

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04S 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510113472.9

[43] 公开日 2006 年 4 月 26 日

[11] 公开号 CN 1764330A

[22] 申请日 2005.10.12

[21] 申请号 200510113472.9

[30] 优先权

[32] 2004.10.18 [33] JP [31] 2004-302971

[71] 申请人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 佐古曜一郎 矢部进 山下功诚
三浦雅美 寺内俊郎

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 钱慰民

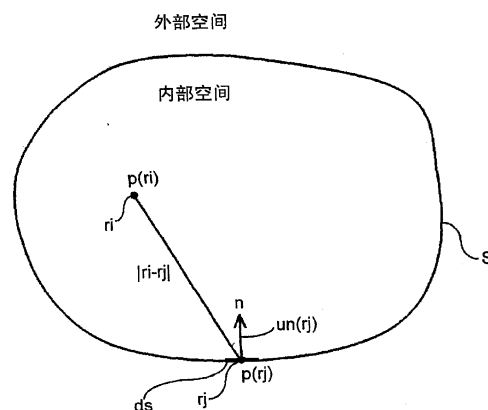
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 11 页

[54] 发明名称

再现音频信号的方法和装置

[57] 摘要

将音频信号提供给扬声器阵列以执行波阵面合成。用波阵面合成在无穷远处产生一个虚拟声源。从虚拟声源发出的声波的传播方向是可以改变的。



-
1. 一种用于再现音频信号的方法，其特征在于，包括以下步骤：
将第一音频信号提供给第一扬声器阵列以执行波阵面合成；并
用波阵面合成在无穷远处产生第一虚拟声源，
- 5 其中从所述第一虚拟声源发出的第一声波的传播方向是可以改变的。
2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括以下步骤：
将第二音频信号提供给第二扬声器阵列以执行波阵面合成；
用波阵面合成在无穷远处产生第二虚拟声源，
其中从所述第一虚拟声源发出的第一声波的传播方向和从所述第二虚拟
- 10 声源发出的第二声波的传播方向相互平行，并且
所述第一声波的传播方向和所述第二声波的传播方向是可以改变的。
3. 一种用于再现音频信号的方法，其特征在于，包括以下步骤：
将音频信号延迟预定延迟时间以产生多个延迟信号；并
将所述多个延迟信号提供给构成扬声器阵列的多个扬声器，
- 15 其中通过控制预定延迟时间来定向地发出从所述多个扬声器输出的声波的合成声波，并且
该定向地发出合成声波的方向是可以变化的。
4. 一种用于再现音频信号的装置，其特征在于，包括：
第一处理电路，适用于处理提供给扬声器阵列的第一音频信号以根据从扬
- 20 声器阵列输出的声波用波阵面合成来产生第一虚拟声源；
第一设置电路，适用于将所述第一虚拟声源的位置设置在无穷远处；和
用于改变从虚拟声源发出的第一声波的传播方向的控制装置。
5. 如权利要求4所述的装置，其特征在于，还包括：
第二处理电路，适用于处理提供给扬声器阵列的第二音频信号以根据从扬
- 25 声器阵列输出的声波用波阵面合成来产生第二虚拟声源；
第二设置电路，适用于将所述第二虚拟声源的位置设置在无穷远处；和
所述控制装置将从所述第一虚拟声源发出的所述第一声波的传播方向和
从所述第二虚拟声源发出的所述第二声波的传播方向设置成相互平行，并改变

所述第一声波的传播方向和所述第二声波的传播方向。

6. 一种用于再现音频信号的装置，其特征在于，包括：

多个延迟电路，适用于将音频信号延迟预定延迟时间以产生多个延迟信号；

5 多个输出电路，适用于将所述多个延迟信号提供给构成扬声器阵列的多个扬声器；和

控制电路，适用于控制所述多个延迟电路的延迟时间以定向地发出从所述多个扬声器输出的声波的合成声波，并适用于改变定向地发出合成声波的方向。

10 7. 一种用于再现音频信号的装置，其特征在于，包括：

第一处理电路，适用于处理提供给扬声器阵列的第一音频信号以根据从扬声器阵列输出的声波用波阵面合成来产生第一虚拟声源；

第一设置电路，适用于将所述第一虚拟声源的位置设置在无穷远处；和
用于改变从所述第一虚拟声源发出的第一声波的传播方向的控制电路。

15

再现音频信号的方法和装置

5 (1)技术领域

本发明涉及再现音频信号的方法和装置。

(2)背景技术

例如，在图 12 中所示的系统中，当一音频信号以相等的电平提供给相对于收听者的左前扬声器 SPL 和右前扬声器 SPR 时，在扬声器 SPL 和 SPR 之间的
10 线上的中央产生虚拟声源 VSS，且收听者感觉到声音好象是从虚拟声源 VSS 输出的（见 PCT 日文译文专利公开号：2002-505058）

(3)发明内容

然而，在此系统中，来自虚拟声源 VSS 的声音从虚拟声源 VSS 的周围发出，而这在游戏或电影应用时会引起不愉快。

15 因此，希望考虑到象探照灯的发光那样从虚拟声源的定向发出声音，从而可以将特殊效果呈现给收听者。

一种根据本发明的一个实施例的再现音频信号的装置包括：处理电路，适用于处理提供给扬声器阵列的音频信号以根据从扬声器阵列输出的声波用波阵面合成来产生虚拟声源；设置电路，适用于将虚拟声源的位置设置在无穷远
20 处；和用于人工或自动改变从虚拟声源发出的声波的传播方向的装置。

根据本发明的一个实施例，可以象探照灯那样在目标方向上从扬声器阵列定向地发出声波，且该发射方向可以改变。因此，诸如可以将诸如声音动感的特殊效果给予收听者。

(4)附图说明

25 图 1 为示出本发明的一个实施例的声音空间的图；

图 2A 和 2B 为示出本发明的一个实施例的声音空间的图；

图 3 为示出根据本发明的一个实施例的示例声音空间的图；

图 4A 和 4B 为根据本发明的一个实施例的波阵面合成的模拟图；

图 5A 和 5B 为示出根据本发明的一个实施例的波阵面的图；

图 6 为示出根据本发明的一个实施例的声音空间的图；

图 7 为示出根据本发明的一个实施例的电路的示意图；

图 8 为根据本发明的一个实施例的再现装置的方框图；

5 图 9A-9C 为示出根据本发明的实施例的再现装置的操作的图；

图 10 为根据本发明的一个实施例的再现装置的方框图；

图 11 为根据本发明的一个实施例的再现装置的方框图；

图 12 示出一般的立体声再现的图。

(5) 具体实施方式

10 根据本发明的一个实施例，用波阵面合成产生虚拟声源，并控制该虚拟声源的位置以将声波作为平行平面波传播。

[1] 声场再现

参见图 1，闭合的表面 S 包围着一个具有任意形状的空间，且在该闭合的表面 S 中不包括声源。以下符号用于表示该闭合表面 S 的内部和外部

15 空间：

$p(r_i)$ ：内部空间中任意点 r_i 处的声压

$p(r_j)$ ：闭合的表面 S 上任意点 r_j 处的声压

ds ：包括点 r_j 的小区域

n ：在点 r_j 处到小区域 ds 的矢量法线 (vector normal)

20 $un(r_j)$ ：在点 r_j 处法线 n 的方向上的质点速度

ω ：音频信号的角频率

ρ ：空气密度

v ：音速 (=340m/s)

k ： ω/v

25 用以下基尔霍夫积分公式确定声压 $p(r_i)$ ：

$$p(r_i) = \oint \left(p(r_j) \frac{\partial G_{ij}}{\partial n} + j\omega \rho un(r_j) G_{ij} \right) ds \quad \cdots \text{公式 (1)}$$

其中
$$G_{ij} = \frac{\exp(-jk|ri - rj|)}{4\pi|ri - rj|}$$

公式(1)指闭合表面S上点 r_j 处声压 $p(r_j)$ 和在点 r_j 处法线矢量方向上的质点速度 $u_n(r_j)$ 的合适的控制允许在闭合表面S的内部空间中再现声场。

