[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04R 1/40 (2006.01)
H04R 3/12 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01815571.5

[45] 授权公告日 2006 年 6 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1258952C

[22] 申请日 2001.9.12 [21] 申请号 01815571.5
[30] 优先权
[32] 2000. 9.13 [33] NL [31] 1016172
[86] 国际申请 PCT/NL2001/000671 2001.9.12
[87] 国际公布 WO2002/023945 英 2002.3.21
[85] 进入国家阶段日期 2003.3.13
[71] 专利权人 约翰·范德韦夫尔
地址 荷兰奈梅亨
[72] 发明人 约翰·范德韦夫尔
审查员 冯晓明

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 夏 青

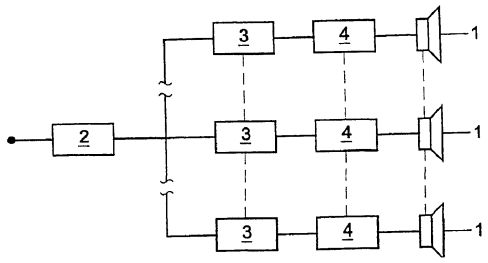
权利要求书 4 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

具有可控方向特性的声换能器系统

[57] 摘要

本发明涉及如用于有线广播系统和(流行)音乐会的扬声器系统或扬声器柱。 在此之前的这类系统具有频率相关的覆盖角和较强的二级和三级侧瓣。 本发明描述了向扬声器柱的分离的扬声器所施加的电压的公式，其使得可以实现在整个频率范围上的恒定覆盖角，并在广泛的范围抑制侧瓣。



1、 一种声换能器，包括 n 个声换能器，n=2, ..., x，这些声换能器是根据一规则图案沿一条线被布置在一柱形外壳中，其中，这些声换能器各配置有一相关联的滤波器，滤波器都在其输入端接收音频信号，并在输出端传送信号给相关联的声换能器，以便使工作中的声换能器具有带预定特性的信号图案，其特征在于，设置有装置用于向该柱形中的每个声换能器 n 施加根据以下关系式的电压 V_n：

$$V_n = V \cdot e^{-0.5\left(\frac{\alpha \cdot dls_n}{|dls_{max}|}\right)^2}$$

其中：

V_n ： 在声换能器 n 的端子上的电压；

V ： 在该柱的声中心内的声换能器的端子上的电压；

dls_n ： 声换能器 n 到柱形的声中心的距离，以米为单位；

dls_{max} ： 到从其中移走的最远声换能器的声中心的距离，以米为单位；

α ： 根据以下关系与覆盖角、频率和阵列大小相关的参数：

$$\alpha = \beta \cdot f \cdot \frac{l_{array}}{k}$$

其中：

β： 垂直覆盖角，单位为度，它对于特定的设计是被固定选择的；

f ：频率，单位是赫兹；

l_{array} ： 阵列的长度，单位是米；

k ： 常数＝14.10^3，假设对 β、f、l_{array} 采用已提到的单位。

2、一种声换能器系统，包括 n 个声换能器，n=2, ..., x，这些声

换能器是根据一规则图案沿一条线被布置在一柱形外壳中，其中，这些声换能器各配置有一相关联的滤波器，滤波器都在其输入端接收音频信号，并在输出端传送信号给相关联的声换能器，以便使工作中的声换能器具有带预定特性的信号图案，其特征在于，设置有装置用于向该柱形中的每个声换能器 n 施加根据以下关系式的电压 V_n：

