11

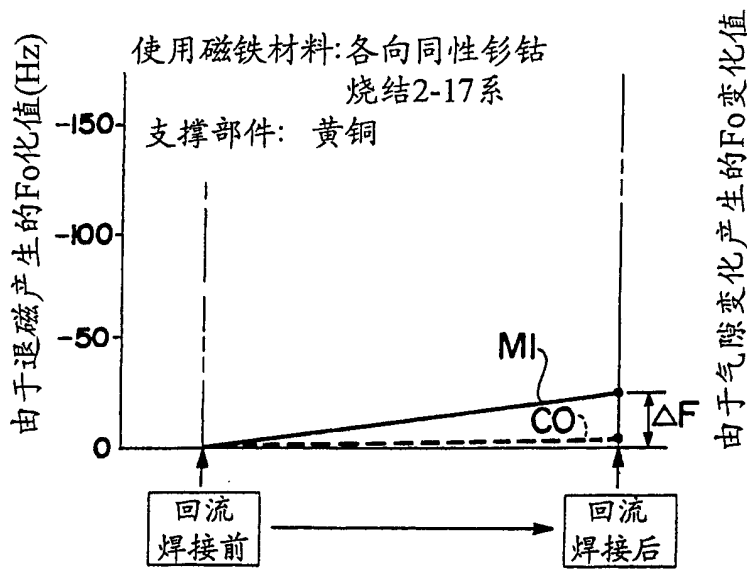
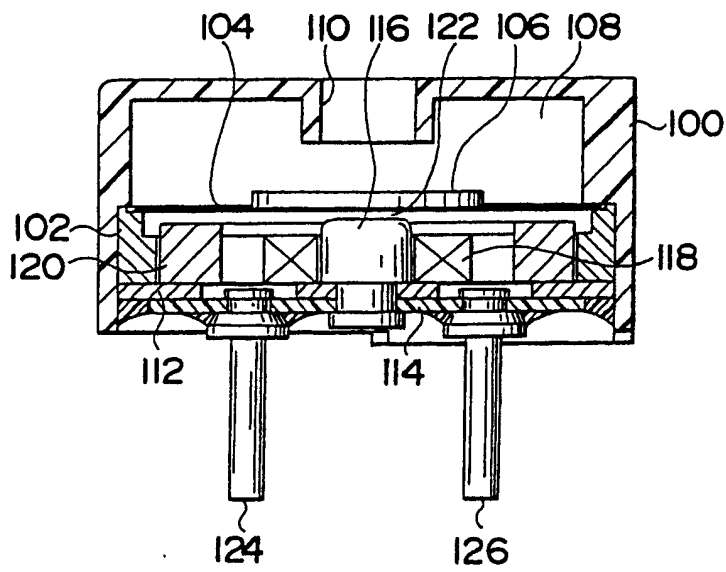
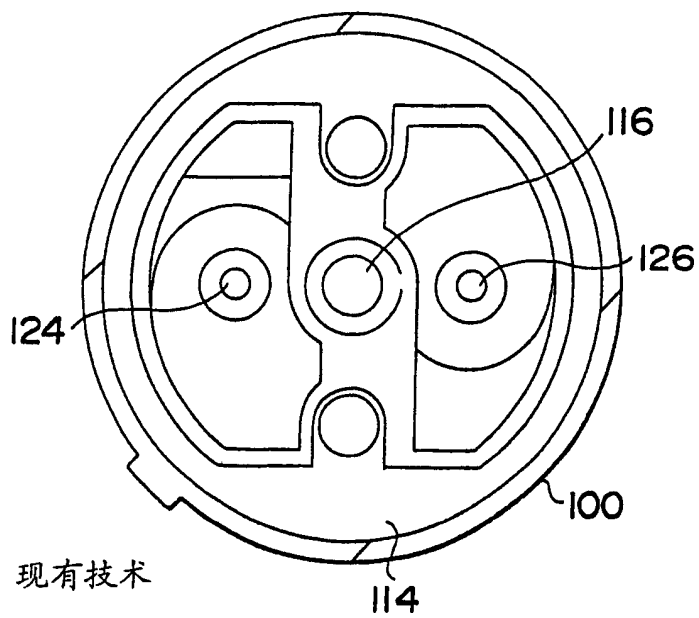