- 5 例如, 声源SS在图2A的左边部分中示出, 而围绕具有半径R的球面空间的闭合表面SR(由虚线表示)在图2A的右边部分示出。如上所述, 通过控制闭合表面SR上的声压和质点速度 $u_n(r_j)$, 可以不用声源SS而再现由声源SS在闭合表面SR的内部空间内产生的声场。在声源SS的位置处产生虚拟声源VSS。因此, 合适地控制了闭合表面SR上的声压和质点速度,
- 10 从而允许收听者在闭合表面SR内感觉到声音, 就好象虚拟声源VSS处于声源SS的位置。

当闭合表面SR的半径无穷大时, 定义了一个平面表面SSR而不是闭合表面SR, 如图2A中的实线所示。又, 通过控制平面表面SSR上的声压和质点速度, 可以不用声源SS而再现由声源SS在闭合表面SR的内部空间中所

15 产生的声场、或在平面表面SSR右边区域内所产生的声场。在此情况下, 也在声源SS的位置处产生虚拟声源VSS。

因此, 对平面表面SSR上所有点处的声压和质点速度的合适的控制允许将虚拟声源VSS放置在平面表面SSR的左边, 并允许将一声场放置在右边。该声场可以是收听区域。

- 20 实际上, 如图2B中所示, 平面表面SSR的宽度是有限的, 并控制了平面表面SSR上有限的点CP1-CP_x处的声压和质点速度。在以下说明中, 将平面表面SSR上声压和质点速度受控制的点CP1-CP_x称为“控制点”。

[2] 控制点CP1-CP_x处的声压和质点速度的控制

- 为了控制控制点CP1-CP_x处的声压和质点速度, 如图3中所示, 执行
- 25 以下过程:

(A) 相对于平面表面SSR将多个m扬声器SP1-SP_m放置在靠近声源, 例如, 平行于平面表面SSR。扬声器阵列是扬声器SP1-SP_m的集合。

(B) 控制提供给扬声器 SP1-SPm 的音频信号以控制在控制点 CP1-CPx 处的声压和质点速度。

这样，用波阵面合成再现从扬声器 SP1-SPm 输出的声波，好象该声波是从虚拟声源 VSS 输出，以产生所希望的声场。用波阵面合成再现从扬声器 SP1-SPm 输出的声波的位置处于平面表面 SSR 上。因此，在以下说明中，平面表面 SSR 被称为“波阵面合成表面”。

[3]波阵面合成的模拟

图 4A 和 4B 示出示例的基于计算机的波阵面合成的模拟。虽然以下讨论提供给扬声器 SP1-SPm 的音频信号的处理，用下列值进行模拟：

- 10 扬声器的数量 m: 16
- 扬声器之间的距离: 10cm
- 各扬声器的直径: 8cm Φ
- 控制点的位置: 向收听者离开各扬声器 10cm
- 控制点的数量: 116 (在线上以 1.3cm 的间隔相隔)
- 15 图 4A 中所示的虚拟声源的位置: 收听区域前面 1m
- 图 4B 中所示的虚拟声源的位置: 收听区域前面 3m
- 收听区的大小: 2.9m (深) $\times$ 4m (宽)

当用 w 表示以米 (m) 为单位的扬声器之间的距离，用 v 表示音速 (= 340m/s)，并用 fhi 表示以赫兹 (Hz) 为单位的再现的上限频率时，定义下列等式：

$$fhi = v / (2w)$$

因此，最好减小扬声器 SP1-SPm (m=16) 之间的距离 w。因此，扬声器 SP1-SPm 的直径越小越好。

当提供给扬声器 SP1-SPm 的音频信号是数字地处理的信号时，控制点 CP1-CPx 之间的距离最好不超过与采样频率相应的波长的 1/4-1/5，以抑制采样干扰。如上所述，在这些模拟中，提供了 8kHz 的采样频率，且控制点 CP1-CPx 之间的距离为 1.3cm。

在图 4A 和 4B 中，用波阵面合成再现从扬声器 SP1-SPm 输出的声波，

就好象它们是从虚拟声源 VSS 输出的，并在收听区域中显示清楚的波形。
即，合适地进行波阵面合成以产生目标虚拟声源 VSS 和声场。

- 在图 4A 中所示的模拟中，虚拟声源 VSS 的位置是收听区域前 1m，且虚拟声源 VSS 离波阵面合成表面 SSR 较近。因此波形的曲率小。另一方面，
5 在图 4B 中所示的模拟中，虚拟声源 VSS 的位置是收听区域前 3m，且虚拟声源 VSS 比图 4A 所示的离波阵面合成表面 SSR 更远。因此波形的曲率比图 4A 中所示的大。因此，因为虚拟声源 VSS 离波阵面合成表面 SSR 更远，声波变得更靠近平行平面波。

[4] 平行平面波声场

- 10 如图 5A 中所示，根据从扬声器 SP1—SPm 的输出用波阵面合成产生虚拟声源 VSS。虚拟声源 VSS 被设置在离扬声器 SP1—SPm 有限距离处（波阵面合成表面），并被设置在扬声器 SP1—SPm 的中心的声轴上。如从前面部分（部分[3]）中的波阵面合成的模拟中可以明显地看出的，通过波阵面合成所获得的声波（波形）SW 也具有无限曲率，且声波 SW 作为平行平面波沿
15 扬声器 SP1—SPm 的的声轴传播。

如图 5B 中所示，另一方面，当将虚拟声源 VSS 放置在离扬声器 SP1—SPm 无穷远处时，如果虚拟声源 VSS 的位置从扬声器 SP1—SPm 的中心声轴偏移，通过波阵面合成所获得的声波 SW 作为平行平面波传播，并将声波 SW 的传播方向与扬声器 SP1—SPm 的声轴之间所限定的角 θ 设置成 $\theta \neq 0$ 。

- 20 因为图 5A 和 5B 中所示的声波 SW 包括平行平面波，在由声波产生的整个声场中声波 SW 具有相同的声压，且不存在声压级的不同。因此，在整个声波 SW 的声场中音量级相等。

- 在以下说明中，角 θ 称为“偏转角”，其中，当声波 SW 的传播方向沿扬声器 SP1—SPm 的中心声轴时设定 $\theta = 0$ ，为左声道中的逆时针方向设置
25 $\theta > 0$ 。

[5] 波阵面合成算法

在图 6 中，使用下列符号：

$u(\omega)$ ：虚拟声源 VSS 的输出信号，即，原始音频信号

$H(\omega)$ ：与信号 $u(\omega)$ 卷积以实现合适的波阵面合成的传递函数

$C(\omega)$ ：从扬声器 $SP1-SPm$ 至控制点 $CP1-CPm$ 的传递函数

$q(\omega)$ ：用波阵面合成在控制点 $CP1-CPm$ 处实际再现的信号

通过将传递函数 $C(\omega)$ 和 $H(\omega)$ 与原始音频信号 $u(\omega)$ 卷积来确

5 定再现的音频信号 $q(\omega)$ ，并由下列等式给出：

$$q(\omega) = C(\omega) \cdot H(\omega) \cdot u(\omega)$$

通过确定从扬声器 $SP1-SPm$ 至控制点 $CP1-CPx$ 的传递函数来定义传递函数 $C(\omega)$ 。

通过传递函数 $H(\omega)$ 的控制，根据再现的音频信号 $q(\omega)$ 执行合适
10 的波阵面合成，并产生图 5A 和 5B 中所示的平行平面波形。

[6] 合成电路

用于根据前面部分（部分[5]）中所述的波阵面合成算法将原始音频信号 $u(\omega)$ 转换或合成为再现的音频信号 $q(\omega)$ 的合成电路可具有图 7 中所示的示例结构。为扬声器 $SP1-SPm$ 中的每一个提供了此合成电路，并提
15 供了合成电路 $CF1-CFm$ 。

