

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G10G 7/02

G10D 3/14



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99804980.8

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1192348C

[22] 申请日 1999.3.10 [21] 申请号 99804980.8

[30] 优先权

[32] 1998.3.10 [33] GB [31] 9804997.6

[86] 国际申请 PCT/GB1999/000712 1999.3.10

[87] 国际公布 WO1999/046757 英 1999.9.16

[85] 进入国家阶段日期 2000.10.11

[71] 专利权人 自动调音发展有限公司

地址 英国萨默塞特

[72] 发明人 理查德·J·惠托尔

奈杰尔·A·登特

安东尼·T·兰伯特

审查员 杨艳兰

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

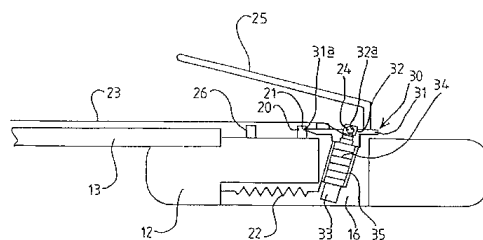
代理人 马 浩

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 4 页

[54] 发明名称 弦乐器的调谐装置、调谐方法及调
谐装置的分析机构

[57] 摘要

一种用于具有一或多根弦的弦乐器的调谐装置，其包括检测机构，以响应此弦或每根弦的振动提供一个信号，和致动机构，以响应所述信号在一分析机构的控制下改变此弦或每根弦的张力。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种用于具有一或多根弦的弦乐器的调谐装置，其包括：用于改变该弦或者每根弦的张力的致动机构；响应该弦或每根弦的振动而提供一个信号的检测机构；以及响应所述信号控制所述致动机构将该弦或者每根弦的振动频率向其所需频率改变的分析机构，其特征在于，该弦乐器包括一个可以移动以改变该弦或者每根弦的张力的颤音桥，其中，该弦或者每根弦在一端被连接到所述致动机构，该致动机构连接到所述颤音桥。

2. 如权利要求 1 所述的调谐装置，其中所述致动机构还包括一个连接在所述电动机和所述弦之间的齿轮箱。

3. 一种用于具有一或多根弦的弦乐器的调谐装置，其包括：用于改变该弦或者每根弦的张力的致动机构；响应该弦或每根弦的振动而提供一个信号的检测机构；以及响应所述信号控制所述致动机构将该弦或者每根弦的振动频率向其所需频率改变的分析机构，其特征在于，

该致动机构包括一个电动机、一个齿轮箱和一个用于连接到所述弦的主轴，所述电动机、齿轮箱和主轴成一直线排列。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的调谐装置，其中该齿轮箱是行星齿轮箱。

5. 如权利要求 4 所述的调谐装置，其中该行星齿轮箱包括 6 个行星级，具有范围为 2000:1 到 20000:1 的减速比，

6. 如前述权利要求之一所述的调谐装置，其中该电动机是直流电动机。

7. 如权利要求 3 到 6 之一所述的调谐装置，其中该弦或者每根弦在一端被连接到一个颤音桥，该颤音桥可回转地连接到该弦乐器，并且可以移动以改变该弦或者每根弦的张力。

8. 如权利要求 1 或 2 或 7 所述的调谐装置，其中，该颤音桥包括一个桥板和一个用于一根弦的滑板，并且其中所述致动机构由

所述颤音桥支撑。

9. 如权利要求 8 所述的调谐装置, 其中所述电动机和桥板相连。

10. 如直接或者间接从属于权利要求 2 或者 3 的权利要求 9 所述的调谐装置, 其中所述齿轮箱和所述桥板相连。

11. 用于具有多根弦的弦乐器的调谐装置的分析机构, 其可接收响应于所述弦的振动的信号, 产生输出来控制一个致动机构来调节所述弦的张力, 该分析机构可接收响应于所有所述弦的振动的信号并执行一个调谐循环, 其特征在于, 该调谐循环包括下述步骤: 设置一个可重新配置的滤波器以选择一个对应于所述弦中被选定的一根弦的振动频率的信号, 产生一个要传递给所述致动机构以改变所述一根弦的振动频率的信号, 并对每根弦重复上述过程。

12. 如权利要求 11 所述的分析机构, 其中所述可重新配置的滤波器机构包括一可重新配置的数字带通滤波器。

13. 如权利要求 11 或 12 所述的分析机构, 其中该分析机构包括一模数转换器, 用于在所述信号被传递到所述可重新配置的滤波器机构之前把所述信号转换成数字信号。

14. 如权利要求 11 到 13 之一所述的分析机构, 包括一第二滤波器机构, 所述第二滤波器机构包括一模拟带通滤波器, 用于在所述信号被传递到所述可重新配置的滤波器之前对所述信号滤波。

15. 如权利要求 11 到 14 之一所述的分析机构, 具有下述操作方式中的至少一种: 该分析机构响应所述信号操作所述致动机构的操作方式, 以及该分析机构操作视觉显示机构的操作方式, 所述视觉显示机构响应于所述信号显示每根弦的调谐。

