

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610082043.4

[51] Int. Cl.

H03B 28/00 (2006.01)

H04R 29/00 (2006.01)

H04R 3/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 10 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100550602C

[22] 申请日 2006.4.20

[21] 申请号 200610082043.4

[30] 优先权

[32] 2005.4.20 [33] JP [31] 2005-121941

[73] 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 浅田宏平

[56] 参考文献

CN1671253A 2005.9.21

GB2239140A 1991.6.19

US4215614A 1980.8.5

CN1339933A 2002.3.13

审查员 苏珊珊

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王 岳 梁 永

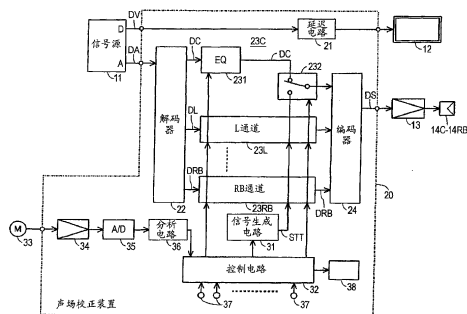
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 11 页

[54] 发明名称

生成测试蜂音信号的方法以及测试蜂音信号生成电路

[57] 摘要

一种生成测试蜂音信号的方法，包括步骤：生成是具有预定频率的正弦信号的基音信号；生成具有为预定频率的整数倍的不同频率的第一组谐音信号；生成具有为预定频率的整数倍的不同频率的第二组谐音信号，至少部分第二组谐音信号具有不同于第一组谐音信号的频率的频率；将基音信号和第一组谐音信号加起来以产生第一测试蜂音信号；将基音信号和第二组谐音信号加起来以产生第二测试蜂音信号；以预定的时间间隔输出第一和第二测试蜂音信号。



1、一种测试蜂音信号生成电路，包括：

基音发生器，配置成产生基音信号，该信号是具有预定频率的正弦信号；

谐波发生器，配置成产生多个谐波信号，该信号具有预定频率的整数倍的不同频率；

加法器，配置成将基音信号和第一组谐波信号加起来以产生第一测试蜂音信号，将基音信号和第二组谐波信号加起来以产生第二测试蜂音信号；

控制器，配置成控制谐波发生器以便产生所述第一组谐波信号和所述第二组谐波信号，所述第二组谐波信号中至少一部分具有不同于所述第一组谐波信号的频率的频率，

其中该控制器在预定时间间隔输出第一和第二测试蜂音信号；以及

判断装置，用于判断所述测试蜂音信号的最高 S/N 比是否高于预定值 VREF，如果最高 S/N 比 > VREF，则确定被检查的扬声器被连接，而如果最高 S/N 比 ≤ VREF，则确定被检查的扬声器没有被连接。

2、根据权利要求 1 所述的测试蜂音信号生成电路，

其中所述基音发生器包括：

存储对应于正弦信号的一个周期的数字数据的存储器，以及

读取部分，读出存储器的每个第 m 位地址的数字数据并且重复该读出 m 次以产生具有预定频率的基音信号，该“m”表示自然数，以及

其中，该谐波发生器提取每 p 个样本的基音信号并且重复该提取 p 次以产生具有高于预定频率 p 倍的频率的谐波信号，该“p”表示大于或等于 2 的整数。

3、根据权利要求 2 所述的测试蜂音信号生成电路，其中每个预定时间间隔具有等于存储在存储器中的正弦信号的两个周期的长度。

4、一种生成测试蜂音信号的方法，该方法包括步骤：

生成具有预定频率的正弦信号的基音信号；

生成具有为预定频率的整数倍的不同频率的第一组谐波信号；

生成具有为预定频率的整数倍的不同频率的第二组谐波信号，至少部分第二组谐波信号具有不同于第一组谐波信号的频率的频率；

将基音信号和第一组谐波信号加起来以产生第一测试蜂音信号；

将基音信号和第二组谐波信号加起来以产生第二测试蜂音信号;

以预定时间间隔输出第一和第二测试蜂音信号; 以及

判断所述测试蜂音信号的最高 S/N 比是否高于预定值 V_{REF} , 如果最高 S/N 比 $> V_{REF}$, 则确定被检查的扬声器被连接, 而如果最高 S/N 比 $\leq V_{REF}$, 则确定被检查的扬声器没有被连接。

5、根据权利要求 4 所述的生成测试蜂音信号的方法,

其中通过提取对应于每 m 个样本的正弦信号的一个周期的数字数据并且重复该提取 m 次而生成基音信号, 该 “ m ” 表示自然数, 以及

其中通过提取每 p 个样本的基音信号并且重复该提取 p 次而生成每一个谐波信号, 该 “ p ” 表示大于或等于 2 的整数。

生成测试蜂音信号的方法以及测试蜂音信号生成电路

相关申请的交叉引用

本发明包含与 2005 年 4 月 20 日在日本专利厅申请的日本专利申请 JP2005-121941 相关的主题，其全部内容在此被引作参考。

技术领域

本发明涉及生成测试蜂音信号的方法以及测试蜂音信号生成电路。

背景技术

在音频重放中，由于已经开发出数字音频技术以及音频视频（AV）装置，音频重放系统已经从 2 通道立体音响系统发展到 5.1 通道音频、7.1 通道音频以及多于 7.1 通道音频系统。但是，在这样的多通道音频系统中，用户很难适当地以及人工地设定在通道之间的声音平衡、频率特征以及其他。

在这种情况下，假定了能够自动地设定声音平衡、频率特征以及其他的声场校正装置。该声场校正装置为多通道的扬声器提供测试蜂音信号，利用麦克风从扬声器中拾取重放声音，以及校正该通道的特征以便适当地设定该重放声音的声音平衡、频率特征以及其他。

但是，为了进行该声场校正，必须首先检查该扬声器的连接。这是因为用户无法获取用于某个状态的声场校正的信息，在该状态，即使测试蜂音信号被输出，扬声器也没有连接到设备。

此外，例如，由于扬声器等的配置，能够重放 7.1 通道音频信号的重放设备能够被用作用于 5.1 通道音频信号的重放设备。相应地，需要检查在多通道重放设备中的未连接扬声器（未被使用的通道）的存在。

相关技术被揭露在诸如未审查的专利号为 2001-346299 的日本专利申请中。

发明内容

在上述的设定或检查中，粉红噪声通常被用作测试蜂音信号。但是，粉红噪声不是悦耳的因为粉红噪声作为噪声脉冲敲击用户的耳朵。此外，在每次重放设备被使用（被开启）时，这样的粉红噪声从扬声器输出是令人无法接受的。

在扬声器的连接的检查中, 希望没有给听者(用户)带来不舒服以及正确检查扬声器是否连接。

根据本发明的一个实施例, 一种生成测试蜂音信号的方法, 包括步骤: 生成是具有预定频率的正弦信号的基音信号; 生成第一组具有为预定频率的整数倍的不同频率的谐音信号; 生成第二组具有为预定频率的整数倍的不同频率的谐音信号, 至少一部分第二组谐音信号具有不同于第一组谐音信号的频率的频率; 将基音信号和第一组谐音信号加起来以产生第一测试蜂音信号; 将基音信号和第二组谐音信号加起来以产生第二测试蜂音信号; 在预定的时间间隔输出第一和第二测试蜂音信号。

根据本发明, 由于在扬声器是否被连接的检查中测试蜂音包括悦耳的音调, 因此测试蜂音不会使听者不舒服。此外, 由于测试蜂音包括多个谐音, 因此能够正确地检查扬声器是否被连接。

附图说明

图 1A 和 1B 是说明本发明的实施例的波形图;

图 2 是说明本发明的实施例的表格;

图 3 是说明本发明的实施例的表格;

图 4 包括显示说明本发明的实施例的频谱图;

图 5A 到 5D 是说明本发明的实施例的时序图;

图 6 是说明本发明的实施例的表格;

图 7A 和 7B 是显示说明本发明的实施例的频谱图;

图 8 是显示根据本发明的一个实施例的声场校正装置的结构图;

图 9 是显示图 8 中的声场校正装置的一部分的结构图;

图 10 是根据本发明的一个实施例显示图 8 中的声场校正装置中的处理的流程图; 以及

图 11 是根据本发明的一个实施例显示图 8 中的声场校正装置中的另一个处理的流程图。

具体实施方式

正弦信号

如图 1A 所示, 假定将要被数模转换成正弦信号 S1 的一个周期的数字数据 DD 被存储在存储器中。在这种情况下, 该数字数据 DD 通过在 N 个样本中取

样正弦信号 S1 的一个周期而给定。因此，N 个样本形成了一个周期。

仍然假定以下等式满足：

$$N=2^n \quad (1)$$

其中，n 表示自然数以及^表示幂（“ 2^n ”表示 2 的 n 阶幂）。在这个例子中，例如， $n=12$ ，因此， $N=4096$ 。

进一步假定数字数据 DD 的样本以升序写入到存储器的“0”地址到“4095”地址以及数字数据 DD 在数字音频中具有普通格式。例如，数字数据 DD 具有 16 数量化比特数并且是 2 的补码。

进一步假定当数字数据 DD 被从存储器中读出时，“fs”表示时钟频率，“f1”表示正弦信号 S1 的频率（ $f1=fs/N$ ），同时“TN”表示正弦信号 S1 的一个周期（ $TN=1/f1$ ）。

如果 $fs=48[kHz]$ ，

$$\begin{aligned} f1 &= fs/N \\ &= 48000/4096 \\ &\approx 11.72[Hz] \end{aligned} \quad (2)$$