图 12



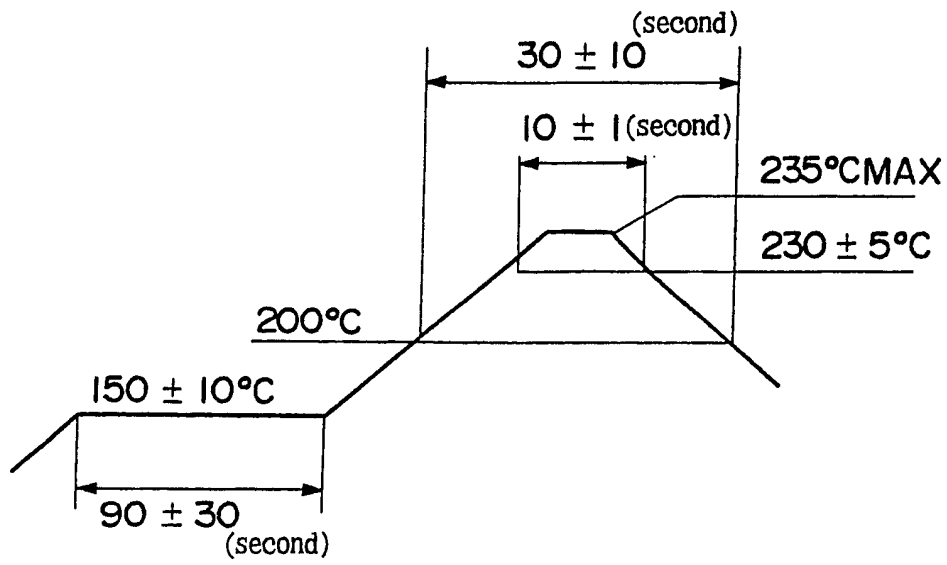
现有技术

图 13



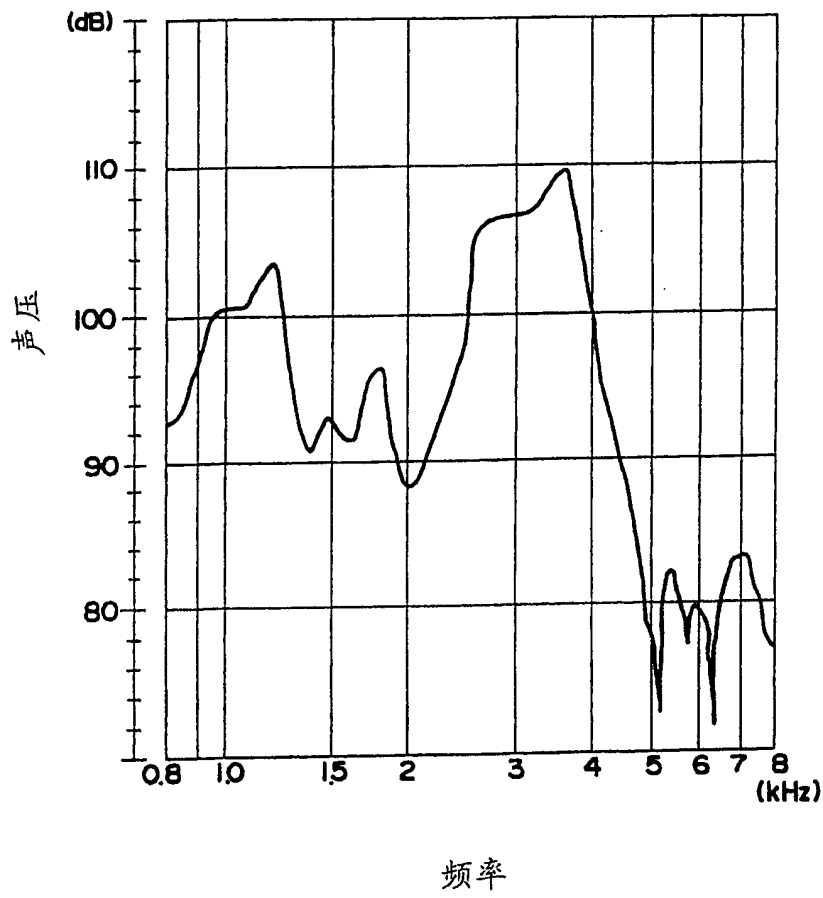
现有技术

图 14



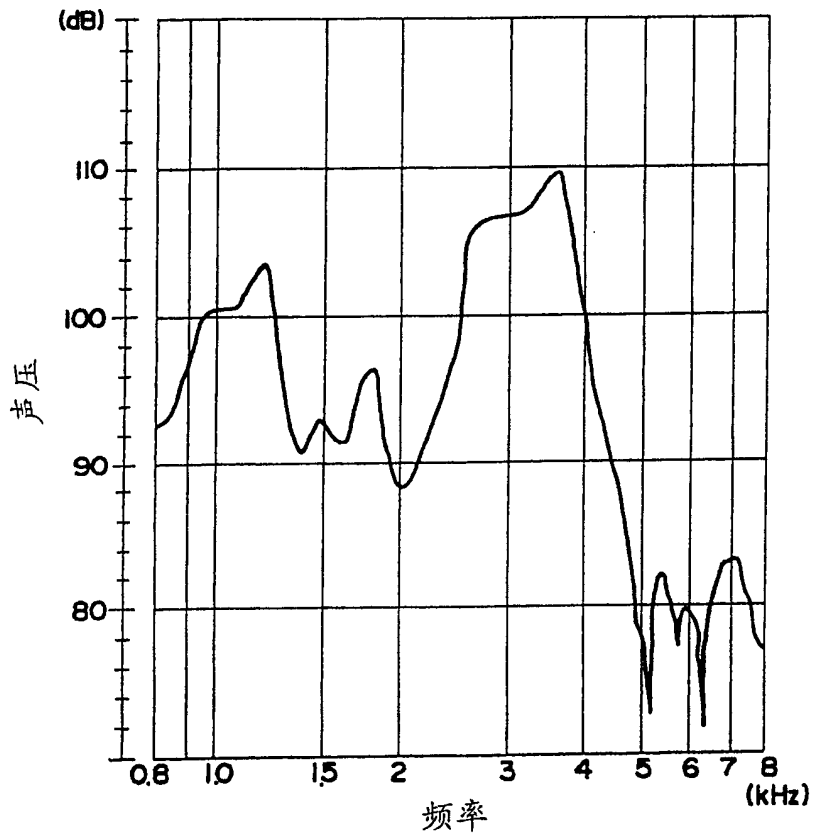
现有技术