在各合成电路 $CF1-CFm$ 中，通过输入端 11 将原始数字音频信号 $u(\omega)$ 依次提供给数字滤波器 12 和 13 以产生再现的音频信号 $q(\omega)$ ，并通过输出端 14 将该信号 $q(\omega)$ 提供给扬声器 $SP1-SPm$ 中的相应扬声器。合成电路 $CF1-CFm$ 可以是数字信号处理器（DSP）。

20 因此，根据扬声器 $SP1-SPm$ 的输出产生虚拟声源 VSS。可以通过将滤波器 12 和 13 的传递函数 $C(\omega)$ 和 $H(\omega)$ 设置至预定值来改变虚拟声源 VSS 的位置，例如可以将虚拟声源 VSS 放置在离扬声器 $SP1-SPm$ 无穷远处。如图 5A 或 5B 所示，可以通过改变滤波器 12 和 13 的传递函数 $C(\omega)$ 和 $H(\omega)$ 来改变偏转角 θ 。

25 [7] 第一实施例

图 8 示出根据本发明的第一实施例的再现装置。该再现装置根据在前面部分（部分[1]—[6]）中所述的过程产生虚拟声源 VSS，并将虚拟声源 VSS 设置在离波阵面合成表面 SSR 无穷远处，使从虚拟声源 VSS 输出的声波

作为平行平面波传播且偏转角 θ 是可变的。

在图 8 中, m 个扬声器 SP1-SP m 的数量为 24 ($m=24$)。例如, 如图 3 所示, 扬声器 SP1-SP m 被平行地放置在收听者前面以产生一个扬声器阵列。

5 从信号源 SC 获取数字音频信号 $u(\omega)$ 。将信号 $u(\omega)$ 提供给图 7 中所示的合成电路 CF1-CF24 并转换成与再现的音频信号 $q(\omega)$ 相应的再现的音频信号 q_1-q_{24} 。将信号 q_1-q_{24} 提供给数字-模拟 (D/A) 转换器电路 DA1-DA24, 并转换成模拟音频信号。通过功率放大器 PA1-PA24 将该模拟信号提供给扬声器 SP1-SP24。

10 再现装置还包括用作用于将虚拟声源 VSS 的位置设置在无穷远处并改变偏转角 θ 的控制电路的微型计算机 21。微型计算机 21 具有用于设置偏转角 θ 的数据 D_θ 。可以将该偏转角 θ 以 5° 的幅度例如从 $+90^\circ$ 变成 -90° 。因此, 微型计算机 21 包括与信号 q_1-q_{24} 的个数即 24 和能设置的偏转角 θ 的个数即 37 相应的 24×37 数据集 D_θ , 并通过操作操作开关 22 来选择这
15 些数据集 D_θ 中的一个。

将选择的数据集 D_θ 提供给各合成电路 CF1-CF24 中的数字滤波器 12 和 13, 并控制数字滤波器 12 和 13 的传递函数 $H(\omega)$ 和 $C(\omega)$ 。

通过此结构, 合成电路 CF1-CF24 将从信号源 SC 输出的数字音频信号 $u(\omega)$ 转换成信号 q_1-q_{24} , 并将信号 q_1-q_{24} 经数模转换后的音频信号提
20 供给扬声器 SP1-SP24。因此, 如图 9A 和 9B, 从扬声器 SP1-SP12 将与音频信号 $u(\omega)$ 相应的声波 SWL 作为平行平面波输出。

当操作操作开关 22 来改变在合成电路 CF1-CF24 中所设置的数据 D_θ 时, 如图 9A-9C 所示, 根据该数据 D_θ 改变声波 SW 的偏转角 θ 即声波 SW 的传播方向。因此, 通过操作操作开关 22, 可以象探照灯那样在目标方向
25 上从虚拟声源 VSS 定向地发出声波 SW。此发射方向可以改变, 从而将诸如声音动感的特殊效果给与收听者。

[8] 第二实施例

图 10 示出本发明的第二实施例的再现装置。在第二实施例中, 处理多

个音频信号即双声道立体声音频信号 L 和 R。

如在前面部分（部分[7]）中所描述的第一实施例中，m 个扬声器 SP1-SPm 的个数为 24（m=24）且例如扬声器 SP1-SP24 被以图 3 中所示的方式平行地放置在收听者前面以产生一个扬声器阵列。

5 从信号源 SC 获取左右声道数字音频信号 $u_L(\omega)$ 和 $u_R(\omega)$ 。将信号 $u_L(\omega)$ 提供给合成电路 CF1-CF24 并转换成与再现的音频信号 $q(\omega)$ 相应的再现的音频信号 q_1-q_{24} 。将信号 q_1-q_{24} 提供给加法电路 AC1-AC24。

将信号 $u_R(\omega)$ 提供给合成电路 WF25-WF48 以产生与再现的音频信号 $q(\omega)$ 相应的再现的音频信号 $q_{25}-q_{48}$ ，并将信号 $q_{25}-q_{48}$ 提供给加法电
10 路 AC1-AC24。加法电路 AC1-AC24 输出信号 q_1-q_{24} 与 $q_{25}-q_{48}$ 相加的信号 S1-S24。相加的信号 S1-S24 由下列等式给出：

$$S1=q1+q25$$

$$S2=q2+q26$$

...

15 $S24=q24+q48$

将相加的信号 S1-S24 提供给 D/A 转换器电路 DA1-DA24，并转换成模拟音频信号。将模拟信号通过功率放大器 PA1-PA24 提供给扬声器 SP1-SP24。

微型计算机 21 包括 48×37 数据集 D_θ 用于定义与信号 q_1-q_{48} 的个数
20 即 48 和能设置的偏转角 θ 的个数即 37 相应的偏转角。操作操作开关 22 选择这些数据集 D_θ 中的一个，且所选择的数据集 D_θ 作为传递函数 $H(\omega)$ 和 $C(\omega)$ 的控制数据提供给合成电路 CF1-CF48。

采用此结构，因为相加的信号 S1-S24 是左声道中的再现的音频信号 q_1-q_{24} 与右声道中的再现的音频信号 $q_{48}-q_{25}$ 相加的信号，左声道声波 SWL
25 和右声道声波 SWR 被线性相加并从扬声器 SP1-SP24 输出。

设置偏转角 θ 的数据 D_θ ，以将声波 SWL 的虚拟声源移向扬声器 SP1-SP24 的中心声轴的左边，并将声波 SWR 的虚拟声源移向扬声器 SP1-SP24 的中心声轴的右边，从而在立体声系统中再现声波 SWL 和 SWR。

当操作操作开关 22 来选择数据 $D\theta$ 时, 声波 SWL 和 SWR 的偏转角 θ 同时改变相同的角度, 且声波 SWL 和 SWR 的传播方向也改变, 同时它们仍相互平行。因此, 根据第二实施例的再现装置也可以象探照灯那样在目标方向上定向地发出声波 SWL 和 SWR, 并且也可以改变发出方向。

5 [9] 第三实施例

图 11 示出根据本发明的第三实施例的再现装置。此再现装置通过控制从各扬声器 SP1-SP24 输出的声波的时间和相位实现简化的结构。

在第三实施例中, 例如, 也将扬声器 SP1-SPm 以图 3 所示的方式水平地放置在收听者前方以产生一个扬声器阵列。从信号源 SC 获取数字音频信号 10 号并将其提供给延迟电路 DL1-DLm 以将该信号延迟预定时间 $\tau_1 - \tau_m$ 。通过 D/A 转换器电路 DA1-DAm 将延迟的音频信号转换成模拟音频信号, 并通过功率放大器 PA1-PAm 提供给扬声器 SP1-SPm。下面讨论延迟电路 DL1-DLm 的延迟时间 $\tau_1 - \tau_m$ 。