$$V = a - b \cdot \cos(m) + c \cdot \cos(2 \cdot m) \qquad (2)$$

其中：

a、b 和 c 是定义窗口的常数，

m ：根据下式的单位圆在径向的第 m 部分：

$$m = \frac{0,1,2 \cdots (n-1)}{(nls-1)} \cdot 2\pi$$

其中：

nls ：运行的阵列中的声换能器的数目，根据以下关系取决于覆盖角和频率：

$$nls = \frac{k}{\varphi \cdot f \cdot c \cdot d}$$

其中：

φ ：期望的覆盖角，单位是度；

f ： 频率，单位是赫兹；

c ：声速；

d ：换能器之间中心对中心的距离，单位是米；

k ：依赖于窗口类型的常数。

3、根据权利要求 2 的系统，其中，a=0.5， b=0.5， c=0 。

4、根据权利要求 2 的系统，其中，a=0.54， b=0.46， c=0 。

5、根据权利要求 2 的系统，其中，a=0.42， b=0.5， c=0.08 。

6、一种声换能器系统，包括 n 个声换能器，n=2, ..., x，这些声换能器是根据一规则图案沿一条线被布置在一柱形外壳中，其中，这些声换能器各配置有一相关联的滤波器，滤波器都在其输入端接收音频信号，并在输出端传送信号给相关联的声换能器，以便使工作中的声换能器具有带预定特性的信号图案，其特征在于，设置有装置用于根据以下公式、使被施加于该柱形中的声换能器的信号在时间上延迟：

$$t_n = \max t \cdot e^{-0.5\left(\frac{\alpha \cdot dls_n}{|dls_{\max}|}\right)^2}$$

其中：

t_n ：换能器 n 的延迟时间；

maxt ：换能器之间的最大时间差；

dls_n ：声换能器 n 到声中心的距离；

dls_{max} ：从声中心取出的最远声换能器的距离；

α ： 预定参数。

7、根据权利要求 6 的系统，其中，α＝3。

8、一种声换能器系统，包括 n 个声换能器，n=2, ..., x，这些声换能器是根据一规则图案沿一条线被布置在一柱形外壳中，其中，这些声换能器各配置有一相关联的滤波器，滤波器都在其输入端接收音频信号，并在输出端传送信号给相关联的声换能器，以便使工作中的声换能器具有带预定特性的信号图案，其特征在于，设置有装置用于向该柱形中的每个声换能器 n 施加根据下式的功率 $P_{f,\varphi}$ ：

其中：

$$P_{f,\varphi} = P_{f,0} \cdot e^{-0.5\left(\frac{\alpha \cdot \varphi}{2 \cdot \pi}\right)^2}$$

P ：在与主轴构成的角度和频率下的声压，单位是帕斯卡

φ ：在径向上在-π和π之间的相对于换能器的主轴的角度，沿该阵列的方向，其中 0 为主轴

f ： 方向效应被确定时的频率

α ： 根据以下关系依赖于频率和换能器尺寸的参数：

$$\alpha = \frac{f \cdot d}{k}$$

其中：

d ：换能器之间中心对中心的距离,

k ： 常数。

9、根据权利要求 8 的系统，其特征在于，k 值在 18 和 25 之间。

10、根据权利要求 9 的系统，其特征在于，k=18。

11、根据权利要求 1 至 10 中的任何一项的系统，其中所述声换能器为扬声器。

具有可控方向特性的声换能器系统

本发明涉及一种声换能器系统，更具体地是涉及扬声器，包括 n 个扬声器，它们根据一规则图案沿一条线被设置在柱状外壳中，其中，这些声换能器各配置有相关联的滤波器，滤波器都在其输入端接收音频信号，并在其输出端传送信号至相联的声换能器，以便使工作中的声换能器具有带预定特性的信号图案。

尽管本发明涉及声换能器，即扬声器和话筒，为了清楚地理解本发明，以下将述及扬声器。

这种柱形扬声器系统尤其被用于有线广播系统中、（流行）音乐会等等，其优点是，通过采用大量并联的扬声器，可以发出很高的功率，所以利用单个系统可以覆盖大的空间。

这种扬声器柱的一个缺点是，在垂直方向上看，它们的方向敏感性很强。

图 1 示出一种常规扬声器柱的方向特性，从其中看出，对于高频，其覆盖角较小，对于低频，其覆盖角较大，同时在主瓣的相对侧上的侧瓣清晰可见。在示出的示例中，第一级侧瓣相对于主瓣具有约-13dB 的电平，第二级侧瓣具有约-18dB 的电平，第三级侧瓣具有约-21dB 的电平，等等。

在很多情况下，变化的覆盖角和侧瓣是不希望出现的，因为它们通常可以对系统的声音品质、特别是清晰度产生非常不利的影响。特别是在出现强反射表面、以及依赖于环境而可能出现大量或少量的人的空间中，由于变化的覆盖角和侧瓣，导致几乎不可能获得令人满意的声图案。为了详细描述以上所概述的问题，参见“具有异常特性的声柱的设计和实现”（由 J. Van der Werff 所著，96th AES