图 15



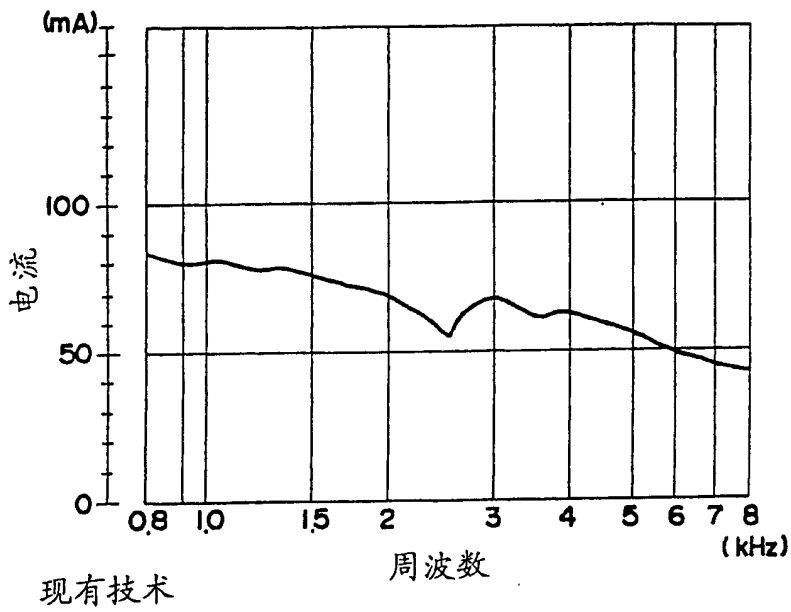
现有技术

图 16



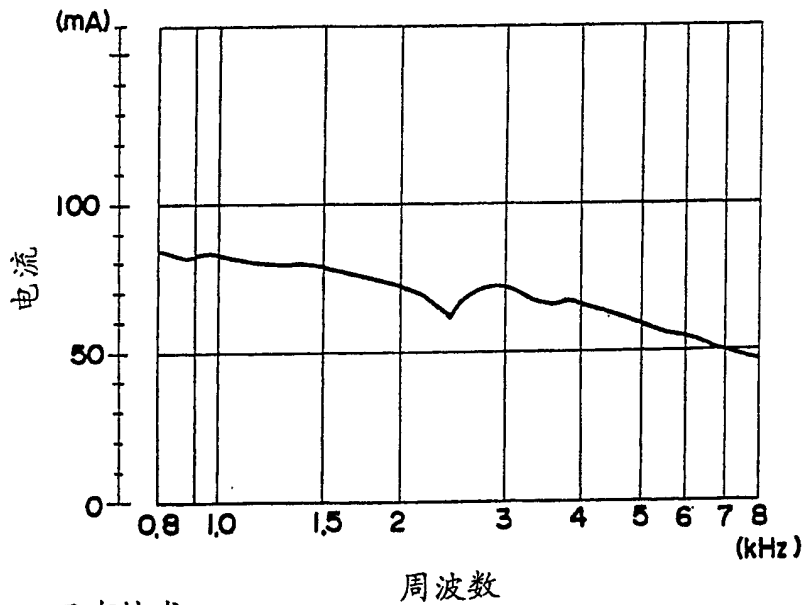
现有技术

图 17



现有技术

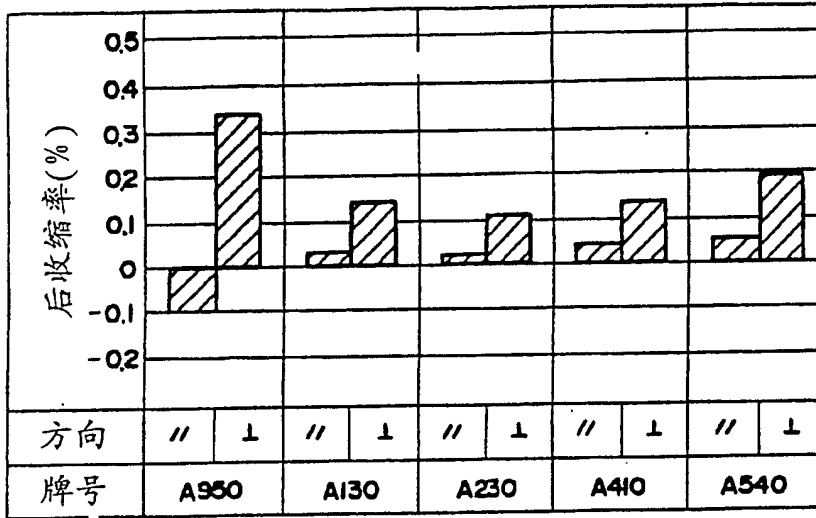