16. 如权利要求 15 所述的分析机构, 其中所述操作方式是可以由操作者选择的。

17. 如权利要求 15 或 16 所述的分析机构, 其中该视觉显示机构包括发光二极管, 如果弦的频率超过预定频率范围, 则该发光二极管显示第一颜色, 如果弦的频率低于预定频率范围, 则该发光二

极管显示第二种颜色。

18. 如权利要求 11 到 17 之一所述的分析机构，其中该调谐装置能够把该弦或者每根弦调谐到 ± 0.02 个半音之内。

19. 如权利要求 11 到 18 之一所述的分析机构，其中，通过单次拨弦使所述弦振动，响应于所述单词拨弦，所述分析机构能够执行多个调谐循环。

20. 如权利要求 11 到 19 之一所述的分析机构，能够执行多个所述调谐循环，其中，除了所述多个调谐循环中的第一个循环之外，每个调谐循环还包括以下步骤：响应于前一调谐循环中所述致动机构的操作，测量所述一根弦的所述频率的变化，并相应地改变本循环中所述致动机构的操作。

21. 如权利要求 11 到 20 之一所述的分析机构，其中，设置所述可重新配置的滤波器以选择一根弦的步骤包括：设置所述可重新配置的滤波器，使其具有一相应于所述弦中的所述一根弦的所需频率的中心频率。

22. 如权利要求 11 到 21 之一所述的分析机构，其中，在执行所述调谐循环之前，所述弦在一预定频率范围内。

23. 如从属于权利要求 21 的权利要求 22 所述的分析机构，其中，设置所述可重新配置的滤波器，使其具有相应于所述预定频率范围的宽度。

24. 如权利要求 22 或 23 所述的分析机构，当所述弦中的选定弦最初处于所述预定频率范围之外时，该分析机构能够接收响应于该弦的振动的信号，并设置所述可重新配置的滤波器，使其具有一中心频率，并增加所述中心频率以识别该弦的频率，并提供所述弦的调谐状态的视觉指示。

25. 如权利要求 1 到 10 之一所述的调谐装置，其中，所述分析机构包括如权利要求 11 到 24 之一所述的分析机构。

26. 一种具有多根弦的吉他，包括如权利要求 1 到 10 之一或 25 所述的调谐装置。

27. 如权利要求 26 所述的吉他，其中所述检测机构包括一拾音器。

28. 如权利要求 27 所述的吉他，其中该拾音器包括响应所有所述弦的一个线圈。

29. 具有多根弦的弦乐器的调谐方法，包括下述步骤：接收响应于所述弦的振动的信号，产生输出来控制一个致动机构来调节所述弦的张力，该方法包括下列步骤：接收响应于所有所述弦的振动的信号并执行一个调谐循环，其特征在于，该调谐循环包括下述步骤：设置一个可重新配置的滤波器以选择一个对应于所述弦中被选定的一根弦的振动频率的信号，产生一个要传递给所述致动机构以改变所述一根弦的振动频率的信号，并对每根弦重复上述过程。

弦乐器的调谐装置、调谐方法及 调谐装置的分析机构

技术领域

本发明涉及调谐弦乐器用的调谐装置、包括调谐装置的吉它以及调谐弦乐器的方法，所述弦乐器例如是但不限于电吉它。

背景技术

由乐器产生的声音可以认为是由两个要素构成，即音调或律音（note）以及音质，所述音质代表所演奏的那种乐器的特征。音质的差别容易被人的耳朵识别，例如演奏同一曲调的钢琴和小提琴的声音。这种音质上的差别是由于由乐器结构引起的谐波的复杂的混合中的差别引起的，而人的耳朵事实上把在不同的乐器上演奏的两种音调识别为相同的音调是由于其基波频率（谐波是基波的倍数）是相同的。

在设计上的重大改进使得一些乐器至少在一个短的时间周期内，例如在练习或音乐会期间按照演奏者的指令（有时包括技巧）可靠地产生相同音调和音质的声音。不过，由于温度或湿度的改变，或者仅仅由于老化或使用而引起的其它物理变化，一种乐器在一段较长的时间间隔例如一天天地不一定产生相同的音调。

在西方音乐乐谱中，频率的可听范围被分成一些八度音阶，任何律音的频率是在其下面的八度音阶的频率的两倍。一八度音阶被分成12个律音，按照频率被称为半音的相等的对数阶分开，并且这12个律音被分成7个自然律音的一组，由字母表的头7个字母识别，以及5个律音的一组，由其相对于其它7个律音的位置识别，或者是相邻接的较高的半音（高音），或者是相邻接的较低的半音（低音）。

希望乐器可以被这样调整，使得由演奏者给定的任何输入所产生的律音对不同的设置通常可以在一个小的范围内改变。主要理由

是，被训练的耳朵习惯于实际上产生给定频率的给定的被识别律音；或者保证在相同乐器上产生的不同律音相互之间具有正确的关系；或者当在音乐会上演奏时保证几种乐器对同一律音精确地产生相同的频率。如果不是这种情况，将由于频率波动而产生不愉快的声音。这种调整乐器的输出音调或频率的过程叫做调谐。