Convention, 1994 年 2 月 26 日－3 月 1 日，阿姆斯特丹）。

上述文章包括以名为“常数 λ 柱”描述扬声器柱，其对所有频率具有相同的覆盖角和相同级别的侧瓣。它的实现是通过对施加到扬声器上的信号进行高音滤波（high-off filtering），其所采取的方式使得取决于扬声器远离柱的发声中部，滤波始于低频。

图 2 示出这种常数 λ 柱的方向特性。然而该图示出，尽管相对于图 1 而言，性能已得到改善，但仍然出现有侧瓣。

本发明旨在提供一种扬声器系统，更一般地是提供一种声换能器的系统，它使这些侧瓣能够基本上被完全抑制，或至少使其达到所期望的很低的水平，同时对所有相关的声音频率维持恒定的覆盖角。

本发明进一步旨在提供一种上述类型的系统，它能加宽主瓣。

最后，本发明旨在提供一种上述类型的系统，它能够消除所谓的栅状瓣（grating lobe），或者至少使其在广泛的范围被抑制。

为此，本发明提供一种上述类型的声换能器的系统，其特征在于设置有装置用于向该柱形中的每个扬声器施加电压 V_n，且 V_n 被定义如下：

$$V_n = V \cdot e^{-0.5\left(\frac{\alpha \cdot dls_n}{|dls_{max}|}\right)^2} \qquad (1)$$

其中：

V_n ： 在扬声器 n 的端子上的电压；

V ： 在该柱的声中心内的扬声器的端子上的电压；

dls_n ： 扬声器 n 到柱形的声中心的距离，以米为单位；

dls_{max} ： 到从其中移走的最远扬声器的声中心的距离，以米为单位；

α ： 根据以下关系与覆盖角、频率和阵列大小相关的参数：

$$\alpha = \beta \cdot f \cdot \frac{l_{array}}{k}$$

其中：

β： 垂直覆盖角，单位为度，它对于特定的设计是被固定选择的；

f ：频率（单位是赫兹）；

l_{array} ： 阵列的长度，单位是米；

k ： 常数＝14.10^3，假如对β、f、l_{array}采用已提到的单位。

根据本发明，令人惊奇的发现是，如果施加于该柱中的扬声器的功率满足上述关系，则侧瓣被完全消除，并且覆盖角是恒定的。

图 3 示出根据本发明的原理构成的扬声器柱的方向图，由该图使其更清楚。

在根据图 3 的示例中，起点已是具有 43 个扬声器和直径为 13.5 厘米的一个柱形，其声中心位于该柱的纵向中部，一个所谓的对称阵列。然而，本发明的原理也可以直接应用于具有非对称定位的声中心的阵列中。