因此，如图 1B 中 $m=1$ 中所示，当数字数据 DD 以时钟频率“fs”被从存储器中读出时，顺序地从存储器的地址中一个接一个地读出样本给出了在周期 TN 中具有 11.72Hz（= $f1$ ）的频率的正弦信号 S1 的一个周期。

如图 1B 中 $m=2$ 中所示，当数字数据 DD 从存储器中被读出时，每 2 个地址读出该样本并且重复该读出两次给出了在周期 TN 中具有 23.44Hz（= $2f1$ ）的频率的正弦信号 S2 的两个周期。

如图 1B 中 $m=3$ 中所示，当数字数据 DD 从存储器中被读出时，每 3 个地址读出样本并且重复该读出三次给出了在周期 TN 中具有 35.16Hz（= $3f1$ ）的频率的正弦信号 S3 的三个周期。

相同地应用于后续的情况。就是说，当数字数据 DD 从存储器中被读出时，每 m 个地址读出样本并且重复该读出 m 次给出了在周期 TN 中具有高于频率 f1 m 倍的频率（ $mf1$ ）的正弦信号 Sm 的 m 个周期。

因此，根据等式（2）下面的等式被满足：

$$\begin{aligned} fm &= f1 \times m \\ &= fs/N \times m \end{aligned} \quad (3)$$

其中,“ f_m ”表示在周期 T_N 中生成的正弦信号 S_m 的频率。

当正弦信号 S_m 的 m (m 是自然数) 个周期落在周期 T_N 中时,如上所述,依靠快速傅里叶变换 (FFT) 的正弦信号 S_m 的频率分析仅仅在正弦信号 S_m 的频率位置上产生振幅并且在其他的频率位置不产生振幅。因此,不必在频率分析中执行窗口函数以简化该分析。

由于在存储器中的样本数由等式 (1) 给出,这不可能引起存储器的浪费。此外,可能在一个周期中生成数字数据 DD ,例如通过在存储器中提供该数字数据 DD 的第一个 $1/4$ 周期;在第一个 $1/4$ 周期中以升序从存储器的地址读出该数字数据 DD 以及在第二个 $1/4$ 周期中以降序从存储器的地址读出该数字数据 DD ;以及在第三个 $1/4$ 周期中以升序从存储器的地址读出该数字数据 DD ,在第四个 $1/4$ 周期中以降序从存储器的地址读出该数字数据 DD ,以及转化该读出数据的符号 (极性)。结果,存储区域可以被节省。

假定 $N=4096$ 以及 $f_s=48\text{kHz}$,如上所述,当数值在下面的描述中被示出。

音阶

根据等式 (3),当 $m=18$ 到 37 时,正弦信号 S_m 的频率 f_m 的计算给出的值显示在图 2 的第二栏中。相应于音调名称的频率 f_m 的这些值以及平均乐律的频率显示在图 2 的第三栏中。在图 2 中的平均乐律的频率接近于与 445Hz 的频率有关的值。

例如,当 $m=20$ 时,正弦信号 S_{20} 的频率 f_{20} 等于 234.375Hz 。该频率 f_{20} 相应于具有音调名称 $A\#$ 的声音 (具有 235.896Hz 的平均乐律的频率的音调的声音)。通常,据说如果音调是大约 3 音分或者更低,则音调的差异无法辨别。

因此,改变值 m 给出了具有显示在图 2 的第三栏中的音调名称的声音。这意味着提供正弦信号 S_m 给扬声器并且变换正弦信号 S_m 的值 m ,允许通过使用具有显示在图 2 的第三栏中的音调名称 A 、 $A\#$ 、 B 、 $C\#$ 、 $D\#$ 、 F 、 $F\#$ 、 G 以及 $G\#$ 的声音而播放悦耳的音调 (音乐)。结果,提供正弦信号 S_m 给扬声器允许检查该扬声器的连接,以及顺序变换值 m 产生由从扬声器中输出的测试蜂音形成的悦耳的音调。

尽管没有示出,但值 m 可以设为以图 2 中值为幂上升的 2。在这种情况下,可以使用具有比具有图 2 中的音调名称的声音高八度音阶频率的声音。

谐音

$$\begin{aligned} f_{mp} &= f_m \times p \\ &= f_s / N \times m \times p \end{aligned} \quad (4)$$

其中“Smp”表示正弦信号的第 p 度的谐音信号以及“ f_{mp} ”表示谐音信号 Smp 的频率。如果 $p=1$ ，则 $f_{mp}=f_m$ 以及 $S_{mp}=S_m$ 。

第 p 度的谐音信号 Smp 也是基于从正弦信号 S_m 产生的基音的谐音信号。就是说，信号 S_m 是基音信号以及信号 Smp 是用于该基音信号的谐音信号。

当基音信号 S_m 与谐音信号 Smp 混合以生成声音时，如果基音信号 S_m 具有恒定的频率 f_m ，即使谐音信号 Smp 具有不同的频率 f_{mp} ，该重放的声音具有相同的音调但是具有不同的蜂音。

因此，提供通过混合基音信号 S_m 以及具有不同度 p 的多个谐音信号 Smp 而生成的混合信号给扬声器允许提供各种频率成分给扬声器。即使扬声器的频率特征有下降或者在空间中存在驻波，也能够正确检查扬声器是否被连接。

根据本发明的实施例，基音信号 S_m 与多路谐音信号 Smp 混合以生成测试蜂音信号 STT。

测试蜂音信号 STT 的频率成分

图 3 是显示包含在测试蜂音信号 STT 中的谐音信号 Smp 的例子的表格。在图 3 的例子中，一个基音信号 S_m 与 5 个谐音信号 Smp 混合。在图 3 的第一和第二列示出了由测试蜂音信号 STT 的基音信号 S_m 提供的声音的音调名称以及它们的值 m 。在图 3 中的第一和第二列中的音调名称和它们的值 m 相应于在图 2 中的第三和第一列中的音调名称和它们的值。

在第三列中的变量 k 示出了基音信号 S_m 和 5 个谐音信号 Smp 的组合数。在第四列中的变量 p 示出了谐音信号 Smp 与基音信号 S_m 混合的度。例如，用于变量 k 的音调名称 A# 具有 3 个值 1 到 3。同样如图 4 所示，如果 $k=1$ ，则基音信号 S20 ($m=20$) 与谐音信号 S2002、S2004、S2011、S2020 以及 S2033 ($p=2,4,11,20$ 以及 33) 混合以生成测试蜂音信号 STT。

如果 $k=2$ ，则基音信号 S20 ($m=20$) 与谐音信号 S2002、S2005、S2010、S2017 以及 S2034 ($p=2,5,10,17$ 以及 34) 混合以生成测试蜂音信号 STT。如果 $k=3$ ，则基音信号 S20 ($m=20$) 与谐音信号 S2002、S2007、S2008、S2019 以及 S2032 ($p=2,7,8,19$ 以及 32) 混合以生成测试蜂音信号 STT。

参见图 3，当用于相同的音调名称的组合 k 变化时，谐音信号 Smp 在 $p=2$

被固定,但是仅仅具有更高频率的 4 个谐音信号 S_{mp} (具有值不是 2 ($p \neq 2$)) 的谐音信号 S_{mp}) 在值 p 变化,以便不破坏声音的图像,该声音具有相同的音调名称但是具有谐音的不同组合 (不同的变量 k)。

音调名称 A# ($m=20$) 的 $k=1$ 中,在 $p=33$ 的谐音信号 S_{2033} 的频率 f_{2033} 根据等式 (4) 按如下计算:

$$\begin{aligned} f_{2033} &= 48000 / 4096 \times 20 \times 33 \\ &\approx 7734.4 [\text{Hz}] \end{aligned}$$

参照图 3,具有最高频率的谐音信号 S_{mp} 是音调名称 G# 在 $p=34$ 且 $k=2$ 时的谐音信号 S_{3634} ($m=36$)。谐音信号 S_{3634} 的频率 f_{3634} 根据等式 (4) 按如下计算:

$$\begin{aligned} f_{3634} &= 48000 / 4096 \times 36 \times 34 \\ &\approx 14343.8 [\text{Hz}] \end{aligned}$$

这意味着测试蜂音信号 STT 包含在声频频带中超过宽量程的频率成分。

在图 3 中,由于具有音调名称 A 和 B 的声音没有被使用,相应的谐音信号 S_{19p} 和 S_{21p} 的度 p 是空的。例如,由于相同的原因,音调名称 C# 在 $k=3$ 没有组合。相反地,如果对于具有音调名称 A# 的声音必须有更多的组合的话,组合数或者变量 k 可以被增加。

测试蜂音信号 STT 的输出格式

图 5A 示出了当测试蜂音信号 STT 被输出时的格式 (时序图)。测试蜂音信号 STT 在测试周期 TT 中被产生,测试周期 TT 包括准备周期 TR、检查周期 TC 以及再现周期 TE。

在准备周期 TR 中,将要在后续的检查周期 TC 中从扬声器输出的测试蜂音的音量被设定为合适的值。在检查周期 TC 中,每一个通道的扬声器的连接被真实地检查。再现周期 TE 被用于再现测试蜂音的终止以及不用于检查扬声器的连接。

准备周期 TR、检查周期 TC 以及再现周期 TE 的每个都包括 4 个单元周期 TU。每一个单元周期 TU 具有相应于图 1A 的两个周期 TN 的长度,如图 5B 所示。测试蜂音信号 STT 的频率成分在每一个单元周期 TU 变化。

测试蜂音信号 STT 通过混合基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 而产生,以及基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 在周期 TN 中的循环数是一个整数。因此,测试