许多乐器例如铜管乐器和木管乐器类一次只能演奏该乐器范围内的一个律音，可得到的律音之间的关系基本上由该乐器的物理结构决定，调谐的能力被局限于细调其整个范围。其它的乐器，特别是弦乐器类和键盘乐器，具有一些或许多不同的调谐元件。因此，这些乐器的调谐过程涉及使乐器的各个被调谐的元件具有正确的相对音调。由弦产生的律音的音调取决于材料的物理性质和结构、它的长度和张力，由于在大多数情况下弦本身和调谐的长度在调谐过程中不变，所以唯一改变的是张力。

出于重量、外观以及希望乐器本身的结构有利于所产生的声音的质量的原因，通常乐器的结构刚度使得弦的张力产生可检测的结构偏差。因而，任何一根弦的调整都会改变乐器结构的张力，从而改变其张紧的形状，并由此影响其它弦的调谐。换句话说，任何一根弦的调谐都和其它弦的调谐有关，并且增加一根弦的张力以便升高其音调将引起其余弦张力的减少，并且反之亦然。这便是需要反复调谐的原因，由此演奏者对每根弦要依次调整，或许调整几次，即使一根弦走调也是如此。

装有颤音装置的电吉它尤其受这种现象的影响。在这些乐器中，弦的尾部被固定在不能绕其前沿转动的桥板内。趋于使桥板沿一个方向转动的弦的张力被位于吉它本体内的一或多根弹簧的张力克服，因此桥板处于一个平衡位置，此时合成扭矩是平衡的。因而，由演奏者引起的颤音臂的运动使桥板移动而离开其平衡位置，一般会减少弦的张力，并产生特征音效果。当杠杆被释放时，桥板重新处于其平衡位置，因而恢复正确的调谐，这取决于没有摩擦力。显然，任何弦的张力的改变都改变桥板的平衡位置，因而改变其它弦的音调。

发明内容

本发明的目的在于提供一种新的或改进的用于弦乐器的调谐装置。

按照本发明的第一方面，提供一种用于具有一或多根弦的弦乐器的调谐装置，其包括：用于改变该弦或者每根弦的张力的致动机构；响应该弦或每根弦的振动而提供一个信号的检测机构；以及响应所述信号控制所述致动机构将该弦或者每根弦的振动频率向其所需频率改变的分析机构，其特征在于，该弦乐器包括一个可以移动以改变该弦或者每根弦的张力的颤音桥，其中，该弦或者每根弦在一端被连接到所述致动机构，该致动机构连接到所述颤音桥。

所述调谐装置可以包括检测机构，以响应该弦或每根弦的振动提供一个信号，以及分析机构，以响应所述信号控制所述致动机构。

致动机构可以包括电动机，其可以是直流电机。

致动机构可以包括齿轮箱。

齿轮箱可以被连接在所述电动机和弦之间。

齿轮箱可以是行星齿轮箱，并且可以包括6个行星级。

齿轮箱可以具有范围为2000:1到20000:1的的减速比。

分析机构可以包括一第一滤波器机构。

所述第一滤波器机构可以包括一或多个滤波器。

所述第一滤波器机构可以包括一可重新配置的数字带通滤波器。

分析机构可以包括一模数转换器，以在所述信号通过所述第一滤波器之前把所述信号转换成数字信号。

分析机构还可以包括一第二滤波器机构，所述第二滤波器机构包括一模拟带通滤波器，以在所述信号通过所述第一滤波器之前对所述信号滤波。

分析机构可以具有至少一种操作方式，其中分析机构响应所述信号操作所述致动机构，并且还具有一种操作方式，其中分析机构操作一视觉显示器，以响应所述信号显示每根弦的调谐。这些操作方式

可以由操作者选择。

视觉显示机构可以包括发光二极管，如果弦的频率超过所需频率范围，其显示第一颜色，如果弦的频率低于所需的频率范围，其显示第二种颜色。

该调谐装置可以通过操作把该弦或每根弦调谐到所需的精度，最好在 ± 0.02 半音之内。

其中该弦乐器具有多根弦，所述调谐装置可以通过操作进行多个调谐循环，其中每根弦被依次调谐。此外，在每个调谐循环中，所有的弦可以被同时调谐。

本发明还提供了一种用于具有一或多根弦的弦乐器的调谐装置，其包括：用于改变该弦或者每根弦的张力的致动机构；响应该弦或每根弦的振动而提供一个信号的检测机构；以及响应所述信号控制所述致动机构将该弦或者每根弦的振动频率向其所需频率改变的分析机构，其特征在于，该致动机构包括一个电动机、一个齿轮箱和一个用于连接到所述弦的主轴，所述电动机、齿轮箱和主轴成一直线排列。

本发明还提供了用于具有多根弦的弦乐器的调谐装置的分析机构，其可接收响应于所述弦的振动的信号，产生输出来控制一个致动机构来调节所述弦的张力，该分析机构可接收响应于所有所述弦的振动的信号并执行一个调谐循环，其特征在于，该调谐循环包括下述步骤：设置一个可重新配置的滤波器以选择一个对应于所述弦中被选定的一根弦的振动频率的信号，产生一个要传递给所述致动机构以改变所述一根弦的振动频率的信号，并对每根弦重复上述过程。