因此, 在任何地方, 可合成从扬声器 SP1-SPm 输出的声波并确定合成 15 波的声压。在图 11 中, 在由扬声器 SP1-SPm 产生的声场中, 预定点 P_{tg} 是收听来自声源 SC 的声音并且比其它任何点更增强声音的点。当用 $L_1 - L_m$ 表示从扬声器 SP1-SPm 到声音增强点 P_{tg} 的距离并用 v 表示音速时, 由下列等式给出延迟电路 DL1-DLm 的延迟时间 $\tau_1 - \tau_m$:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= (L_m - L_1) / v \\ 20 \quad \tau_2 &= (L_m - L_2) / v \\ \tau_3 &= (L_m - L_3) / v \\ &\dots \\ \tau_m &= (L_m - L_m) / v \end{aligned}$$

当将从信号源 SC 输出的音频信号转换成从扬声器 SP1-SPm 输出的声波 25 时, 这些声波被延迟了由上述等式所给出的延迟时间 $\tau_1 - \tau_m$ 并输出。因此, 这些声波在同一时间到达声音增强点 P_{tg} , 且在声音增强点 P_{tg} 处的声压比任何其它点高。

即, 在增强点 P_{tg} 产生从扬声器 SP1-SPm 输出的声波的同相波阵面,

且通过合成这些声波所获取的声波具有中心是声音增强点 P_{tg} 的定向性。

通过操作操作开关 22 声音增强点 P_{tg} 的位置移动，利用微型计算机 21 改变延迟时间 $\tau_1 - \tau_m$ 。因此，来自扬声器 $SP_1 - SP_m$ 的声波可以象探照灯那样在目标方向上定向地发出声波，并且也可以改变该发出方向。

5 [10] 其它实施例

虽然将该多个 m 个扬声器 $SP_1 - SP_m$ 水平地设置成一条线以产生扬声器阵列，扬声器阵列也可以是在垂直平面上设置成具有多行 $\times$ 多列的矩阵的扬声器的集合。可以将扬声器 $SP_1 - SP_m$ 放置成十字形或倒 T 形结构。由于听觉灵敏度或识别性能在水平方向上高而在垂直方向上低的听觉特性，可以
10 以减少垂直放置的扬声器的个数。

虽然扬声器 $SP_1 - SP_m$ 和波阵面合成表面 SSR 相互平行，但它们不一定要相互平行。可以不将扬声器 $SP_1 - SP_m$ 放置在一条线或平面中。当扬声器 $SP_1 - SP_m$ 与音响和视觉 (AV) 系统等集成时，可以将扬声器 $SP_1 - SP_m$ 以框架形结构放置在显示器的左、右、顶和底，或以 U 形或倒 U 形结构放置在显
15 示器的左、右、顶和底。

虽然通过操作操作开关 22 将偏转角 θ 以 5° 的幅度改变，偏转角 θ 也可以根据由收听者操作的电位计的输出顺次改变，或随着目标收听者移动而自动变化。本发明的一个实施例也可以应用于后扬声器或侧扬声器，或应用于适用在垂直方向上输出声波的扬声器系统。可以将本发明的一个实
20 施例与通用的双声道立体声系统或 5.1 声道的音响系统组合。