蜂音信号 STT 的相位甚至在单元周期 TU 的周期 TN 之间的边界以及单元周期 TU 和后续的单元周期 TU 之间的边界上也是平稳变化的。

利用上述的数值,

$$\begin{aligned} TU &= TN \times 2 \\ &= 4096/48000 \times 2 \\ &\approx 171[\text{msec}] \end{aligned}$$

测试周期 TT 利用以下等式计算:

$$\begin{aligned} TT &= TR + TC + TE \\ &= TU \times 4 \times 3 \\ &= 2.048[\text{sec}] \end{aligned}$$

在测试蜂音信号在试验中被提供给扬声器之后, 具有相应于测试蜂音信号 STT 的频率成分的声音在试验中从扬声器输出。当从扬声器输出的声音在试验中被麦克风提取后, 该测试蜂音信号 STT 从该麦克风输出, 如图 5C 所示(从麦克风输出的测试蜂音信号 STT 在下文中称为“应答信号 STT”)。在这种情况下, 该应答信号 STT 由相应于在试验中的扬声器以及与提供给该扬声器的测试蜂音信号 STT (在图 5B 中) 相关的麦克风之间的间距的时间 Td 延迟。

因此, 如图 5D 所示, 用于从麦克风输出的应答信号 STT 的每一个单元周期 TU 的、在预定分析周期 TA 上的应答信号 STT 的频率分析可以检查在试验中的扬声器是否连接并且也检查相应的通道的频率特征等。

由于在从麦克风输出的应答信号 STT 的单元周期 TU 中的两个周期 TN 中相同的内容被重复两次, 如图 5C 所示, 因此有空间用于分析周期 TA 的时间位置。因此, 例如, 当应答信号 STT 从麦克风输出时, 应答信号 STT 的频率分析基于该输出的应答信号 STT 的出现而启动。在这种情况下, 不必严格考虑该提取的应答信号 STT 的延迟时间 Td。

由于测试蜂音信号 STT 依靠混合基音信号 Sm 和谐音信号 Smp 产生, 使得分析周期 TA 等于周期 TN, 导致在分析周期 TA 期间的应答信号 STT 的循环数为一整数。因此, 在频率分析中不必执行窗口函数, 从而简化该分析。

测试蜂音信号的内容

图 6 说明了音频通道以及包含在测试蜂音信号 STT 中的声音的音调名称之间的关系。图 6 说明了 7.1 通道重放。垂直的轴表示下列通道:

C: 中心通道

L: 左前通道 R: 右前通道

LS: 左环绕通道 RS: 右环绕通道

LB: 左后通道 RB: 右后通道

水平轴表示包括准备周期 TR、检查周期 TC 以及再现周期 TE 的测试周期 TT，准备周期 TR、检查周期 TC 以及再现周期 TE 中的每一个都包含 4 个单元周期 TU。用于检查扬声器的声音的音调名称显示在图 6 的每一个单元中。

例如，在准备周期 TR 的第一单元周期 TU 期间，测试蜂音信号 STT 包括具有音调名称 G# 的基音信号 S_m 并且被提供给中心通道 C 的扬声器。因此，在第一单元周期 TU 期间，音调名称 G# 的声音从中心通道 C 的扬声器输出。

在准备周期 TR 的第二单元周期 TU 期间，测试蜂音信号 STT 包括具有音调名称 F 和音调名称 G# 的基音信号 S_m 。包括具有音调名称 F 的基音信号 S_m 的测试蜂音信号 STT 被提供给左前通道 L 的扬声器以及包括具有音调名称 G# 的基音信号 S_m 的测试蜂音信号 STT 被提供给右前通道 R。因此，在第二单元周期 TU 期间，音调名称 F 的声音从左前通道 L 的扬声器输出以及音调名称 G# 的声音从右前通道 R 的扬声器输出。

在准备周期 TR 的第三单元周期 TU 期间，测试蜂音信号 STT 包含具有音调名称 C# 和音调名称 F 的基音信号 S_m 。包括具有音调名称 C# 的基音信号 S_m 的测试蜂音信号 STT 被提供给左环绕通道 LS 的扬声器以及包括具有音调名称 F 的基音信号 S_m 的测试蜂音信号 STT 被提供给右环绕通道 RS。因此，在第三单元周期 TU 期间，音调名称 C# 的声音从左环绕通道 LS 的扬声器输出以及音调名称 F 的声音从右环绕通道 RS 的扬声器输出。

包含具有相应的音调名称的基音信号 S_m 的测试蜂音信号 STT 以与上述相同的方式被提供给每一个通道。因此，音调名称的声音以如图 6 所示的方式从通道的扬声器输出。参见图 6，在空白单元中的单元周期 TU 没有信号（是静音的）。在紧接着测试周期 TT 之前的具有长度 TU 的周期 TM 期间，由于下述原因所有的通道都没有信号并且所有的通道都被静音。

包含在测试蜂音信号 STT 中的基音信号 S_m 的频率被改变以便在测试蜂音从扬声器输出时输出具有如图 6 所示的音调名称的声音。相反，显示基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 的组合数的变量 k 根据在图 6 中的圆括号中示出的数值而

变化。

特别地，在准备周期 TR 的第一单元周期 TU 期间，具有音调名称 G# 的测试蜂音信号 STT 被提供给中心通道 C，以及在第一单元周期 TU 期间的测试蜂音信号 STT 通过混合 $k=1$ 时的基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 而产生。

在准备周期 TR 的第二单元周期 TU 期间，具有音调名称 G# 的测试蜂音信号 STT 被提供给右前通道 R，以及在第二单元周期 TU 期间的测试蜂音信号 STT 依靠混合在 $k=2$ 时的基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 而产生。此外，在准备周期 TR 的第二单元周期 TU 期间，具有音调名称 F 的测试蜂音信号 STT 被提供给左前通道 L，以及在第二单元周期 TU 期间的测试蜂音信号 STT 依靠混合在 $k=1$ 时的基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 而产生。

类似地，当使用相同的音调名称时，特别是当具有相同音调名称的声音在连续的两个单元周期 TU 期间被使用时，如在准备周期 TR 的第一和第二单元周期 TU 中，显示基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 的组合数的变量 k 根据图 6 的圆括号中所示的数值变化。因此，例如，在准备周期 TR 的第一单元周期 TU 和第二单元周期 TU 期间，尽管相同音调名称 G# 的声音被输出，但在第一和第二单元周期 TU 期间输出的信号具有不同的频率成分和不同的蜂音。

甚至当在连续的两个单元周期 TU 期间使用相同音调名称的声音时，改变显示谐音信号 S_{mp} 的组合数的变量 k 允许该检查更正确地执行。换句话说，由于音频重放被执行的空间通常包含一定量的声学混响，因此在一个单元周期 TU 期间的声学混响有时保留下来直到在后续单元周期 TU 中的分析周期 TA (图 5D)。

但是，如上所述，在每一个单元周期 TU 改变显示组合数的变量 k ，允许在在前的单元周期 TU 期间声学混响在分析中被过滤，从而能够检查扬声器是否被连接而不受混响的影响，因此，该连接可以被正确地检查。

为了改变如图 6 所示的测试蜂音信号 STT 的成分，应当提供“音频列表”和“蜂音序列列表”。音频列表包括音调名称和变量 m 、 p 以及 k 之间的相应关系，如图 3 所示。蜂音序列列表包括通道、音调名称以及用于每一个单元周期 TU 的变量 k 之间的相应关系，如图 6 所示。

参见在测试蜂音信号 STT 的产生中的音频列表和蜂音序列列表以改变用于每一个通道和每一个单元周期 TU 的变量 m 、 p 以及 k ，允许测试蜂音以图 6 中

的方式被输出。

背景噪声以及确定扬声器连接的方法

如图 6 所示, 在紧接着测试周期 TT 之前具有单元周期 TU 长度的周期 TM 期间, 所有的通道都没有信号并被静音。该静音周期 TM 被提供以便避免在扬声器的连接的检查上的背景噪声的影响。

当从扬声器输出的测试蜂音被提取以及从测试蜂音的提取中产生的应答信号 STT 被分析以测量测试蜂音的每一个频率成分的电平时, 该分析结果(频率成分)包括背景噪声的频率成分。因此, 从测试蜂音的分析结果中确定扬声器的连接必须考虑背景噪声的频率成分。考虑到背景噪声而确定扬声器连接的示范性方法将被描述。

首先, 在静音周期 TM 期间的背景噪声被提取以执行频率分析, 计算每一个频率成分的电平, 如图 7B 所示, 计算的电平被临时存储。这里, 存储仅仅等于包含在测试蜂音信号 STT 中的基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 的频率的频率成分的电平就足够了, 不必存储其他频率成分的电平。将要被存储的频率可以从音频列表中确定。

接着, 在准备周期 TR 期间, 测试蜂音信号 STT 被提供给在试验中的扬声器以及从在试验中的扬声器输出的测试蜂音被提取。从测试蜂音的提取中产生的应答信号 STT 被用于频率分析并且计算每一个频率成分的电平, 如图 7A 所示。参见图 7A, 信号 S_{x1} 到 S_{x6} 显示了基音信号 S_m 和 5 个谐音信号 S_{mp} 的频率成分以及保留的频率成分是背景噪声。信号 S_{x1} 到 S_{x6} 依赖于扬声器的频率特征通常具有不同的电平, 并包括背景噪声的频率成分。

具有等于信号 S_{x1} 的频率的在噪声分量中其电平被存储(图 7B)的噪声分量 $N1$ 的信号 S_{x1} 的信噪(S/N)比被计算并且该计算的 S/N 比被设定为值 $V1$ 。类似地, 具有等于信号 S_{x2} 到 S_{x6} 的频率的噪声分量的信号 S_{x2} 到 S_{x6} 的 S/N 比被分别计算并且该计算的 S/N 比被设定为值 $V2$ 到 $V6$ 。如果信号 S_{x1} 到 S_{x6} 包括具有小于预定值 V_{TH} 的电平的信号 S_{xi} (图 7A 中的信号 S_{x4}), 则上述 S/N 比不被计算并且相应的值 V_i 被设定为 0。