图 18



现有技术

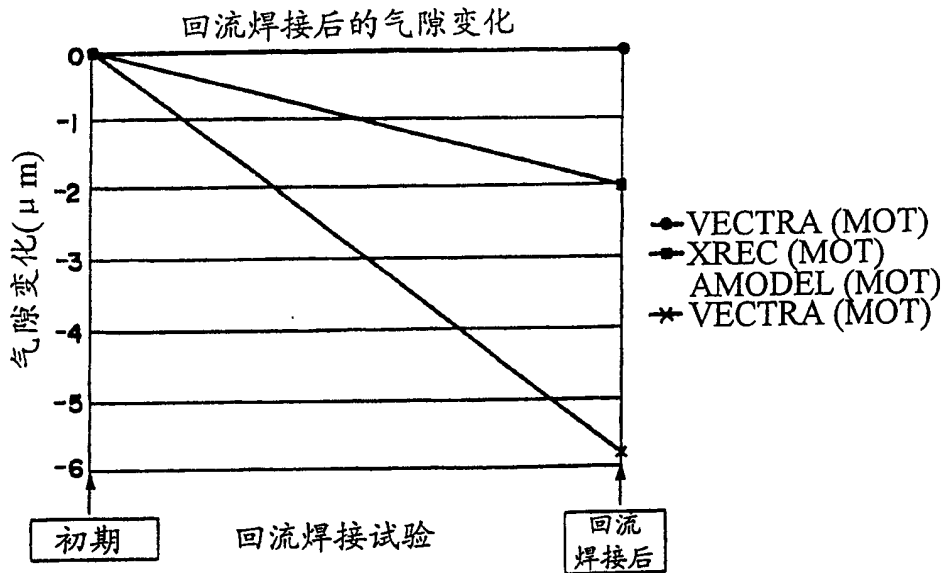
图 19

试验片: 120 × 120 × 3mm
 浇口: 20 × 2mm薄膜浇口
 退火条件: 200℃ · 3小时
 方向: // 流动方向, ⊥ 直角方向



现有技术

图 20



现有技术

图 21