按照本发明的第二方面，提供一种具有多根弦并且包括按照本发明的调谐装置的吉它。

检测机构可以包括被提供在所述吉它上的拾音器。

拾音器可以包括响应所有弦的线圈，或者另外可以包括多个线圈，每个线圈响应一根所述的弦。

其中致动机构包括一电动机或者一电动机和一齿轮箱；弦可被

连接在桥板的一端，所述桥板被可回转地连接在吉它上，并且可以运动，以便改变弦的张力；提供一个机械块和所述桥板相连并且可以随所述桥板回转，所述机械块容纳所述电动机或者所述电动机和所述齿轮箱。

按照本发明的第三方面，提供具有多根弦的弦乐器的调谐方法，包括下述步骤：接收响应于所述弦的振动的信号，产生输出来控制一个致动机构来调节所述弦的张力，该方法包括下列步骤：接收响应于所有所述弦的振动的信号并执行一个调谐循环，其特征在于，该调谐循环包括下述步骤：设置一个可重新配置的滤波器以选择一个对应于所述弦中被选定的一根弦的振动频率的信号，产生一个要传递给所述致动机构以改变所述一根弦的振动频率的信号，并对每根弦重复上述过程。

所述乐器可以包括多根弦，每根所述弦最初被调谐到一个预置的频率范围内，其中所述乐器包括调谐装置，所述调谐装置包括一检测机构，以响应一或多根所述弦的振动提供一信号；致动机构，用于调整所述弦的张力，其通过一分析机构响应所述信号进行操作；所述方法包括以下步骤：使乐器所有的弦振动并执行一个调谐循环，该调谐循环包括测量所述弦中的一根弦的振动频率；操作所述致动机构，以调整所述一根弦的张力，以便改变所述一根弦的频率；并对每根弦重复上述过程。

所述方法可以包括执行多个所述调谐循环。

除去所述多个调谐循环的第一个循环之外的每个调谐循环还可以包括以下步骤：响应前述的调谐循环中所述致动机构的操作，测量所述一根弦的所述频率的变化，并相应地改变所述致动机构的操作。

其中分析机构包括一可重新配置的滤波器，所述方法还包括以下步骤：设置所述可重新配置的滤波器，使其具有一个相应于所述一根弦的所需频率的中心频率和相应于所述频率范围的宽度。

其中所述弦的一或多根最初处于所述预置频率范围的外部，所述方法可以包括以下在先的步骤：使所述一或多根弦中的一根振动，

设置所述滤波器使其具有一中心频率,并且提高所述中心频率以识别所述一根弦的频率,并提供所述弦的调谐状态的视觉指示。

该调谐装置可以包括按照本发明第一方面的调谐装置。

该弦乐器可以包括按照本发明第二方面的吉它。

附图说明

下面参照附图以举例方式说明本发明,其中:

图 1 是常规电吉它的示意的截面图;

图 2 是图 1 的电吉它的放大比例的局部示意截面图,被按照本发明的实施例进行了改进;

图 3 是按照本发明实施例的分析机构和致动机构的示意图;

图 4 是按照本发明实施例的行星齿轮箱的示意平面图;以及

图 5 是用于调谐吉它的弦的算法的操作流程图。

具体实施方式

图 1 表示一种典型的实心的六弦电吉它,其整体由标号 10 表示,带有颤音桥 11。吉它 10 包括本体 12,颈状部分 13 和其刚性地相连。头部 14 被刚性地连接在颈部 13 的末端,其内设置有调谐销 15。

颤音桥 11 位于本体 10 中的孔 16 内,颤音桥 11 包括桥板 17,在其下侧连接有一个块 18,在其上侧设置有 6 个滑板 19。桥板 17 的前沿 17a 被接收在支柱(abutment) 21 上设置的槽 20 中,支柱 21 通常包括两个带槽的柱。可弹性变形的元件例如一或多根螺旋弹簧 22 被连接在块 18 的下端和孔 16 的壁 16a 之间,用于迫使颤音桥 11 沿顺时针方向转动,如图 1 所示。

此吉它包括多根弦 23。每根弦 23 具有细长的端部 24,其被保持在块 18 上的套筒 18a 中。每根弦 23 通常经过合适的滑板 19 在颈部 13 的下面通过块 18 和桥板 17 中的单独的通道,其沿着在以后被称为“螺母” 24 的脊部提供的合适的槽,并因而到达合适的调谐销 15。调谐销 15 一般配备有蜗轮系统,用于使主轴按照需要旋转以便