在值 $V1$ 到 $V6$ 中, 具有最高 S/N 比的值 V_j (j 是 1 到 6 中的任何一个)被选择并且将值 V_j 与预定值 V_{REF} 比较。如果 $V_j > V_{REF}$, 则确定被检查的扬声器被连接, 而如果 $V_j \leq V_{REF}$, 则确定被检查的扬声器没有被连接。

在上述方法中,在包含在噪声分量的应答信号 STT 中的正弦信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 的 S/N 比中,最高 S/N 比的值与预定值 V_{REF} 比较以确定相应的扬声器是否被连接。因此,能够正确地确定扬声器是否被连接而不受扬声器的频率特征或空间中的驻波的影响。

当声学混响继续时,更可取的是考虑到在低频率中的长时间延迟,在值 V_3 到 V_6 中的最大值而不是值 V_1 到 V_6 中的最大值,被与预定值 V_{REF} 比较。在值 V_3 到 V_6 中的最大值与预定值 V_{REF} 的比较减少了声学混响的影响,因此防止了不正确的确定以提高确定的准确性。

视听重放设备

图 8 是显示根据本发明的实施例的声场校正装置 20 的结构图。在图 8 的例子中,声场校正装置 20 作为适配器包含在现有的 AV 重放设备中。

重放系统的例子

参见图 8,该 AV 重放设备包括 AV 信号的信号源 11、显示器 12、数字放大器 13 以及扬声器 14C 到 14RB。信号源 11 是诸如数字化通用光盘 (DVD) 播放器或者卫星调谐器。在图 8 的例子中,来自信号源 11 的输出具有数字可视化接口 (DVI) 格式。数字视频信号 DV 和用于 7 通道的被编码为一串行信号 DA 的数字音频信号从信号源 11 输出。

显示器 12 接收 DVI 格式的输入,通常接收从信号源 11 输出的数字视频信号 DV。数字放大器 13 是 D 级放大器。特别地,数字放大器 13 通常也接收从信号源 11 输出的数字音频信号 DA。数字放大器 13 将数字音频信号 DA 分离成用于各自通道的信号并且执行用于各自通道的信号的 D 级放大以输出用于各自通道的模拟音频信号。

从数字放大器 13 输出的音频信号被提供给用于各自通道的扬声器 14C 到 14RB。扬声器 14C 到 14RB 被分别安置在中心、左前侧、右前侧、左侧、右侧、左后侧以及右后侧。

声场校正装置

声场校正装置的示例性结构

参见图 8,根据本发明的实施例的声场校正装置 20 被连接到信号源 11 和显示器 12 以及数字放大器 13 之间的信号线。从信号源 11 输出的数字视频信号 DV 通过延迟电路 21 被提供给显示器 12。延迟电路 21 用于嘴唇同步,它依

靠相应于用于声场校正的数字音频信号 DA 的延迟时间的时间延迟数字视频信号 DV 以便将图像与相应的重放声音同步。该延迟电路 21 是诸如场存储器。

此外,在声场校正装置 20 中,从信号源 11 输出的数字音频信号 DA 被提供给解码电路 22,在那里数字音频信号 DA 被分离成用于各自的通道的数字音频信号 DC 到 DRB。在由分离产生的数字音频信号中,用于中心通道的数字音频信号 DC 被提供给用于中心通道的校正电路 23C。该校正电路 23C 包括均衡电路 231 和开关电路 232。由解码电路 22 提供的数字音频信号 DC 通过均衡电路 231 被提供给开关电路 232。

在这种情况下,均衡电路 231 是诸如数字信号处理器 (DSP)。该均衡电路 231 控制延迟、频率和相位特征以及接收到的数字音频信号 DC 的电平以执行用于数字音频信号 DC 的声场校正。在正常的监视和监听期间,开关电路 232 按照如图 8 所示的方式连接,并且当扬声器 14C 到 14RB 的连接被检查时以与图 8 中的状态相反的状态被连接。因此,在正常的监视和监听期间,由均衡电路 231 提供的受声场校正的音频信号 DC 从开关电路 232 被输出。音频信号 DC 被提供给编码电路 24。

此外,被解码电路 22 分离的用于剩余的通道的音频信号 DL 到 DRB 通过校正电路 23L 到 23RB 被提供给编码电路 24。校正电路 23L 到 23RB 的每一个具有类似于校正电路 23C 的结构。因此,在正常的监视和监听期间,受声场校正的音频信号 DL 到 DRB 从校正电路 23L 到 23RB 输出。

在编码电路 24 中,提供给编码电路 24 的用于各自通道的音频信号 DC 到 DRB 被混合成一串行信号 DS 以及该串行信号 DS 被提供给数字放大器 13。因此,在正常的监视和监听期间,从信号源 11 提供的数字音频信号 DA 受校正电路 23C 到 23RB 中的声场校正并且被提供给扬声器 14C 到 14RB。结果,其声场被校正到适合于其中安置了扬声器的环境的状态的重放声音被从扬声器 14C 到 14RB 输出。

为了实现声场校正并且检查扬声器 14C 到 14RB 是否被连接,在声场校正装置 20 中提供了信号生成电路 31 和控制电路 32。该信号生成电路 31 是 DSP 并且在测试周期 TT 期间产生测试蜂音信号 STT,如上所述。该控制电路 32 是微型计算机。当该信号生成电路 31 产生测试蜂音信号 STT 时,该控制电路 32 查阅音频列表和蜂音序列列表以控制测试蜂音信号 STT 的产生并且基于分析周期

TA 期间的分析结果确定扬声器是否被连接。

麦克风 33 用于提取从扬声器 14C 到 14RB 输出的测试蜂音。从麦克风 33 输出的应答信号 STT 通过麦克风放大器 34 提供给模数 (A/D) 转换器电路 35。在 A/D 转换器电路 35 中, 该应答信号 STT 转化成数字信号。

该数字信号被提供给分析电路 36。该分析电路 36 是诸如 DSP 并且在分析周期 TA 期间执行用于从扬声器 14C 到 14RB 输出的测试蜂音的频率分析。该分析结果被提供给控制电路 32。从该控制电路 32 提供控制信号给校正电路 23C 到 23RB 中的均衡电路 231C 到 231RB 以及开关电路 232C 到 232RB。此外, 各种操作开关 37 被连接到控制电路 32, 并且, 诸如为在其中显示检查结果的液晶显示器 (LCD) 板 38 显示装置也被连接到该控制电路 32。

声场校正装置 20 的操作

在操作开关 37 中的检查开关工作后, 静音周期 TM 被开启。在静音周期 TM 期间, 该控制电路 32 促使校正电路 23C 到 23RB 中的开关电路 232C 到 232RB 以与图 8 中的状态相反的状态连接。该控制电路 32 控制信号生成电路 31 以便测试蜂音信号 STT 变成静音信号。因此, 没有声音从扬声器 14C 到 14RB 输出。

在静音周期 TM 期间, 背景噪声被麦克风 33 提取。与此同时, 已经被提取的背景噪声的信号经受分析电路 36 中的频率分析, 并且该分析结果被提供给该控制电路 32 并被存储在其中。

接着, 该声场校正装置 20 进入测试周期 TT。在测试周期 TT 期间, 该控制电路 32 促使校正电路 23C 到 23RB 中的开关电路 232C 到 232RB 以与图 8 中的状态相反的状态连接。该控制电路 32 控制该信号生成电路 31 以便产生测试蜂音信号 STT, 并且产生的测试蜂音信号 STT 被提供给开关电路 232C 到 232RB。因为用于每一个单元周期 TU 的变量 m 、 p 以及 k 以图 6 所示的方式被改变所以该测试蜂音信号 STT 的基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 按照图 3 所示的方式被改变, 并且该基音信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 的组合也被改变。

该测试蜂音信号 STT 通过开关电路 232C 到 232RB 被提供给编码电路 24。该测试蜂音信号 STT 在该编码电路 24 中被混合成一串行信号 DS, 并且该串行信号 DS 被提供给该数字放大器 13。结果, 在测试周期 TT 中的准备周期 TR、检查周期 TC 以及再现周期 TE 期间, 该测试蜂音以图 6 所示的顺序被从扬声

器 14C 到 14RB 输出。

该测试蜂音被麦克风 33 拾取。该拾取的应答信号 STT 经受分析电路 26 中的每一个分析周期 TA 的频率分析并且该分析结果被提供给控制电路 32。

由于在准备周期 TR 期间的测试蜂音信号 STT 被用于在后续的检查周期 TC 期间将来自扬声器 14C 到 14RB 的输出电平设定为一个装置值, 因此该测试蜂音信号 STT 的电平比较低。考虑到在靠近静音周期 TM 期间的背景噪声的分析结果, 在这个时间的测试蜂音信号 STT 的电平可以被确定。

在检查周期 TC 期间, 从分析电路 36 的分析结果可以确定每一个通道的扬声器是否被连接。该确定结果被提供给在其中扬声器 14C 到 14RB 的状态被显示的 LCD 板 38。

在再现周期 TE 期间, 该控制电路 32 基于检查周期 TC 期间的分析结果控制校正电路 23C 到 23RB 中的均衡电路 231C 到 231RB 以便从扬声器 14C 到 14RB 输出的声音具有诸如平的频率特征。