本领域的技术人员应理解根据设计要求和其它因素可以有各种修改、组合、子组合和变型，只要它们在所附权利要求或其等效物的范围内。

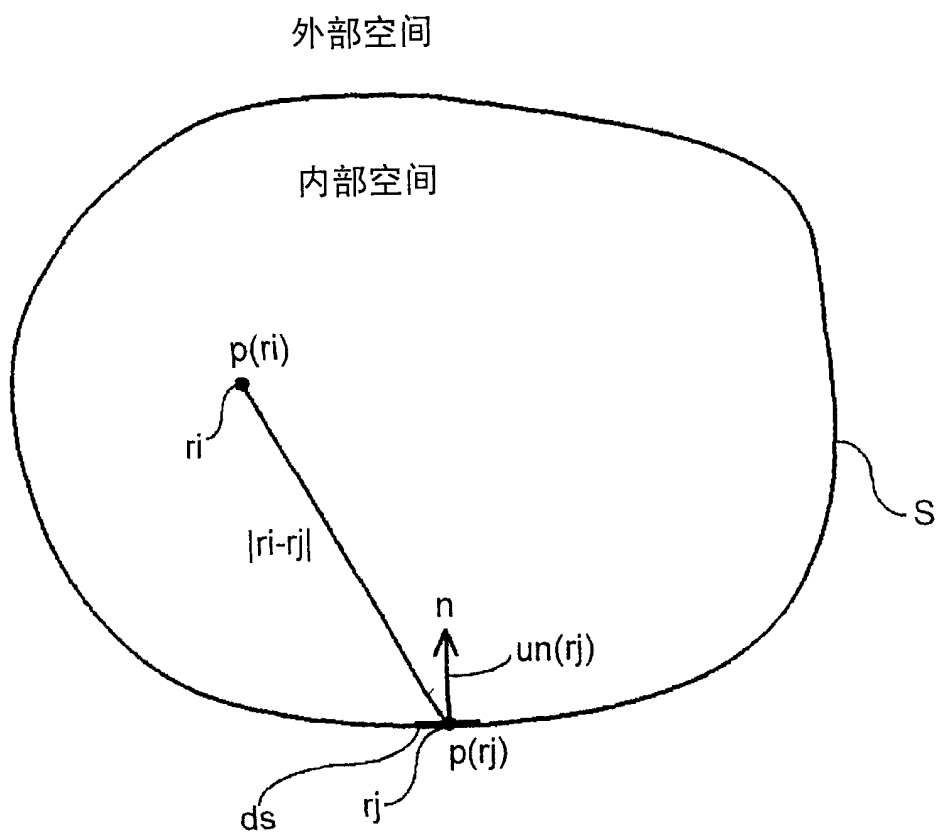


图 1

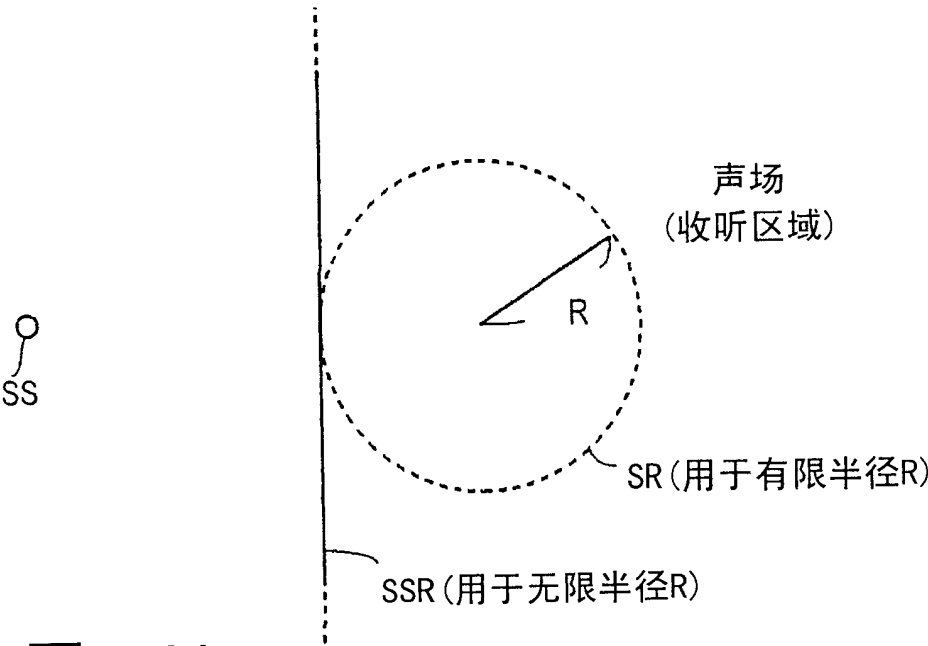


图 2A

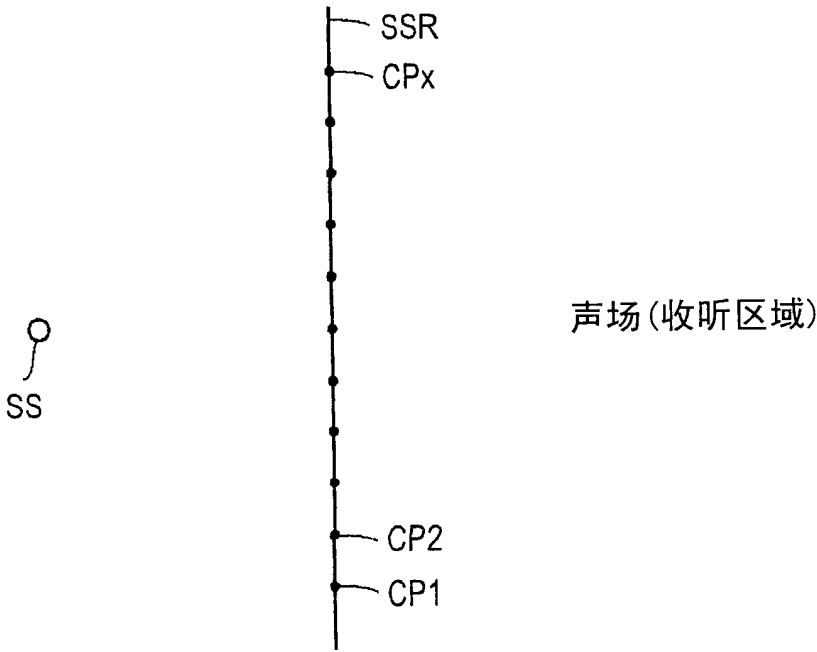


图 2B