在特定的情况下，考虑到声音的要求，可能期望扬声器阵列仍具有有限强度的侧瓣。在这种情况下，由与以下余弦窗口之公式相关的曲线，可以确定施加在阵列中的扬声器的电压：

$$V = a - b \cdot \cos(m) + c \cdot \cos(2 \cdot m) \qquad (2)$$

其中：

a、b 和 c 是定义窗口的常数，如：

汉宁窗（Hanning） a=0.5； b=0.5； c=0

汉明窗（Hamming）： a=0.54； b=0.46； c=0

布莱克曼窗（Blackman）：a=0.42； b=0.5； c=0.08

m ：根据下式的单位圆（在径向）的第 m 部分：

$$m = \frac{0,1,2 \cdots (n-1)}{(nls-1)} \cdot 2\pi$$

其中：

nls ：运行的阵列中的扬声器的数量，根据以下关系取决于覆盖角和频率：

$$nls = \frac{k}{\varphi \cdot f \cdot c \cdot d}$$

其中：

φ ：期望的覆盖角，单位是度

f ： 频率，单位是赫兹

c ：声速 （在空气中约为 340 米/秒）

d ：换能器之间中心对中心的距离，单位是米

k ： 在一定程度上依赖于窗口类型的常数：

汉宁窗：$11.5.10^6$ （侧瓣抑制约为 30dB）

汉明窗：$11.5.10^6$ （侧瓣抑制约为 40dB）

布莱克曼窗：15.10^6 （侧瓣抑制约为 60dB）

利用所有这些窗，可以实现侧瓣抑制，它们通常足以用于实际应用。

图 4a 和图 4b 示出根据公式（1）的曲线 A 和根据公式（2）的曲线 B、C 和 D，其中，曲线 B 是汉宁曲线，曲线 C 是汉明曲线，曲线 D 是布莱克曼曲线。图 4b 中的纵轴以 dB 标绘电压，横轴标绘扬声器 n，在该示例中 n＝0～45。扬声器第 23 号构成该柱的声中心。

通过对理想曲线的偏离，原则上可以实现无限多个可能的曲线。

图 5 示出根据本发明的扬声器系统，其中配置有多个扬声器 1 放大器 2 的输出信号施加于其上。在放大器的输出端和扬声器之间，包括串联的可调衰减器 3 和可调低通滤波器 4。这些衰减器的设置是根据公式（1），低通滤波器的设置是根据常数λ柱。

公式（1）可以被有利地采用，以给柱中的各个扬声器以时间加权。利用时间加权，可以影响柱的方向特性，特别是主瓣的宽度。

用公式（1）表示施加于柱中的扬声器 n 的信号之延迟如下：

$$t_n = \max t \cdot e^{-0.5\left(\frac{\alpha \cdot dls_n}{|dls_{max}|}\right)^2} \qquad (3)$$

其中：

t_n ： 换能器 n 的延迟时间；

maxt ： 换能器之间的最大时间差（取决于频率、加宽的范围）；

dls_n ： 扬声器 n 到声中心的距离；

dls_{max} ： 从声中心取出的最远扬声器的距离；

α ： 适合所寻求的效果的参数，通常约为 3。

可选的是，利用公式（3），可以将主瓣分成两个与主轴呈等角度的主瓣。这种方式特别可用于例如露天大型运动场，以便向两排正面观众席发送。根据公式（1），可以采用时间加权而独立于电平加权，并且与之组合。

栅状瓣是由一个阵列中的换能器之间的不连续性导致的。每一个实际的阵列包括具有一定的方向效应的有限数目的换能器。当个别换能器的方向效应低于标准时，栅状瓣出现。通过选择不低于根据以下关系的方向效应，可以防止这些栅状瓣：

$$P_{f,\varphi} = P_{f,0} \cdot e^{-0.5\left(\frac{\alpha \cdot \varphi}{2 \cdot \pi}\right)^2}$$