使弦 23 张紧，但是同时借助于蜗轮反抗由于弦的张力引起的向后驱动而变松。因而弦 23 的谐振长度是螺母 24 和滑板 19 之间的长度，并且所产生的律音的音调取决于弦 23 的结构、调谐长度和由转动调谐销而施加到弦 23 上的张力。弦的合成张力趋于沿着由图 1 看到的反时针方向转动颤音桥 11，这由元件 24 的作用克服。因而，颤音桥 11 在由弦 23 施加的转矩和由于元件 22 产生的转矩之间保持平衡。操作者可以移动和颤音桥 11 相连的颤音手柄 25，从而使颤音桥 11 围绕其前缘 11a 转动。因而，颤音手柄 25 的操作将改变弦的张力，并且产生特征音效果。一或多个常规型的拾音装置 26 被设置在吉它本体上，以检测弦的振动并相应地提供电信号。

按照本发明的一个实施例，上述标准的颤音桥 11 由将要参照图 2 说明的颤音桥 30 代替。在图 2 中，和图 1 相同的特征使用相同的标号表示。提供一桥板 31，其前缘 31a 和以前一样被接收在支柱 21 上提供的槽 20 上，支柱 21 通常包括一对带槽的柱。用于每根弦的可转动的主轴 32 被接收在桥板 31 中，并且包括套筒 32a 以接收细长的弦端部 24，使得弦可以围绕主轴 32 被牢固地缠绕固定。每个主轴 32 借助于包括直流电机 33 的致动机构在电子控制装置（未示出）的控制下可以转动，所述直流电机通过多级行星齿轮箱 34 驱动主轴 34。主轴 32 沿着一个方向的转动使弦缠绕，因此增加张力，因而提高音调。该主轴沿相反的方向转动使张力减少，因而降低音调。主轴的转动方向通过利用合适极性的控制信号驱动直流电机可以容易地选择。齿轮箱的传动比必须较高，因为直流电机在非常低的输出转矩下一般具有很高的转速，而为了进行精确的调谐控制，要求缠绕弦 23 的主轴以很低的转速转动，并且克服非常大的转矩。为了维持精确的调谐，不需要专用的主轴锁定装置，因为在这种高传动比的齿轮箱中的不可避免的少量的摩擦便可以阻止电动机 33 回转。一组 6 个这种电机 33 和齿轮箱 34，即一个电机和一个齿轮箱用于一根弦，它们被并排地设置在和桥板 31 相连的块 35 中。用于行星齿轮箱的内齿形被形成在块 35 用于接收齿轮箱 34 的孔中。电机 33 通常是但不必是相同，尽

管不同的弦 23 的特性不同,例如所需的张力在程度上是十分不同的。类似地,齿轮箱 34 也通常是但不必是相同。颤音桥 30 以常规方式被安装在吉它本体 12 上的孔 16 中,并由元件 22 克服弦 23 的张力而维持在平衡状态。使用手柄 25 进行颤音的一般操作被保留,因为电动机和齿轮箱被整体容纳在块的颤音桥 30 内。因此,为了容纳颤音桥 30 不需要改变吉它本体 12。

图 4 是行星齿轮箱 34 之一的平面图。齿轮箱 34 被容纳在块 35 中提供的孔 35a 中,图中以局部剖视的方式示出了块 35。齿轮箱 34 包括由直流电机驱动的输入轴 36 和与主轴 32 呈驱动连接的输出轴 37。该行星齿轮箱包括 6 个级 A。每个级包括最好和 3 个行星齿轮 38a 啮合的太阳齿轮 38。行星齿轮 38a 最好和在孔 35a 的表面 35b 上提供的内齿啮合。行星齿轮 38a 被可转动地支撑在载体 39 上,载体 39 则通过输出轴 39a 和下一个行星级 A 的太阳齿轮 37 驱动地相连。齿轮箱的每个级 A 提供一速度的减少和转矩的增加。根据需要,可以包括数量不同的行星级 A。

图 3 示意地表示该调谐装置的电子控制装置 40。电子控制装置 40 的每个部分包括常规的电子元件并且根据需要可以使用所述电子元件的任何配置,以提供每个部分所需的功能。

来自图 1 和图 2 中所示拾音器 26 的信号在线路 41 上被提供给包括模拟带通滤波器 42 的第二滤波器机构。模拟带通滤波器 42 只允许含有所有弦的基频的频带宽度内的信号通过,同时阻止尽可能多的高频谐波通过。模拟带通滤波器 42 放大被滤波信号,然后在线路 43 上提供给数字信号处理(DSP)微控制器 44。提供用于每根弦的电动机 33a,33b,33c,33d,33e,33f,每个电动机响应相应的电机控制器 45a,45b,45c,45d,45e,45f 而被操作,以改变相应弦的张力。为了提供每根弦调谐状态的视觉指示,提供由 46 表示的显示机构,其最好包括多个发光二极管(LED)(未示出)。由电池 47 向电子控制装置 40 提供电力。提供有方式开关 48,用来使操作者选择微控制器 44 的操作方式。

微控制器 44 包括模/数转换器，用于把来自模拟带通滤波器 42 的模拟信号转换为量化的数字信号。模/数转换最好提供 8-位信号，虽然在需要时也可以使用其它位数的数字信号。微控制器 44 还包括用于检测和测量相应于每根弦的数字信号的频率分量的装置。然后，微控制器响应来自拾音器 23 的信号，通过在线路 49a, 49b, 49c, 49d, 49e, 49f 上向相应于每个电机的电机控制器 45a-45f 发送控制信号，控制每个电机 33a,33b,33c,33d,33e,33f。