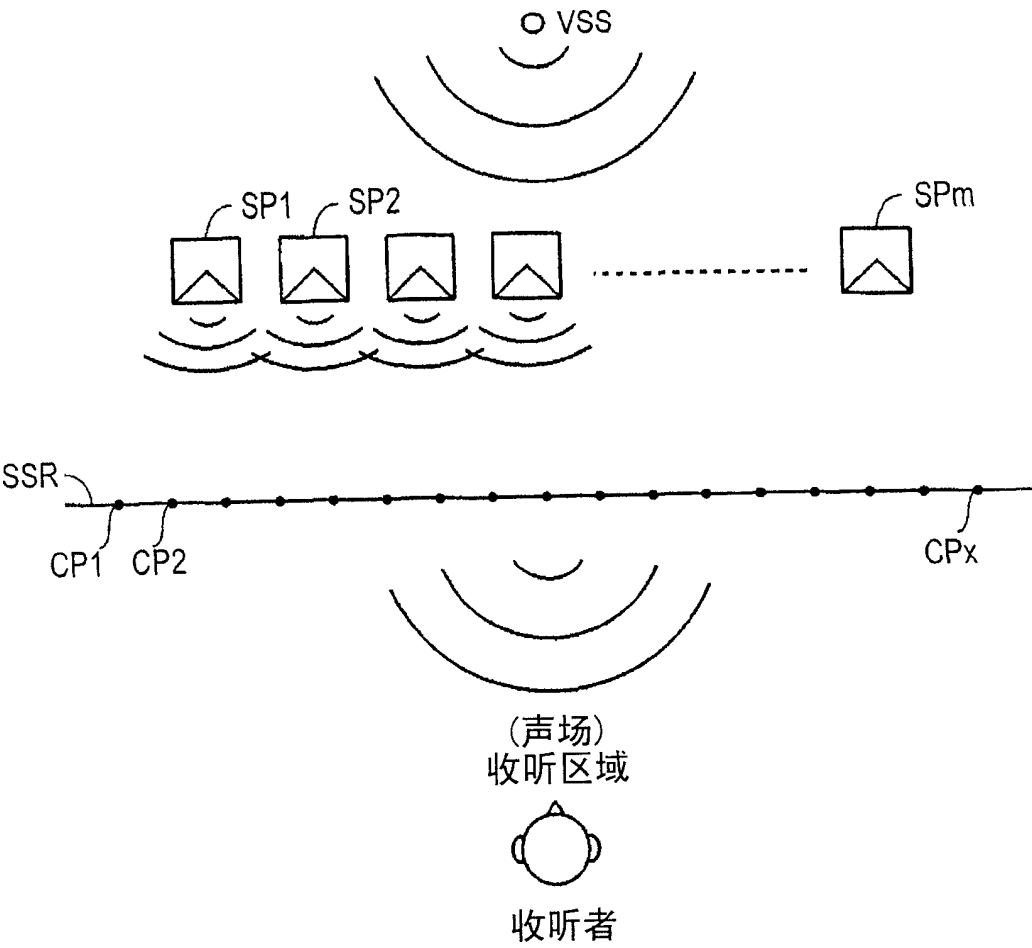


图 3

○ 虚拟声源

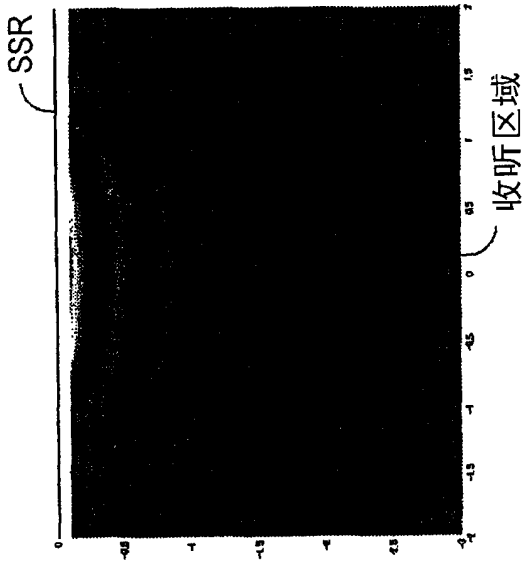


图 4B

○ 虚拟声源

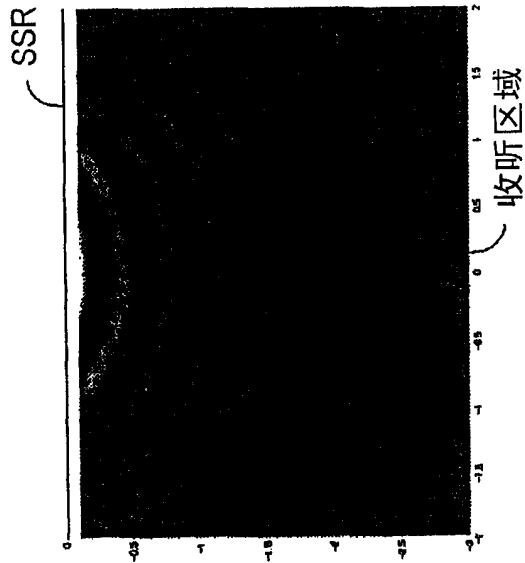


图 4A

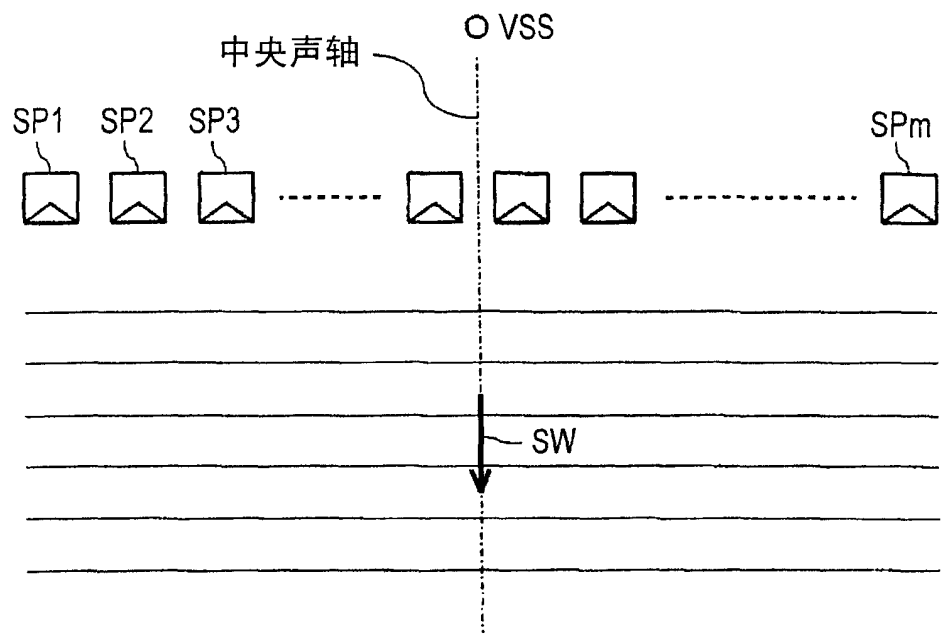


图 5A

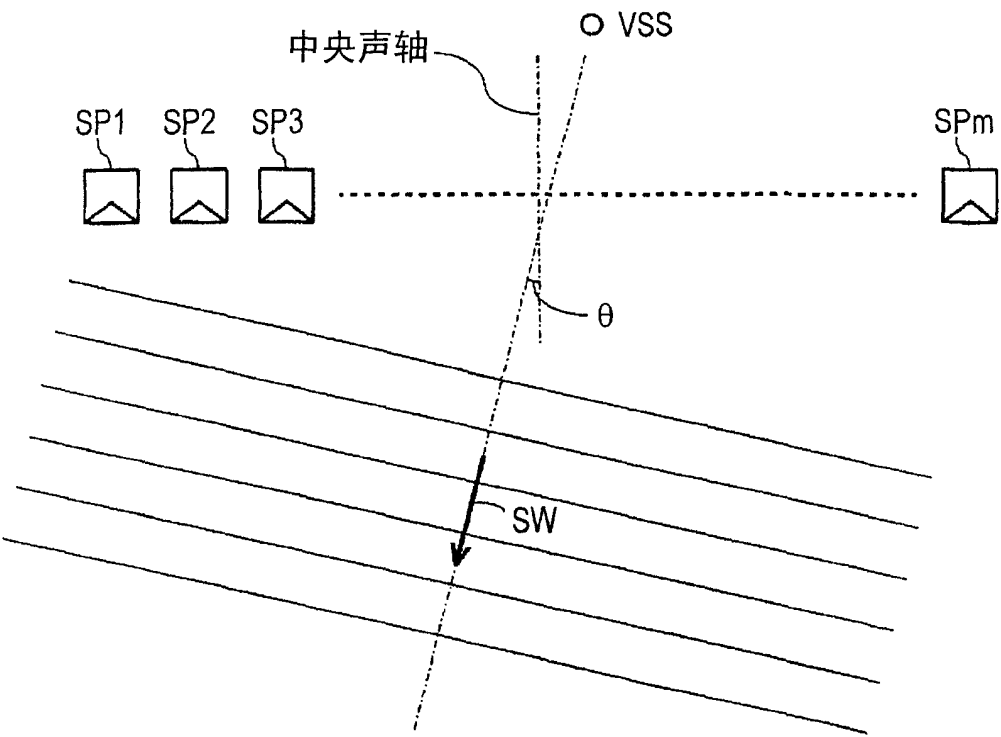