其中：

P ： 声压，单位是帕斯卡（在与主轴构成的角度和频率）

φ ： 相对于换能器的主轴的角度（在-π和π之间的径向），沿该阵列的方向（0 为主轴）

f ： 方向效应被确定的频率

α ： 根据以下关系依赖于频率和换能器尺寸的参数：

$$\alpha = \frac{f \cdot d}{k}$$

其中：

d ： 换能器之间中心对中心的距离

k ： 常数，最好为 18；实际值在 18 与约 25 之间。

这一关系式分别说明阵列中的换能器的极辐射（polar radiation）

和灵敏度。以常规方式可以实现这种极效应（polar behavior）。

图 6 示出在频率为 250Hz～5KHz、K＝18 和 d＝13.5 厘米时的典型曲线。

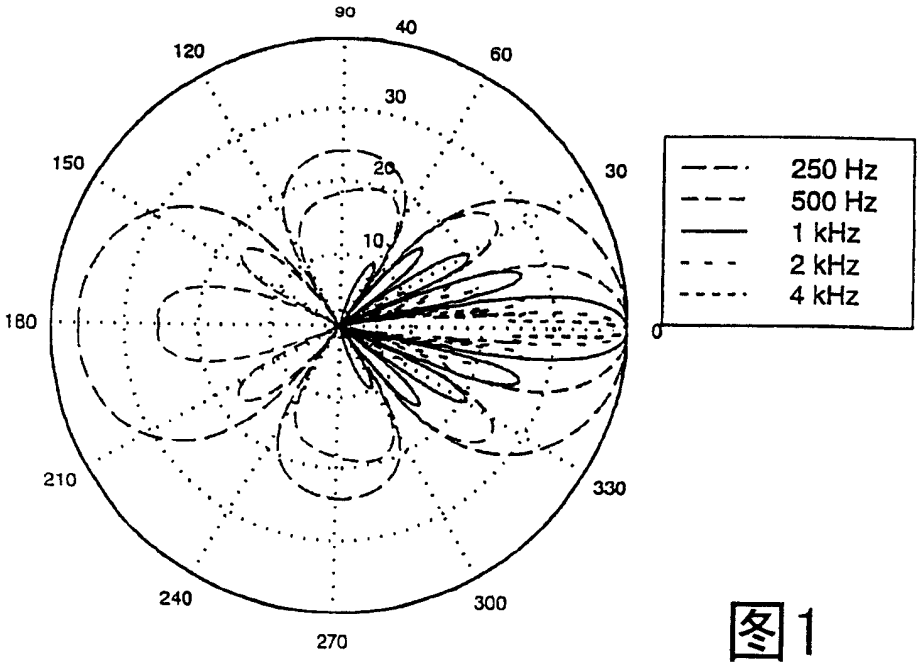

90
40
120
60
30
150
30
20
10
180
0
210
330
240
300
270
250 Hz
500 Hz
1 kHz
2 kHz
4 kHz

图1

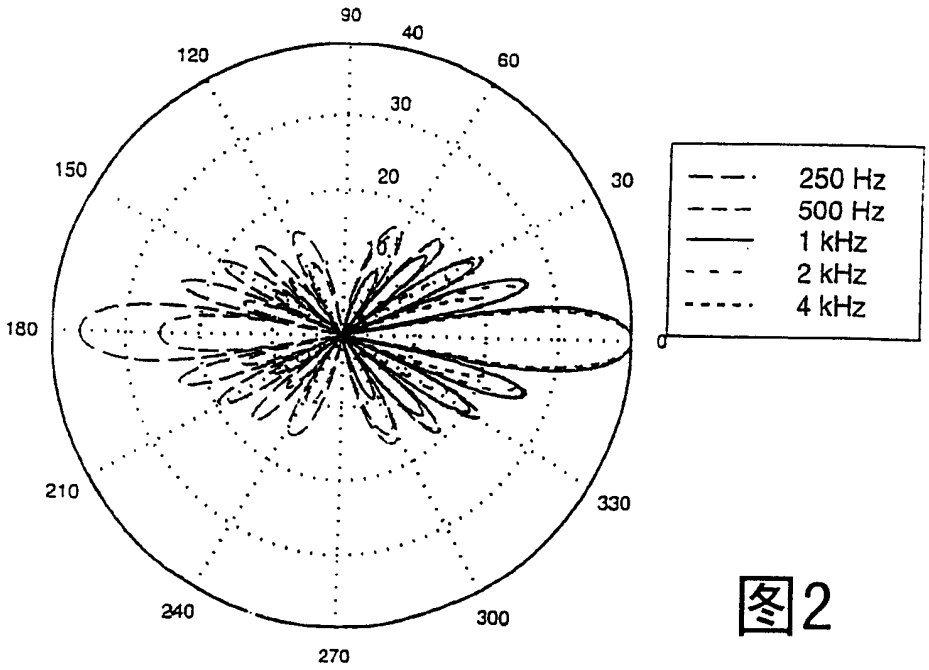

90
40
120
60
30
150
30
20
10
180
0
210
330
240
300
270
250 Hz
500 Hz
1 kHz
2 kHz
4 kHz