当测试周期 TM 被终止后, 该控制电路 32 促使校正电路 23C 到 23RB 中的开关电路 232C 到 232RB 按图 8 所示的状态连接。该控制电路 32 也控制信号生成电路 31 以便测试蜂音信号 STT 变成静音。因此, 能够重放来自信号源 11 的视频信号 DV 和音频信号 DA。

信号生成电路 31 的例子

图 9 显示了信号生成电路 31 被构造成单独的电路的例子。在图 9 的例子中, 图 1A 所示的被转化成正弦信号 S1 的一个周期的数字数据 DD 被存储在只读存储器 (ROM) 41 中。在周期 TN 期间, 该数字数据 DD 以每 m 个 ROM41 地址读取一个地址的速率被读取。这样的读出重复 m 次以抽取存储在存储器 421 中的正弦信号 S_m 。

在存储器 421 中的正弦信号 S_m 以每 p 个存储器 421 地址读取一个地址的速率读取。该读取被重复 p 次以提取谐音信号 S_{mp} 。以按图 3 所示的方式变化的度 P , 谐音信号 S_{mp} 的提取被执行 5 次。特别地, 由于如果音调名称是 $A\#$ 并且 $k=1$, $p=2, 4, 11, 20$ 或者 33, 在第一次提取中谐音信号 S_{mp} 以 p 等于 2 被提取, 在第二次提取中谐音信号 S_{mp} 以 p 等于 4 被提取, ..., 以及在第五次提取中谐音信号 S_{mp} 以 p 等于 33 被提取。

在第一次提取中谐音信号 S_{mp} 被存储在存储器 422 中, 在第二次提取中谐

音信号 Smp 被存储在存储器 423 中, ...以及在第五次提取中谐音信号 Smp 被存储在存储器 426 中。因此, 正弦信号 Sm 和 5 个谐音信号 Smp 被同时存储在存储器 421 到 426 中。

在每个周期 TN 中, 正弦信号 Sm 和在存储器 421 到 426 中的谐音信号 Smp 被同时读出, 并且读出的正弦信号 Sm 和谐音信号 Smp 受到电平调整电路 431 到 436 中的电平调整的控制并且被提供给加法器电路 44。该正弦信号 Sm 和谐音信号 Smp 在加法器电路 44 中相加并且该相加的信号通过终端 45 被提取。通过终端 45 提取的信号通过配电线路(未示出)分配给相应的通道并被作为测试峰音信号 STT 输出。

通过终端 45 提取的信号相应于测试峰音信号 STT 的一个通道。在图 3 和 6 的例子中, 用于 3 个通道的测试峰音信号 STT 被同时处理。因此, 在图 9 中提供了用于另 2 个通道的信号生成电路 31 以及由混合用于 3 个通道的相加信号而产生的信号被用作测试峰音信号 STT。当信号生成电路 31 是 DSP 或者中央处理器(CPU)时, 在存储器 421 中以及其中的后处理程序的部件中的处理将被执行以用于 ROM41 中的数字数据 DD。

用于检查扬声器连接的软件

图 10 示出了由控制电路 32 执行的在上述扬声器是否连接的确定中的程序 100。程序 100 包括在分析电路 36 中执行的频率分析(因此, 分析电路 36 没有被连接)。

当操作开关 37 中的检查开关在步骤 S101 工作时, 在控制电路 32 中的程序 100 被启动(静音周期 TM 的启动)。在步骤 S102, 假定没有用于任何可以被声场校正装置 20 处理的全部通道的扬声器被连接。

在步骤 S103, 从 A/D 转换器电路 35 中输出的背景噪声信号被提供给该控制电路 32。在步骤 S104, 所加的背景噪声信号经受频率分析以测量用于每一个频率成分的背景噪声的电平。在步骤 S105, 在步骤 S104 测量的用于每一个频率成分的背景噪声的电平与预定噪声电平 VNL 比较。该比较依靠查阅音频列表而执行以用于具有等于包含在测试峰音信号 STT 中的正弦信号 Sm 和谐音信号 Smp 的频率的频率成分。

在步骤 S106, 该控制电路 32 确定该比较结果是否小于预定噪声电平 VNL。如果任何频率成分的噪声电平都小于预定噪声电平 VNL, 则程序 100 从步骤

S106 执行到步骤 S111。在步骤 S111，在步骤 S104 测量的用于每一个频率成分的噪声电平被存储在控制电路 32 的存储器中（静音周期 TM 的终止）。

在步骤 S112，根据音频列表和蜂音序列表控制信号生成电路 31 以在从准备周期 TR 到再现周期 TE 期间产生测试蜂音信号 STT，并且该产生的测试蜂音信号 STT 被提供给数字放大器 13。在步骤 S113，该程序 100 被终止（再现周期 TE 终止）。

如果在步骤 S106 该控制电路 32 确定所有频率成分的噪声电平都超过了预定噪声电平 VNL，则程序 100 从步骤 S106 进行到步骤 S107。在步骤 S107，该控制电路 32 确定背景噪声电平被测量的次数（用于每个静音周期 TM 的测量）是否达到预定值。如果背景噪声电平被测量的次数没有达到该预定值，则程序 100 从步骤 S107 返回到步骤 S102 以重复每一个频率成分的背景噪声电平的测量。

如果在步骤 S107 控制电路 32 确定背景噪声电平被测量的次数达到了预定值，则程序 100 从步骤 S107 进行到 S108。在步骤 S108，例如，控制电路 32 显示改善环境的必要性以减少 LCD 板 38 中的背景噪声。然后，在步骤 S113，程序 100 终止。

图 11 所示的在图 5 所示的时序中执行的程序 120 与在步骤 S112 测试蜂音信号 STT 的产生并行执行。参见图 11，在步骤 S121，程序 120 开始。在步骤 S122，从 A/D 转换器电路 35 输出的应答信号 STT 被提供给控制电路 32 并且在分析周期 TA 期间经受频率分析。在步骤 S123，经受步骤 S122 中的频率分析的频率成分受用于每一个扬声器（通道）的频率分离的控制。该频率分离依靠查阅音频列表和蜂音序列表被执行。

在步骤 S124，在步骤 S123 分离的每个频率成分的电平与用于每个扬声器的预定值 VTH（图 7A）比较。如果频率成分的电平高于预定值 VTH，则程序 120 从步骤 S124 进行到步骤 S125。如果频率成分的电平低于预定值 VTH，则程序 120 从步骤 S124 进行到步骤 S126。

在步骤 S125，在步骤 S123 分离的频率成分的电平与背景噪声的频率成分的电平比较，在步骤 S111 被存储，并且该 S/N 比（值 V1 到 V6：值 V3 到 V6 有更高准确性）被计算以用于测试蜂音信号 STT 的每一个频率成分。在步骤 S126，具有最高 S/N 比的测试蜂音信号 STT 被从步骤 S125 计算的 S/N 比中提

取。在步骤 S127, 在步骤 S126 提取的最高 S/N 比 (值 V_j) 与预定值 V_{REF} 比较。

如上所述, 该比较显示了如果 $V_j > V_{REF}$ 则在试验中的扬声器被连接以及如果 $V_j \leq V_{REF}$ 则在试验中的扬声器没有被连接。在步骤 S128, 该确定结果被提供给 LCD 板 38 并且扬声器 14C 到 14RB 的连接状态显示在 LCD 板 38 上。在步骤 S129, 程序 120 终止。

在程序 100 和 120 能够确定每个通道的扬声器是否被连接。

总结

由于由测试蜂音信号 STT 组成的测试蜂音包括如上所述的声场校正装置 20 中的悦耳的音调, 因此该测试蜂音不会使听者不舒服, 不像粉红噪声。此外, 由于该测试蜂音信号 STT 由正弦信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 组成, 因此该测试蜂音信号 STT 包括各种各样的频率成分。结果, 能够正确检查扬声器 14C 到 14RB 是否被连接, 即使扬声器 14C 到 14RB 的频率特征有下降或者在空间中存在驻波。

由于测试蜂音信号 STT 包含各种各样的频率成分, 因此分析结果可以用来检查从扬声器 14C 到 14RB 输出的声音的频率特征或者校正该频率特征。此外, 由于包含在该测试蜂音信号 STT 中的正弦信号 S_m 和谐音信号 S_{mp} 的组合 k 在每一个单元周期 TU 被改变, 因此在分析中扬声器 14C 到 14RB 的连接可以被检查而不受在在前的单元周期 TU 中的混响的影响, 因而实现了正确的检查。

由于该测试蜂音信号 STT 的单元周期 TU 相应于正弦信号 S_m 的 m 个周期, 因此该测试周期 TT 可以设定为大约 2 秒。因而, 不仅当利用操作开关 37 指示连接的检查时, 而且当每次 AV 设备或者声场校正装置 20 被开启而扬声器 14C 到 14RB 的连接被检查时, 听者都没有压力。相反, 该测试蜂音包括可以被用作指示设备的启动的开机声音的悦耳的音调。

其他

图 8 所示的声场校正装置 20 可以集成有信号源 11、数字放大器 13 或者 AV 放大器 (未示出)。从校正电路 23C 到 23RB 输出的数字音频信号 DC 到 DRB 可以被直接或者在数模 (D/A) 转换之后应用到后处理程序放大器。