图 5B

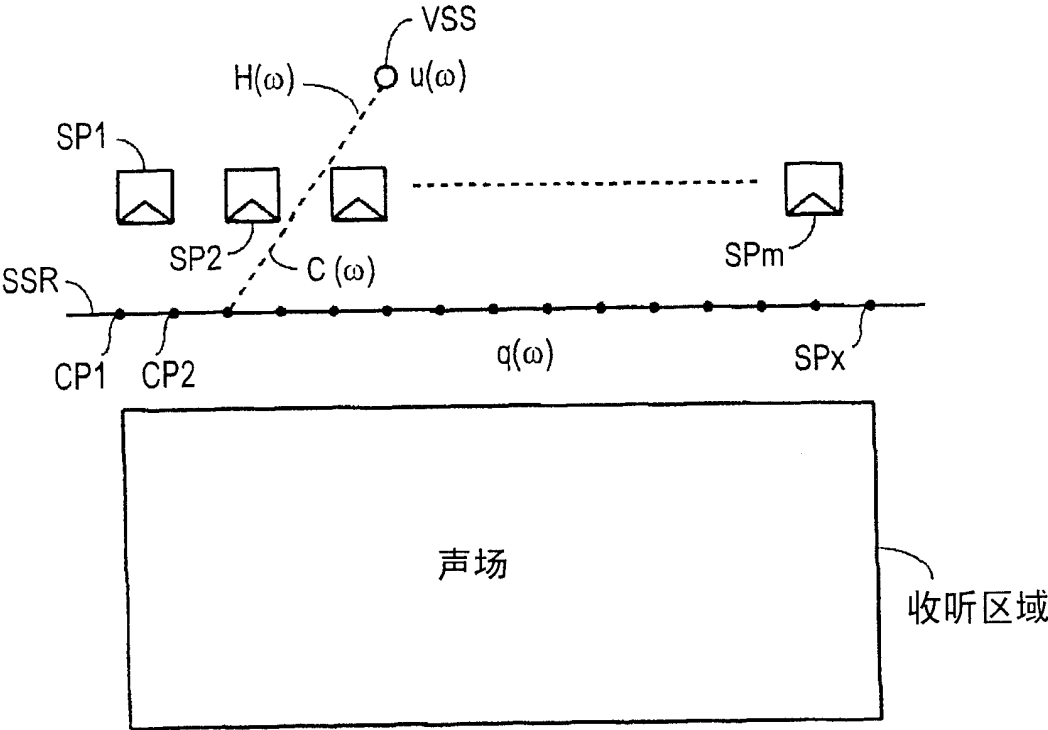


图 6

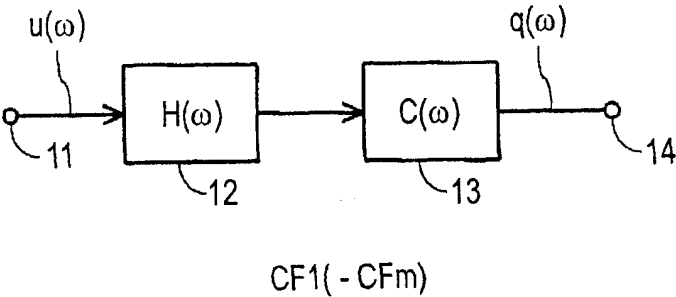


图 7

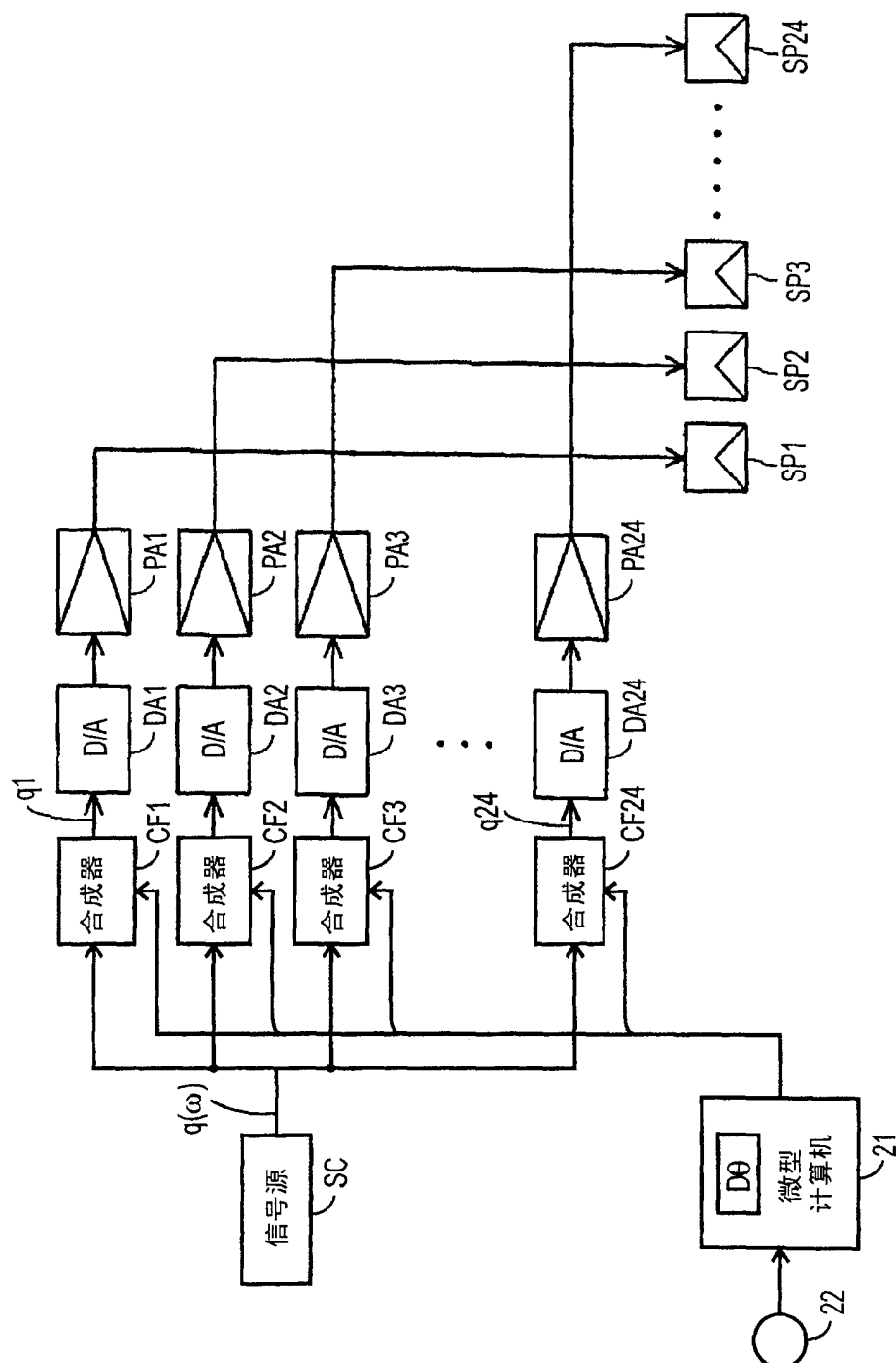


图 8

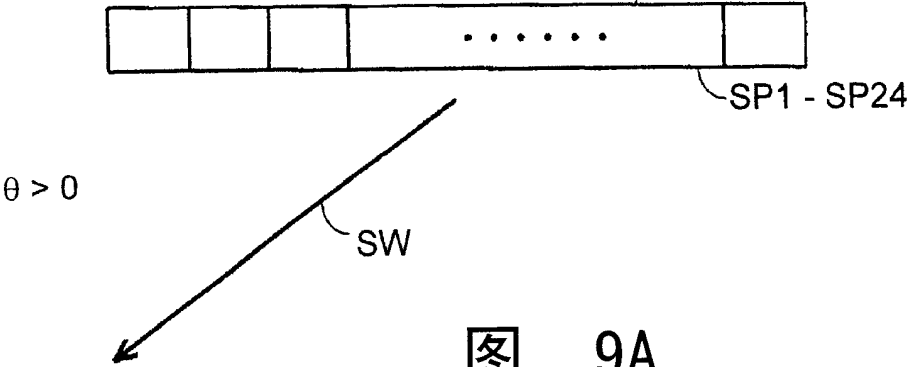


图 9A