微控制器 44 可以是一个 8-位的装置，或者是 16 位的装置，或者根据需要可以使用任何的位数。此外，可以使用任何合适的可编程装置。

方式开关 48 可被移动到 3 个位置中的任何一个位置。当方式开关 48 处于第一位置时，选择第一方式，以后称为 OFF 方式，吉它可以在不用调谐装置的情况下演奏。吉它也可以被手动地调谐而不借助于调谐装置。当下面被称为 TUNE 方式的第二方式被选择时，操作者乱弹所有的弦，微控制器 44 工作，从而把所有的弦调谐到例如所需音调的 ± 0.02 半音内。为了使弦能够被调谐，例如可以连续地选择 TUNE 方式，即下面被称为 SET 方式的第三方式。在这种方式下，操作者使用吉它头部上的键以常规方式调谐各根弦，并提供视觉指示，以便表明弦已被调整到预定的频率范围，在此频率范围，可以选择 TUNE 方式。

在本例中，在微控制器 44 中提供的用于检测和测量数字信号的频率分量的装置，最好包括具有可重新配置的数字带通滤波器的第一滤波器机构。最好选择模拟带通滤波器 42 的带宽，以排除数字带通滤波器的采样频率。在本例中，数字带通滤波器的采样频率在测试低的 E, A, D 和 G 弦时是 2kHz，当测试 B 弦和高的 E 弦时是 4kHz。数字带通滤波器的中心频率和带宽可以被设置，从而使得数字带通滤波器可以被设置为具有相应于要被调谐的弦的所需频率的中心频率，并具有按照选择 SET 方式或者选择 TUNE 方式的带宽。落在数字带通滤波器的带宽内的信号中所含的唯一频率将被数字带通滤波器通

过。被通过的频率将具有数字化的正弦波形式，并通过测量波形“过零”之间的时间测量频率。通过在和过零点相邻的信号值之间进行线性内插，因而可以更精确地计算过零点之间的时间，每个过零的时间可以被更精确地确定。如果需要，可以使用其它的识别和测量所需频率的技术，例如富立叶分析技术。

当选择 SET 方式时，例如当吉它被重新装弦时，操作者只拨弄其当前正在调谐的弦。数字带通滤波器的中心频率从最小频率增加频率开始扫描，直到数字带通滤波器通过信号为止。通过用这种方式扫描中心频率，可检测弦的基本频率，并避免任何较高的谐波。使用上述的过零方法测量被通过的信号的频率。由通过的信号落入的频率范围识别正在被调谐的弦，并且将通过的信号的频率和该弦所需的频率比较。然后由 LED 板 20 提供弦的调谐状态的可视指示，其包括 6 个 LED，每个相应于一根弦。LED 最好是 3 种颜色的，例如当弦的频率太高时可以显示第一种颜色，例如红色；当频率太低时显示第二种颜色例如黄色；当频率在预置的范围内，即微控制器可以 TUNE 方式调谐时可以显示第三种颜色，例如绿色。因而操作者可以响应由 LED 表示的调谐信息对弦手动地调谐，直到所有的 LED 都显示第三种颜色，表示可以选择 TUNE 方式使得自动地完成调谐为止。每根弦所需的频率和可重新配置的数字带通滤波器的参数可被保持在微控制器 44 内的存储器中。微控制器 44 可以保持许多不同的调谐方式，并且可以由操作者选择。利用合适的检测和分析机构，当然可以提供 SET 方式，其中所有的弦被同时乱弹。

当选择 TUNE 方式时，微控制器 44 执行图 5 所示的步骤。可重新配置的数字滤波器被设置为低 E 弦，该系统等待具有被称为限制 1 的预定阈值以上的幅值的信号。操作者乱弹吉它的所有的弦，并使信号从拾音器 26 输入到微控制器 44。一旦信号被检测到，微控制器在继续之前等待第一设置周期，以便消除任何瞬变信号。

当吉它弦被乱弹时，它起初在高于基本频率的频率下振动。较高频率的持续时间和幅值取决于弦被乱弹的强度。当然，乱弹的强度

可以由来自该弦的信号的初始幅值计算出来。一旦第一设置周期经过，由于初始信号来自低 E 弦，因而允许经过进一步时间延迟，以便使此初始的较高频率的振动消失，并使此弦“固定”在其基本频率上。所述进一步时间延迟可以是固定的，例如两秒，或者可以根据初始检测的幅值而改变。

一旦进一步时间延迟经过，只要来自低 E 弦的信号的幅值下降到被称为限制 2 的预定的最小阈值以下时，每根弦的频率分量的测量便开始。如果需要，任何弦都可以被测试，不过最好测试来自低 E 弦的信号的幅值，因为这根弦的初始较高频率的振动消失所需的时间最长。