图2

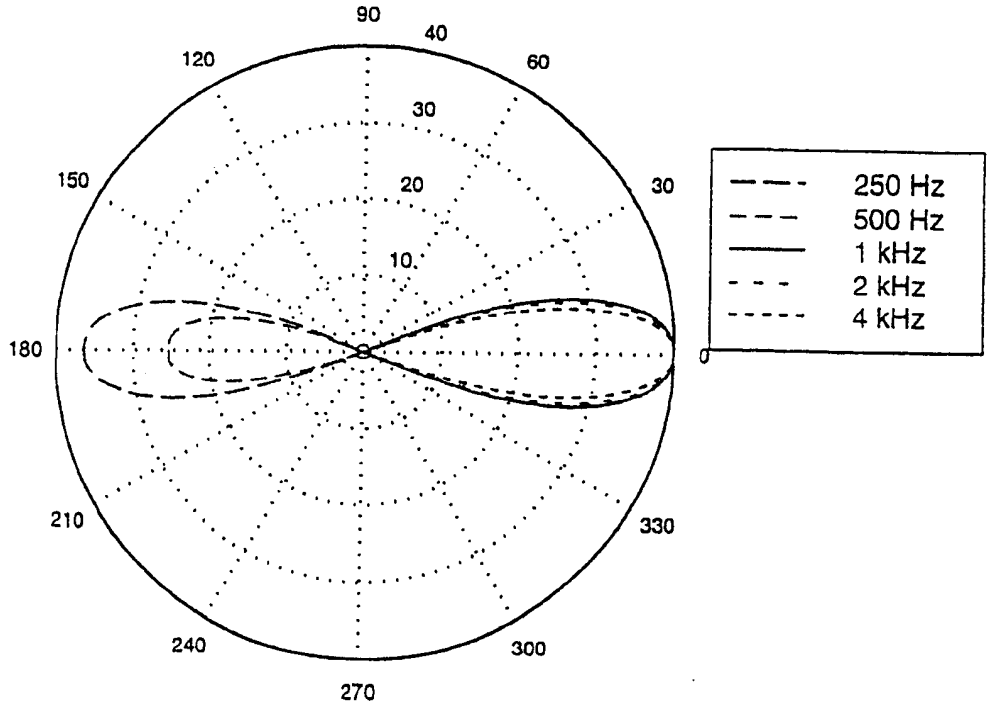

90
40
60
120
30
150
20
30
10
180
0
210
330
240
300
270
250 Hz
500 Hz
1 kHz
2 kHz
4 kHz