在信号生成电路 31 和分析电路 36 中的处理可以依靠用作控制单元 32 的微型计算机来实现。

本领域技术人员应当理解，依据设计需要或者其他的因素，只要它们落在所附的权利要求或者其同替换物的范围之内，可以做各种更改、组合、子组合或者替换。

图 1A

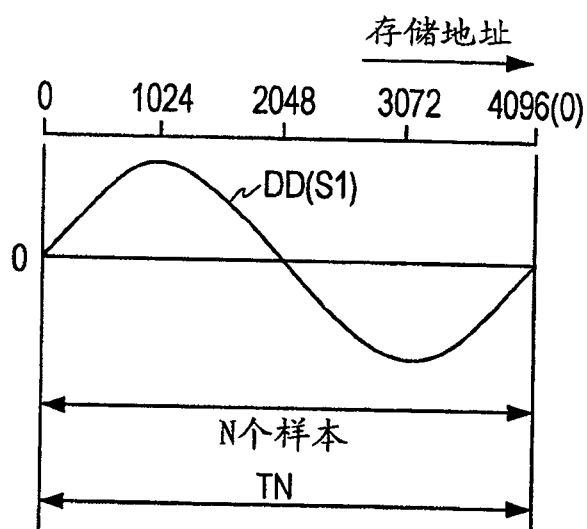
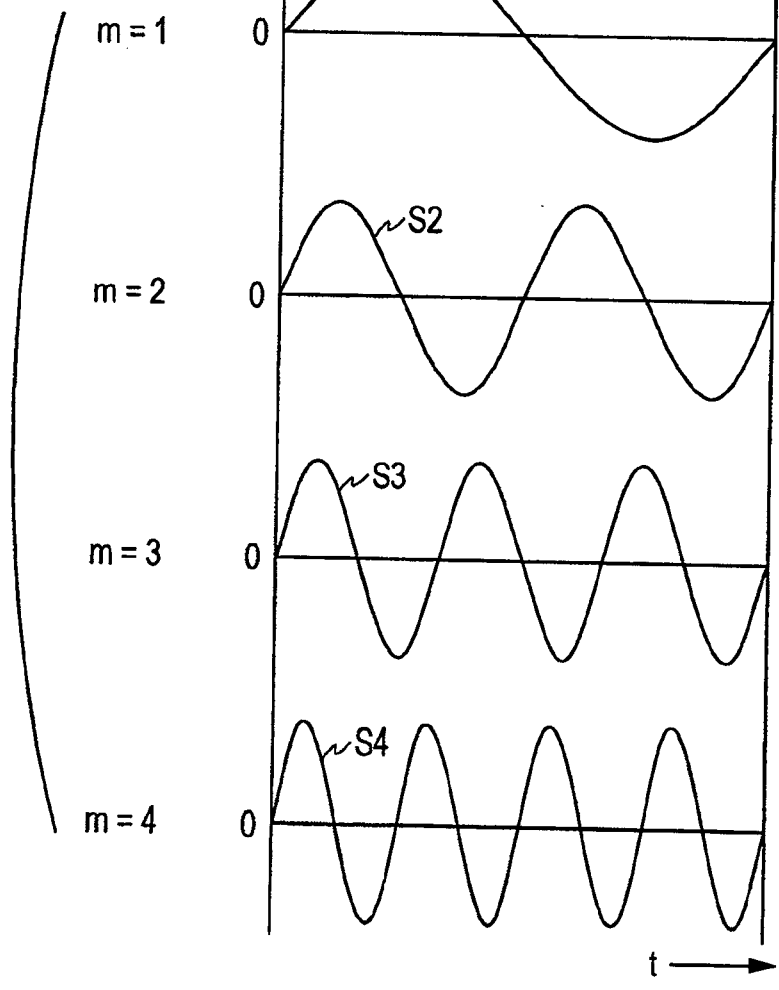


图 1B



m	fm [Hz]	音调名称 (平均乐律 的频率) [Hz]
18	210.938	
19	222.656	A (222.656)
20	234.375	A# (235.896)
21	246.094	B (249.923)
22	257.813	
23	269.531	
24	281.250	C# (280.529)
25	292.969	
26	304.688	
27	316.406	D# (314.883)
28	328.125	
29	339.844	
30	351.563	F (353.445)
31	363.281	
32	375.000	F# (374.462)
33	386.719	
34	398.438	G (396.728)
35	410.156	
36	421.875	G# (420.319)
37	433.594	

图 2

音调名称	m	k	p				
A	19						
A#	20	1	2	4	11	20	33
		2	2	5	10	17	34
		3	2	7	8	19	32
B	21						
C#	24	1	2	4	13	16	35
		2	2	7	8	19	32
D#	27	1	2	5	10	17	34
		2	2	4	13	16	35
F	30	1	2	5	10	17	34
		2	2	4	13	16	35
F#	32	1	2	4	13	16	35
G	34	1	2	7	8	19	32
G#	36	1	2	4	11	20	33
		2	2	5	10	17	34
		3	2	7	8	19	32