作为进一步的检查，可以对于一种变化测量低 E 弦的振动频率，以便检查该弦是否被调整到其基本频率上。

一旦经过所述的时间延迟而且/或且低 E 弦被调整到其基本频率上，并且来自低 E 弦的信号的幅值下降到限制 2 以下，调谐装置便执行多个调谐循环。在每个调谐循环中，从低 E 弦开始，可重新配置的数字带通滤波器的中心频率被依次设置到所有弦的所需的频率上。测量由可重新配置的数字带通滤波器通过的信号的幅值。如果所述幅值低于被称为限制 3 的预定的最小阈值，则调谐装置认为没有信号，因而不再进行该弦的调谐，并且移动到下一根弦。设置预定的最小阈值以便排除由数字带通滤波器的不稳定性产生的任何伪信号。

然后测量由可重新配置的数字带通滤波器通过的信号的频率，并计算其离开该弦所需频率的距离。一个包括一个信号脉冲的信号被发送给合适的电机控制器，以使所述弦的电机转动，从而根据需要增加或减少所述弦的张力，此脉冲的长度决定电机操作的时间长短，因而决定张力变化的大小，而此脉冲的极性决定电机转动的方向，因而决定张力是被增加还是被减少。然后，对其余的每根弦进行这一过程。在改变一根弦的张力的同时改变其余弦中的张力，按照需要重复该调谐循环，直到所有的弦或者都被调谐，或者信号低于限制 3。可能出现这样的情况，在一些弦被正确地调谐，而另一些弦由于低于限制 3

的弦的信号的幅值而未被完全调谐之后，调谐可能停止，在这种情况下，这些弦可以再被乱弹，以便调谐其余的弦。

因为所有的弦都被乱弹，所以在来自拾音器的信号中，不仅存在每根弦的基本频率，而且存在处于模拟带通滤波器 42 的带宽内的那些较高的谐波频率。一些谐波频率接近于其它弦的基本频率，而且数字带通滤波器的带宽在 TUNE 方式下对于每个基本频率被选择得足够窄，以便排除任何附近的谐波频率，因而要求使用 SET 方式对于要被调谐的弦调谐到预置的频率范围。对于 B 弦和高的 E 弦，较低的弦的谐波频率太接近基本频率，因而改为测量 B 弦和高的 E 弦的一次谐波。通过改变 B 弦和高的 E 弦的张力，使一次谐波达到其正确的值，每根弦的基本频率也被调谐到所需的频率。当完成一个调谐循环时，根据正在被测试的弦把采样频率设置为其合适的值。

最好是数字带通滤波器的带宽被设置在中心频率的 $\pm 6-8\%$ 内，即，大约半音内。

此外，可以使用多个滤波器，它们具有固定的或可重新配置的参数，代替单个可重新配置的数字带通滤波器。使用单个可重新配置的数字带通滤波器可以减少硬件的使用，因而降低调谐装置的成本。

在第一个调谐循环期间，发送给电机控制器的脉冲的长度按照预定的规则选择。在第二个以及以后的调谐循环期间，测量由前一个调谐循环中产生的脉冲引起的弦的频率改变，并计算由给定的脉冲长度产生的所述弦的频率变化。然后，使用这个校正信息可以改变在下一个调谐循环中产生的脉冲的长度。这个学习过程使得不需要在调谐之前进行初始的单独的校准处理。它还能使此电子控制装置调谐特性稍微不同的弦，例如由不同的制造者制造的弦，或者由于老化或长期使用而变劣的弦。如果需要，也可以使用其它的脉冲方法，例如把许多脉冲发送给该电机控制器，并且该电机移动的距离取决于脉冲的宽度（脉宽调制），或者取决于脉冲数。

在本例中的每个调谐循环大约 1.2-1.5 秒。在理想情况下，调谐弦所需的调谐循环应当不大于 3 个。一次吉它弦的乱弹至少持续 5

秒，这足以允许进行至少两次或3次调谐循环。在每一循环中用于每根弦的调谐时间和弦的频率成反比，因而，除去B和高E弦之外，通过测量一次谐波而不是一些或所有弦的基本谐波可以加速调谐循环。

在TUNE方式下，三色LED可被操作用于表示弦的状态。例如未调谐的弦可用红色LED表示，被调谐的弦用绿色LED表示，其信号的幅值落在限制3以下的弦用黄色LED表示。

低E弦是在调谐循环期间要被调谐的第一根弦，因为低E弦张力的变化对其它弦的张力的影响最大。根据一根弦对其它弦的影响相继地对它们进行调谐，高E弦被最后调谐。

在操作电动机的程序并不改变弦的频率的场合下，微控制器可以识别其中的原因。此微控制器可以监视每个电机的电流。如果电机未通过电流，可能是该电机已经断开；或者如果另一根弦的频率改变，则说明电机连接错误。如果电机的电流正常而另一根弦的频率改变，则表示在被测量的频率范围内的弦的调谐不正确。如果电机的电流过高，则表示电机被机械地卡住。可以提供合适的视觉指示，以便引起操作者的注意，寻找故障原因。