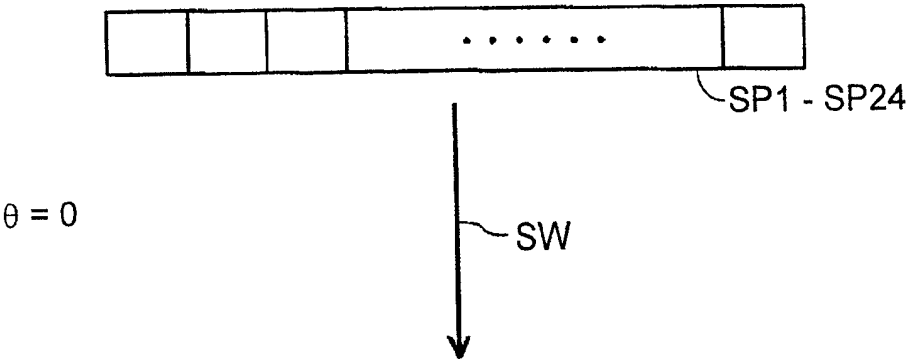


图 9B

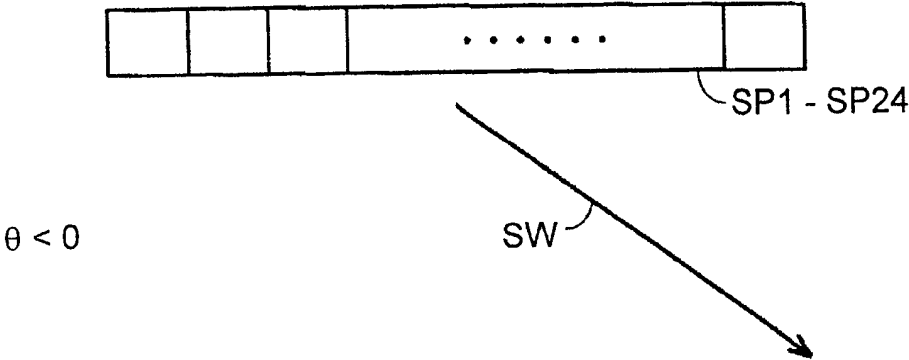


图 9C

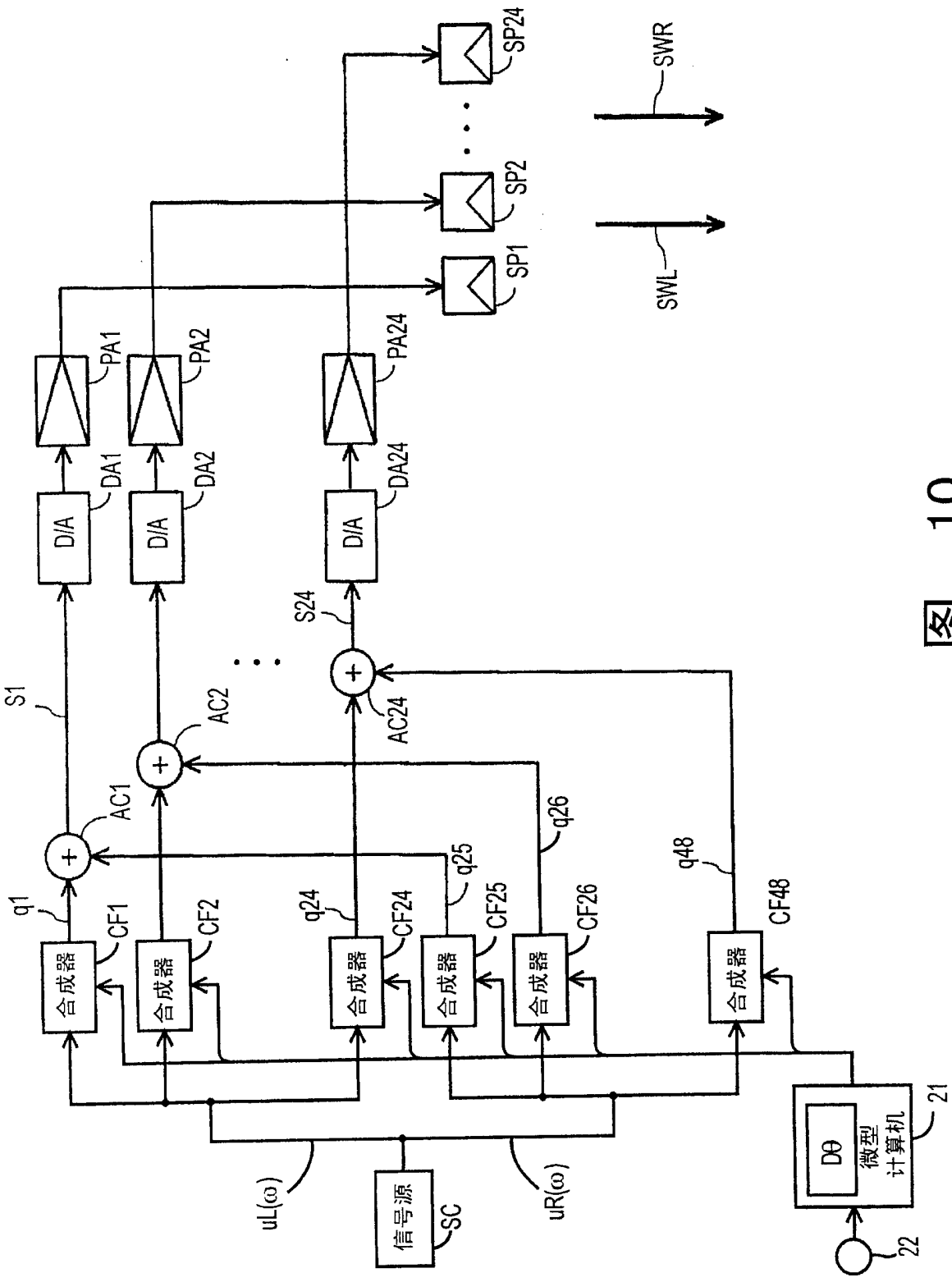
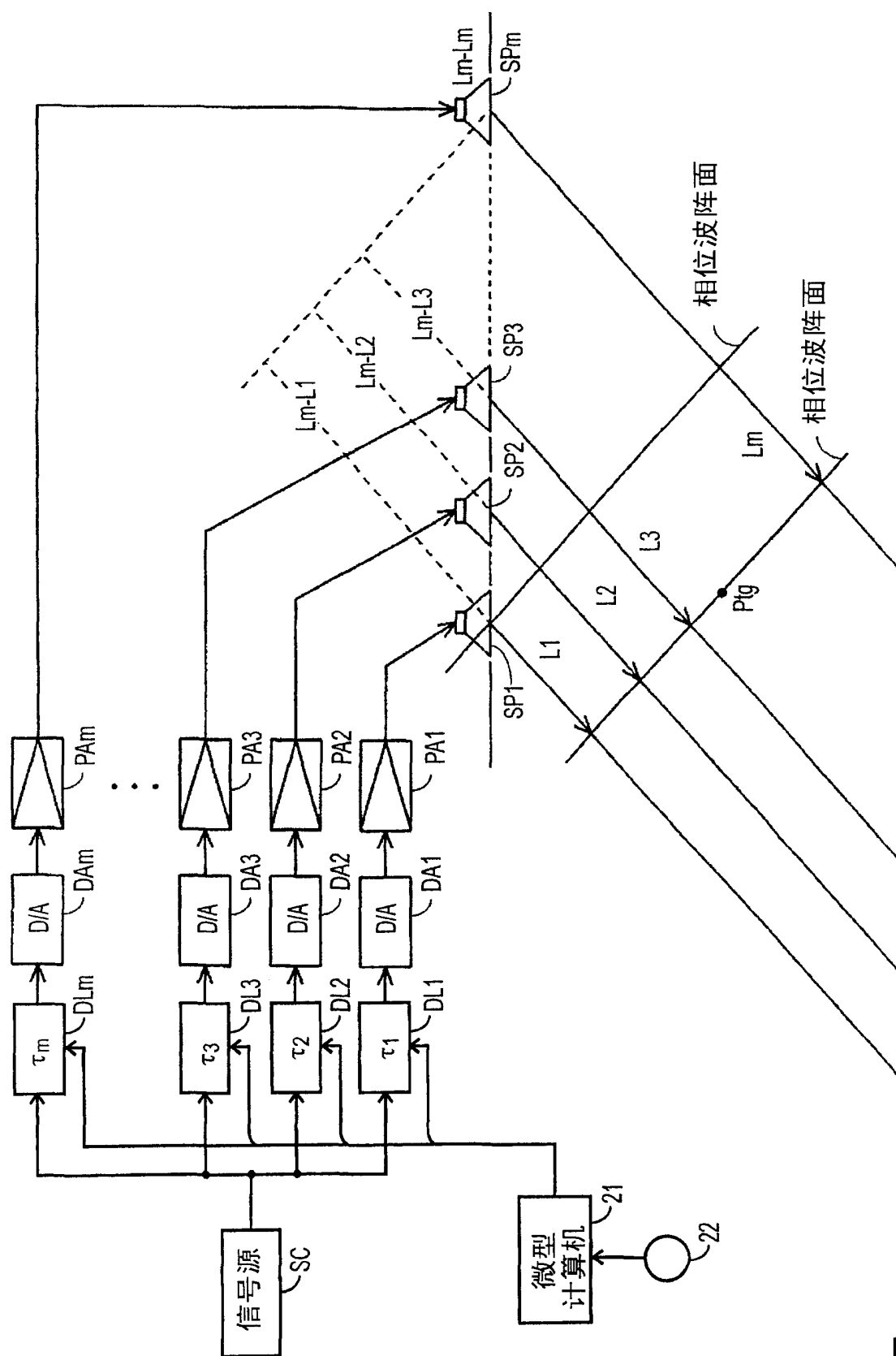


图 10

二
[XIII]

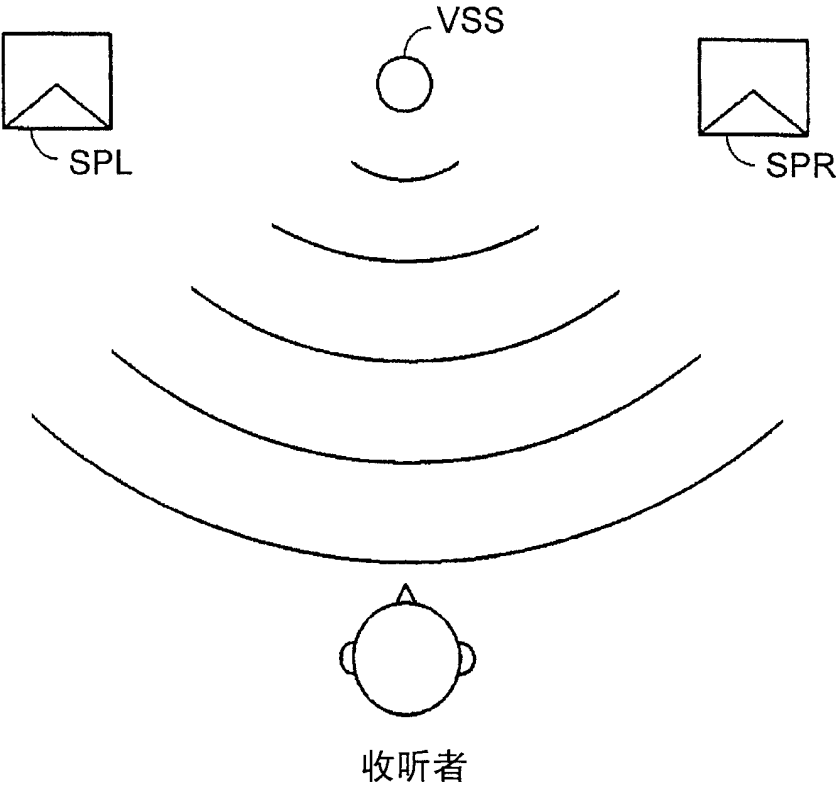


图 12