图 3

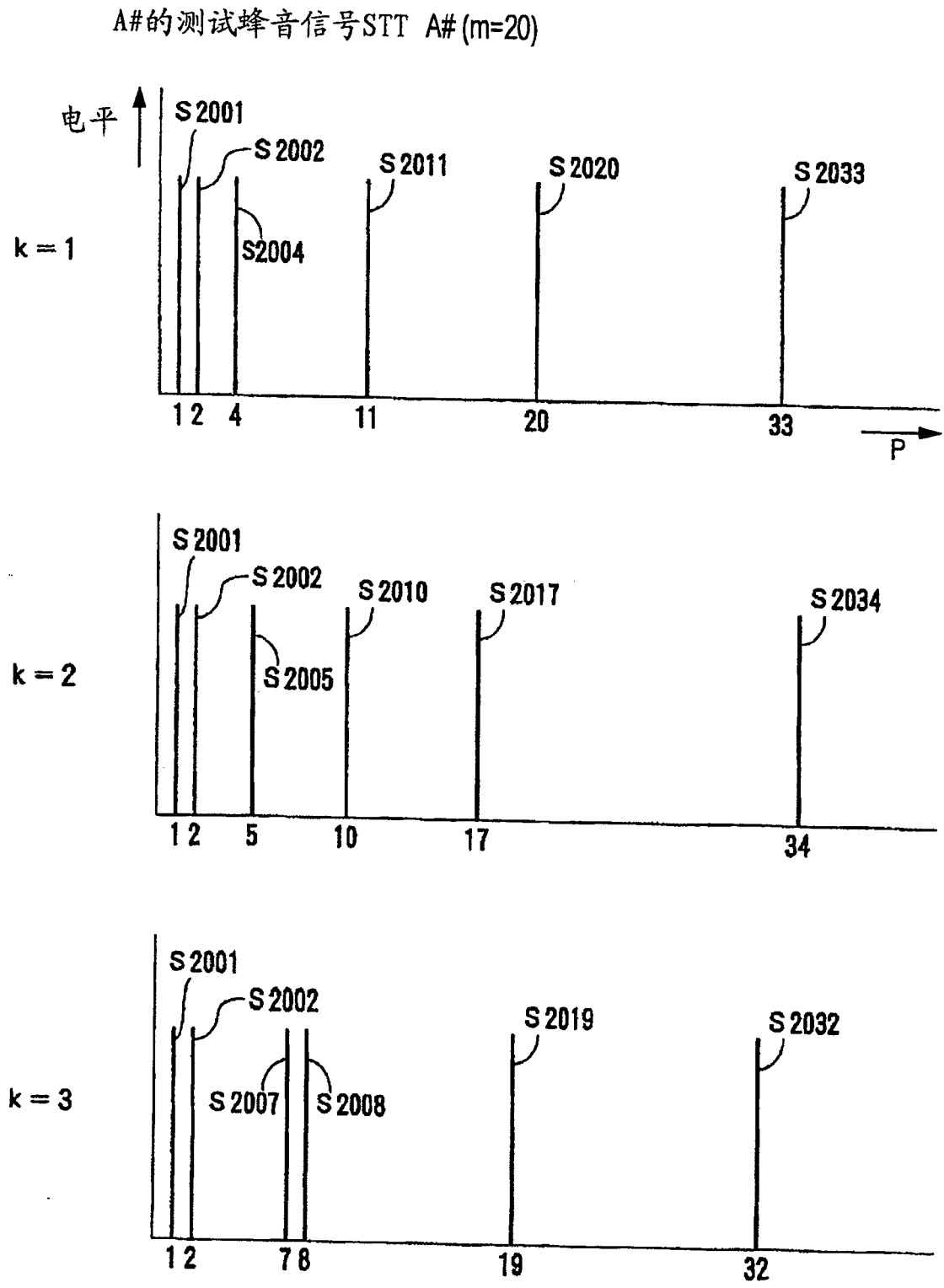
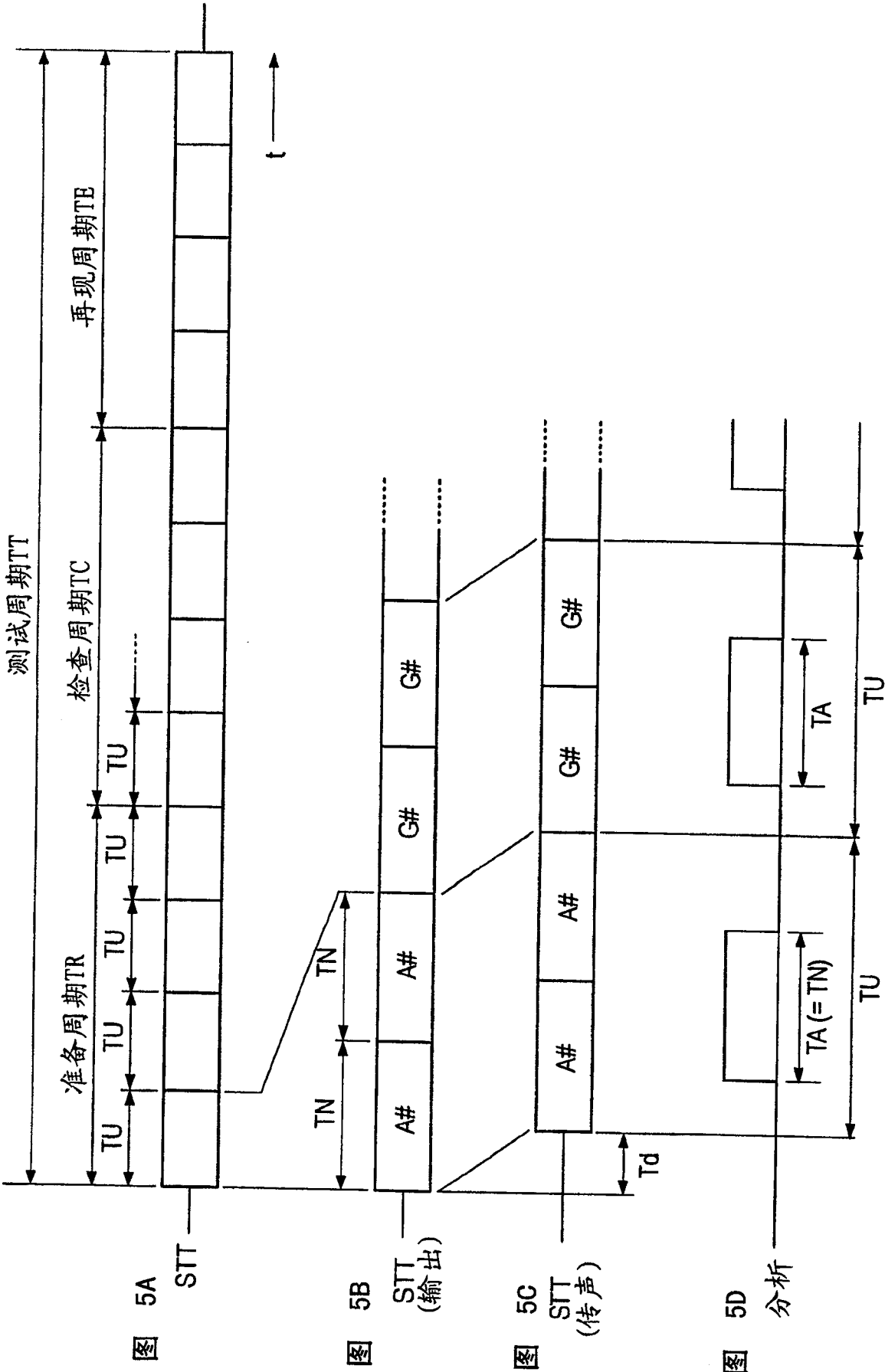
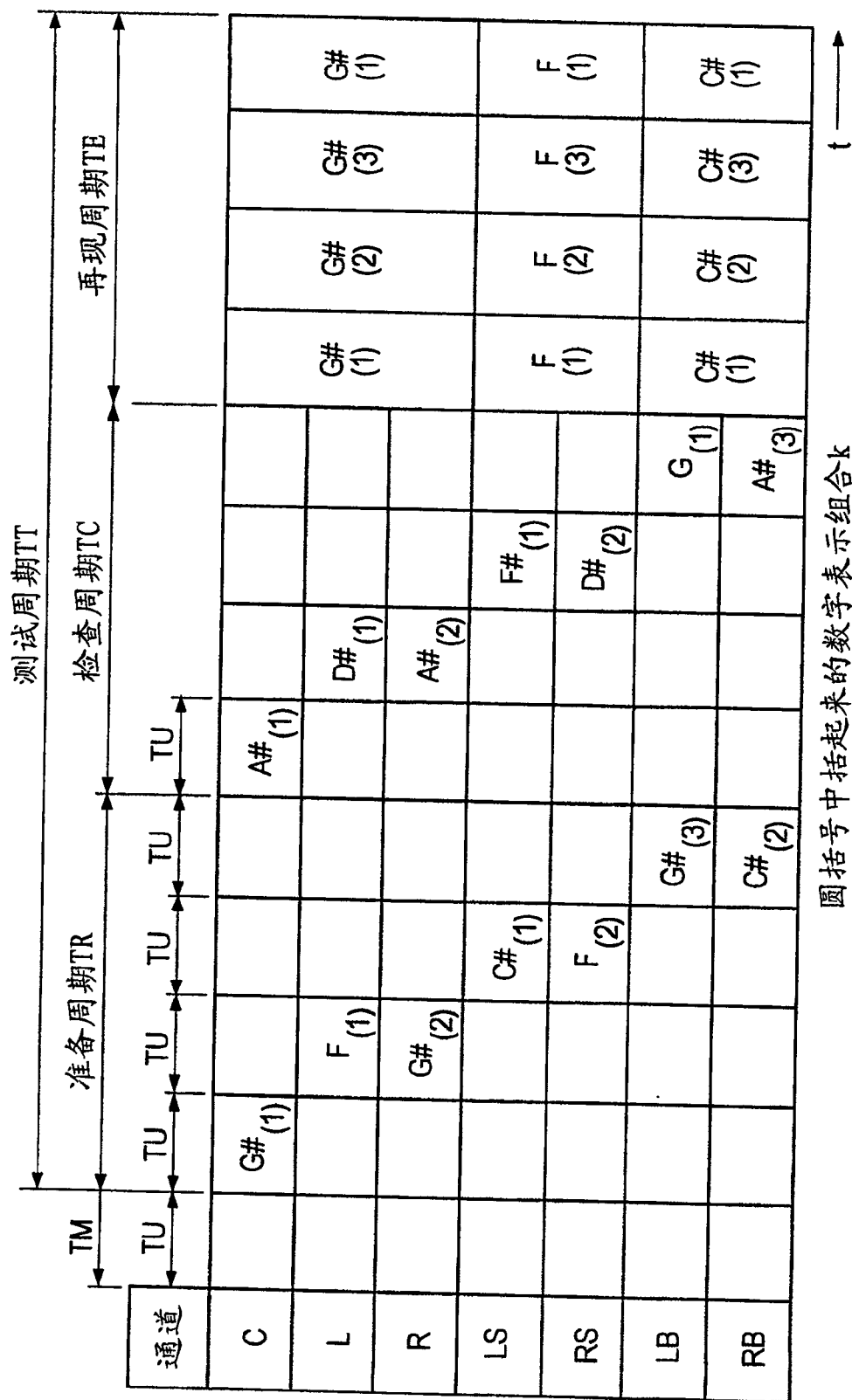