图3

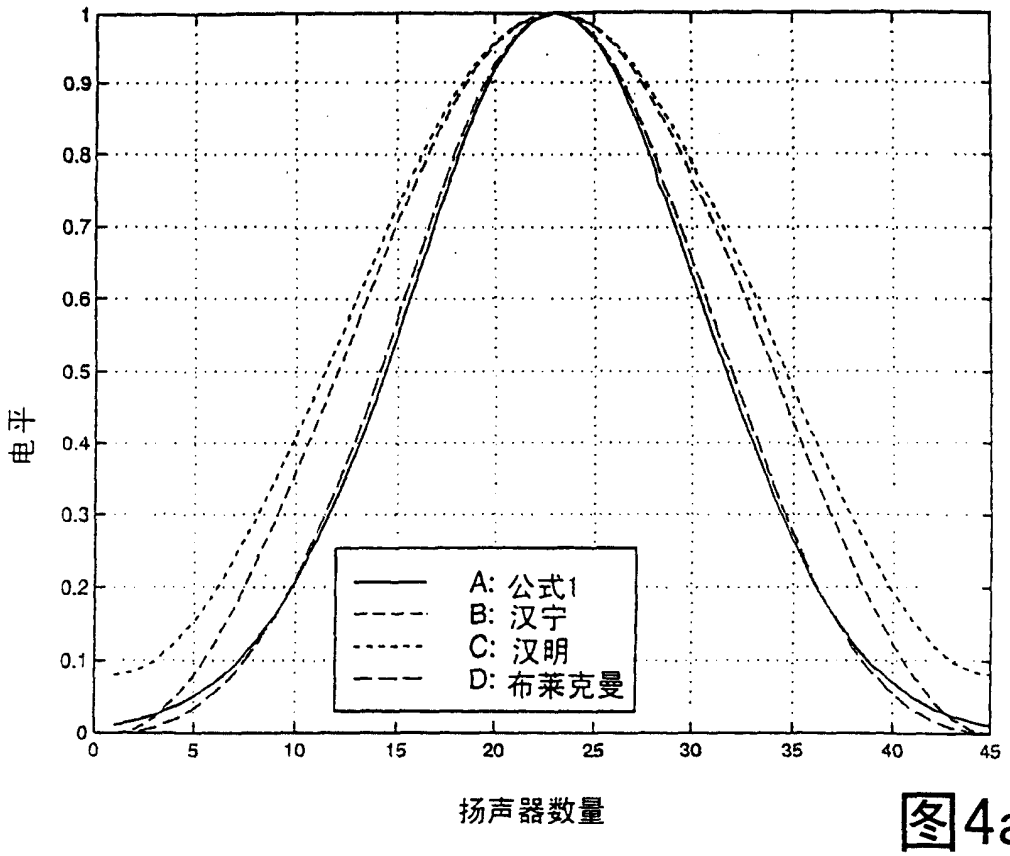


图4a

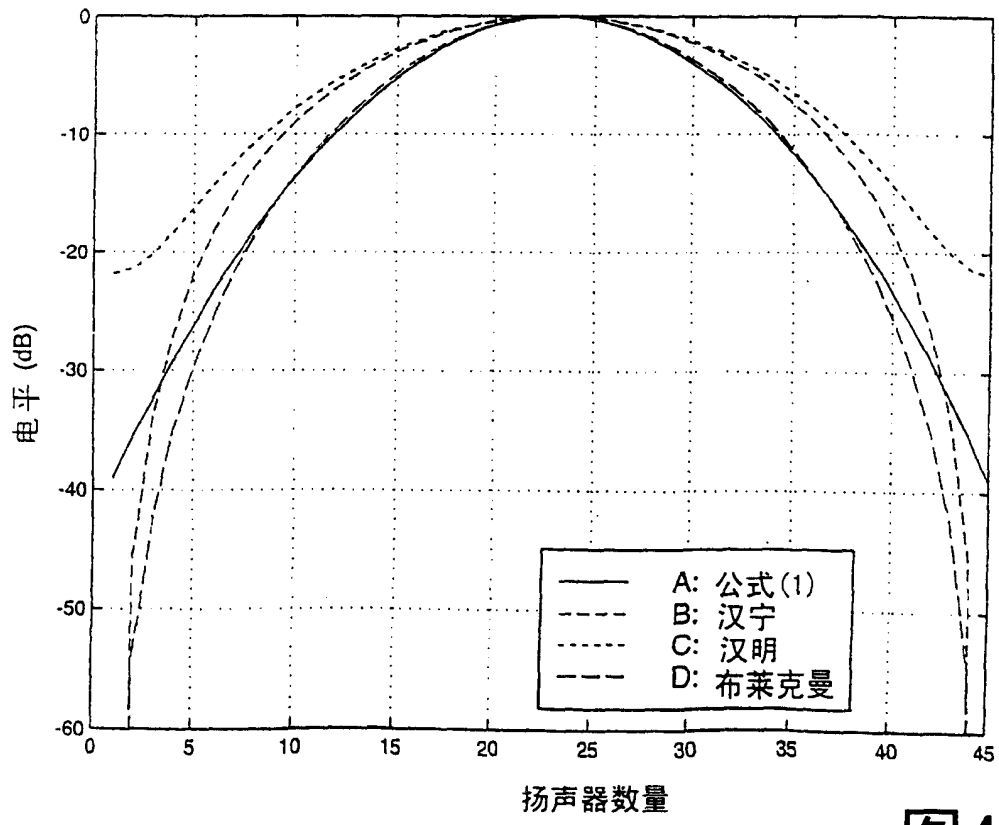


图4b

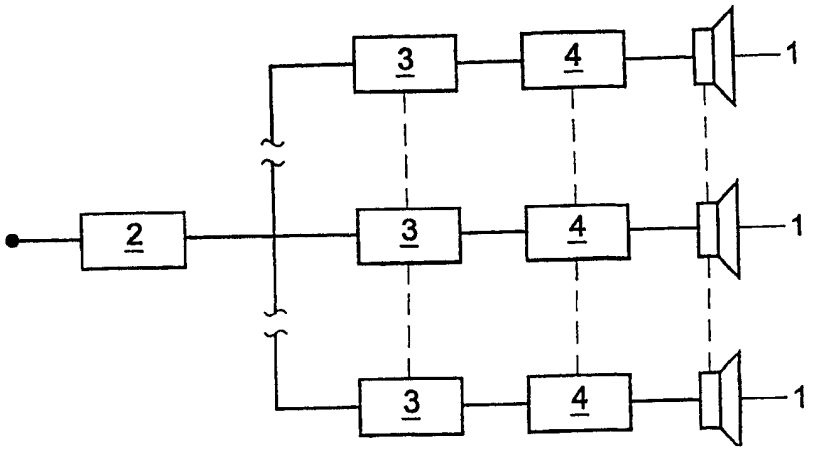

2
3
4
1
3
4
1
3
4
1

图5