图 4





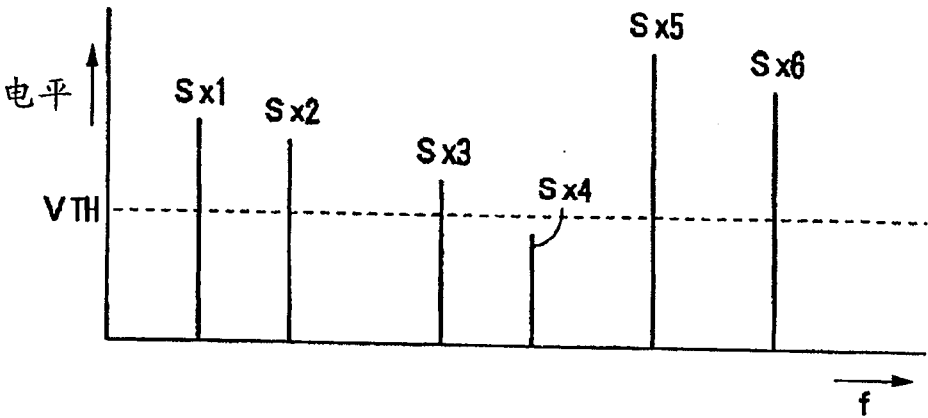


图 7A

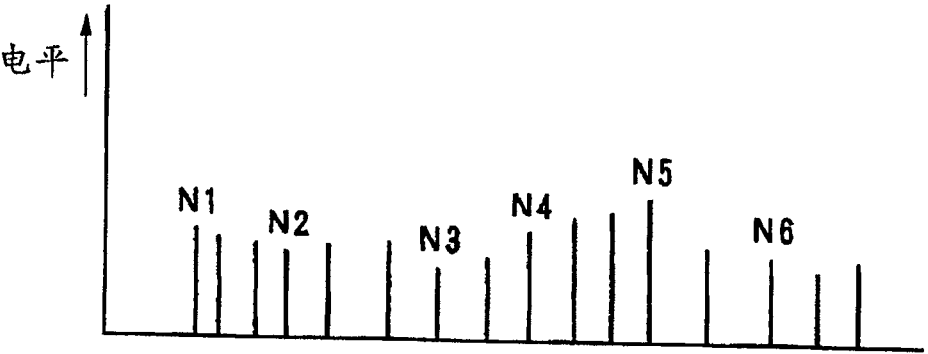


图 7B

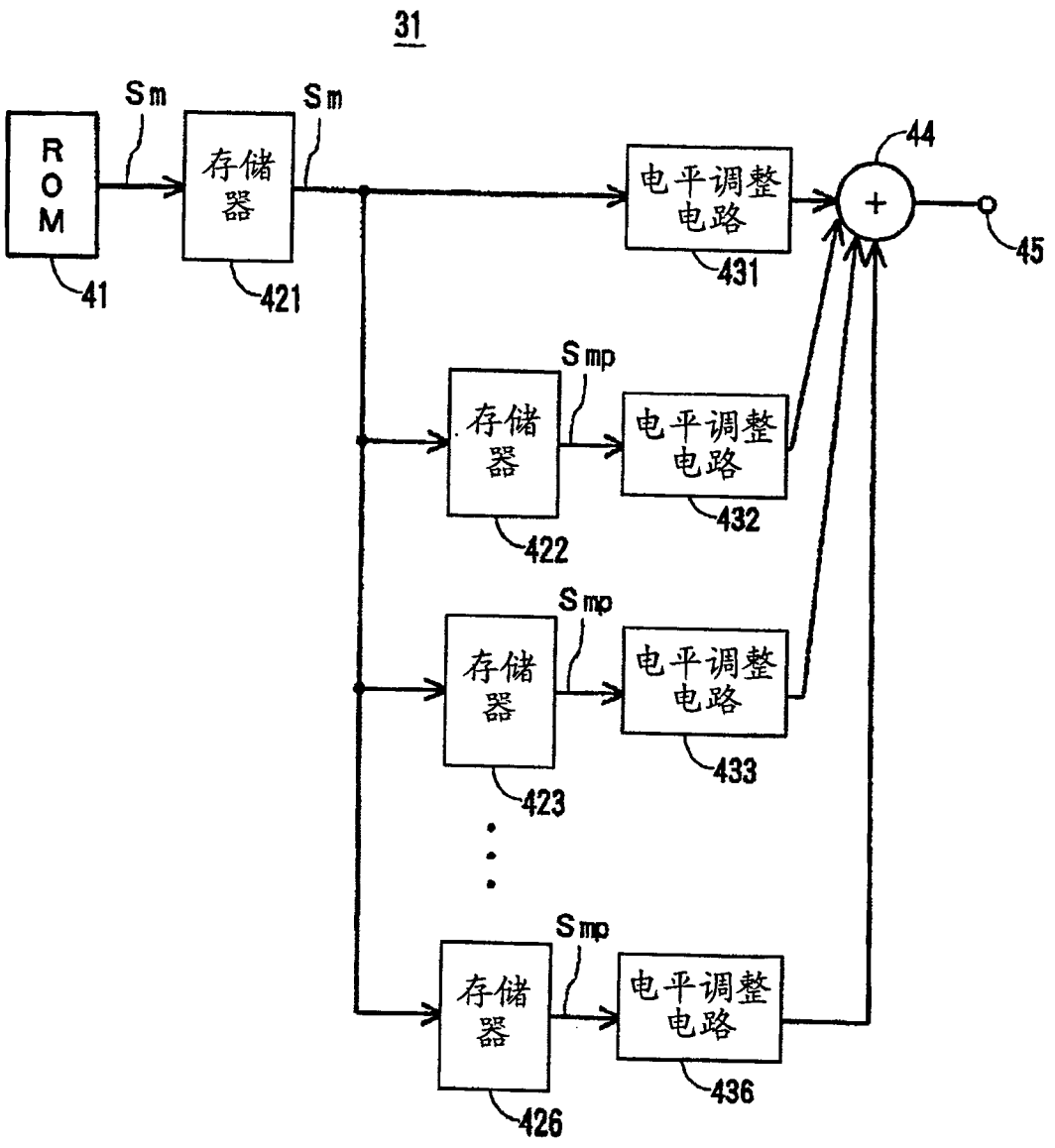


图 9

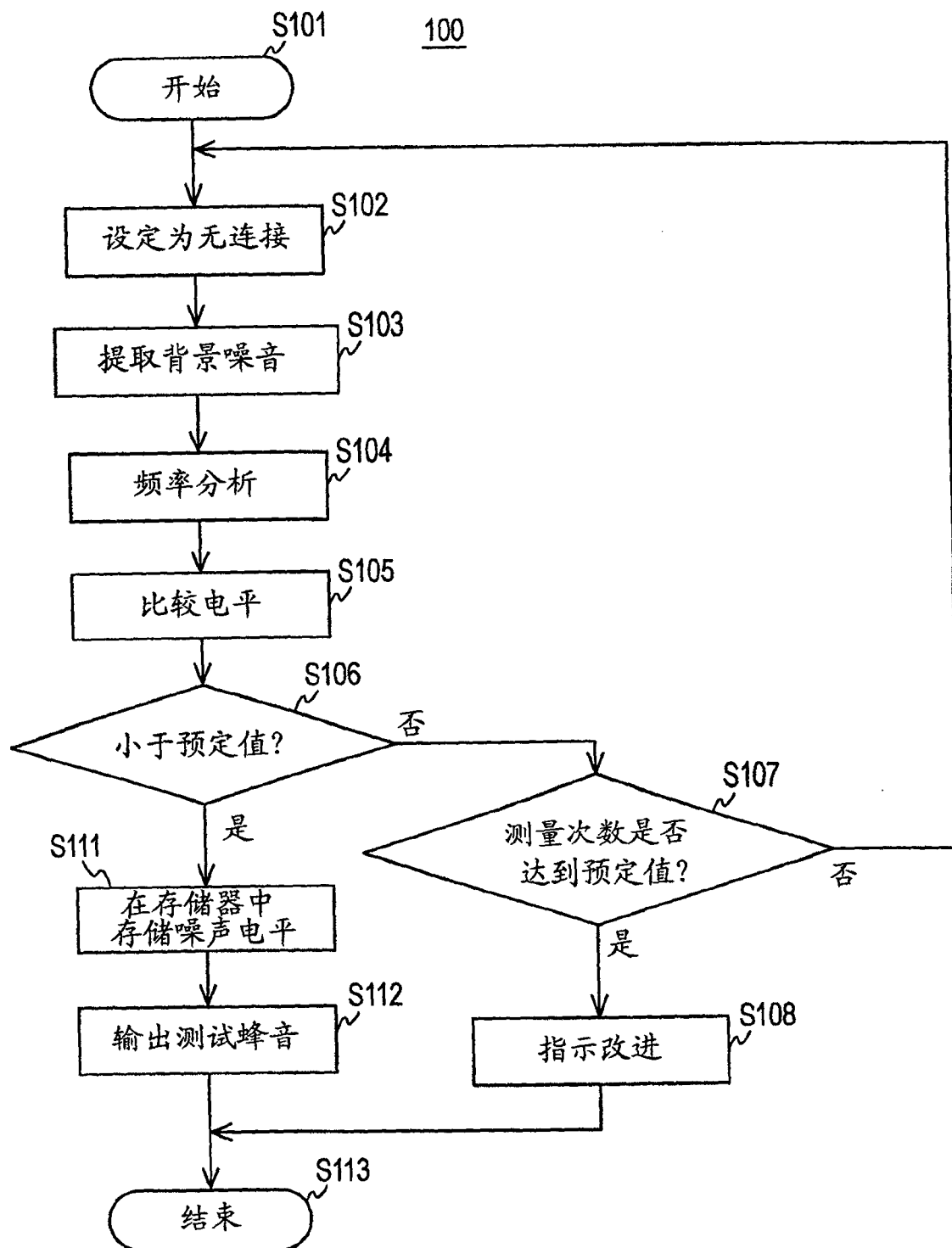


图 10

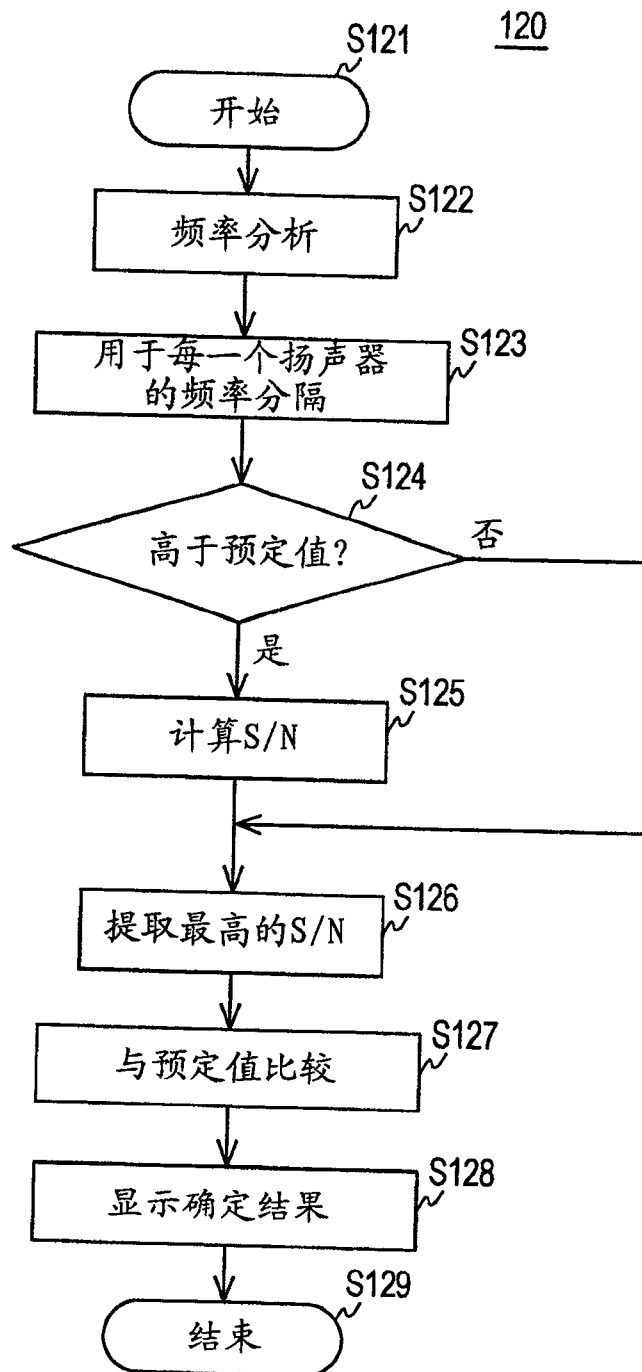


图 11