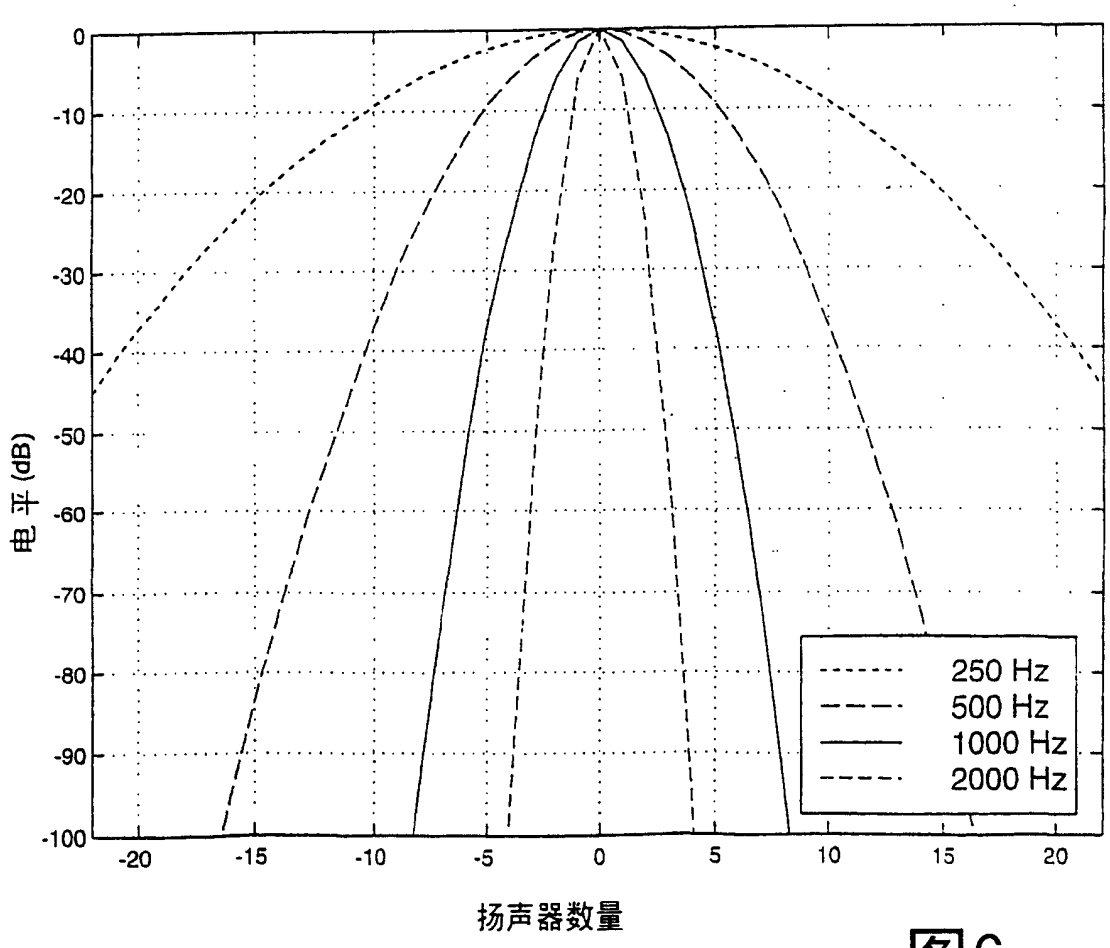

0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
电平(dB)
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
扬声器数量
250 Hz
500 Hz
1000 Hz
2000 Hz

图6