显然，可以采用合适的电子装置，例如可以设置多个检测线圈，其每个相应于一或几根弦，例如采用6个检测线圈，每个线圈对应于一根弦。在这种情况下，可以省略滤波器机构，因为每根弦可以产生单独的信号，因而不需要从构成合成信号的信号串中选择频率。电子装置的实际尺寸最好使其可以被接收在吉它本体内的检测和控制装置的下面，并且颤音桥30不需要因吉它本身而改变。

虽然本例以调谐E弦为例说明吉它的调谐，但是应当理解，本发明的调谐装置可以调谐任何需要调谐的乐器，不管是否是常规的。这种调谐装置可以存储多个调谐参数，并且在需要时能够选择所需的一个，以便对吉它进行调谐。这种调谐装置还可以存储由操作者指示的常规调谐，供以后按照存储的调谐参数进行吉它调谐。

应当理解，本发明可以根据需要适用于任何适合的弦乐器。

以上的说明书中，或者下面的权利要求或者附图中所公开的特征，都是为了便于说明而以其特定的形式或者根据实现所公开的功能的装置，或者按照为达到所公开的结果的方法或过程来表示的，在实现本发明时，可以单独地或者组合地利用这些特征。

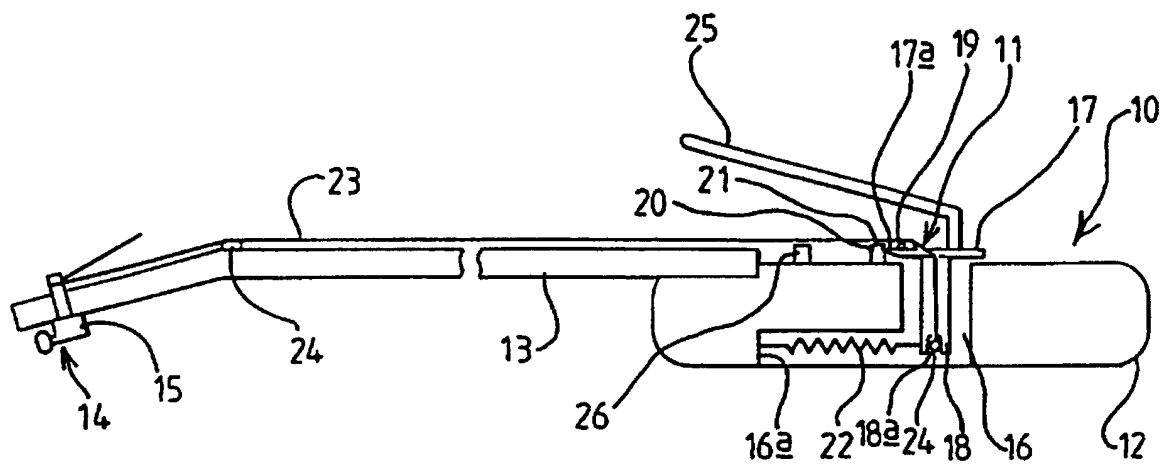


图 1

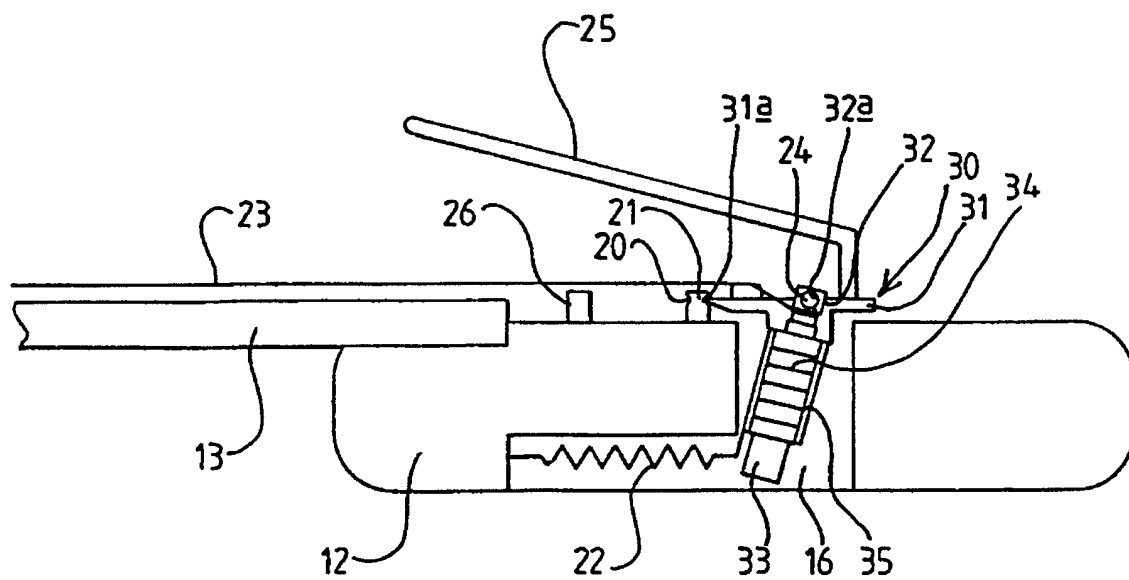


图 2

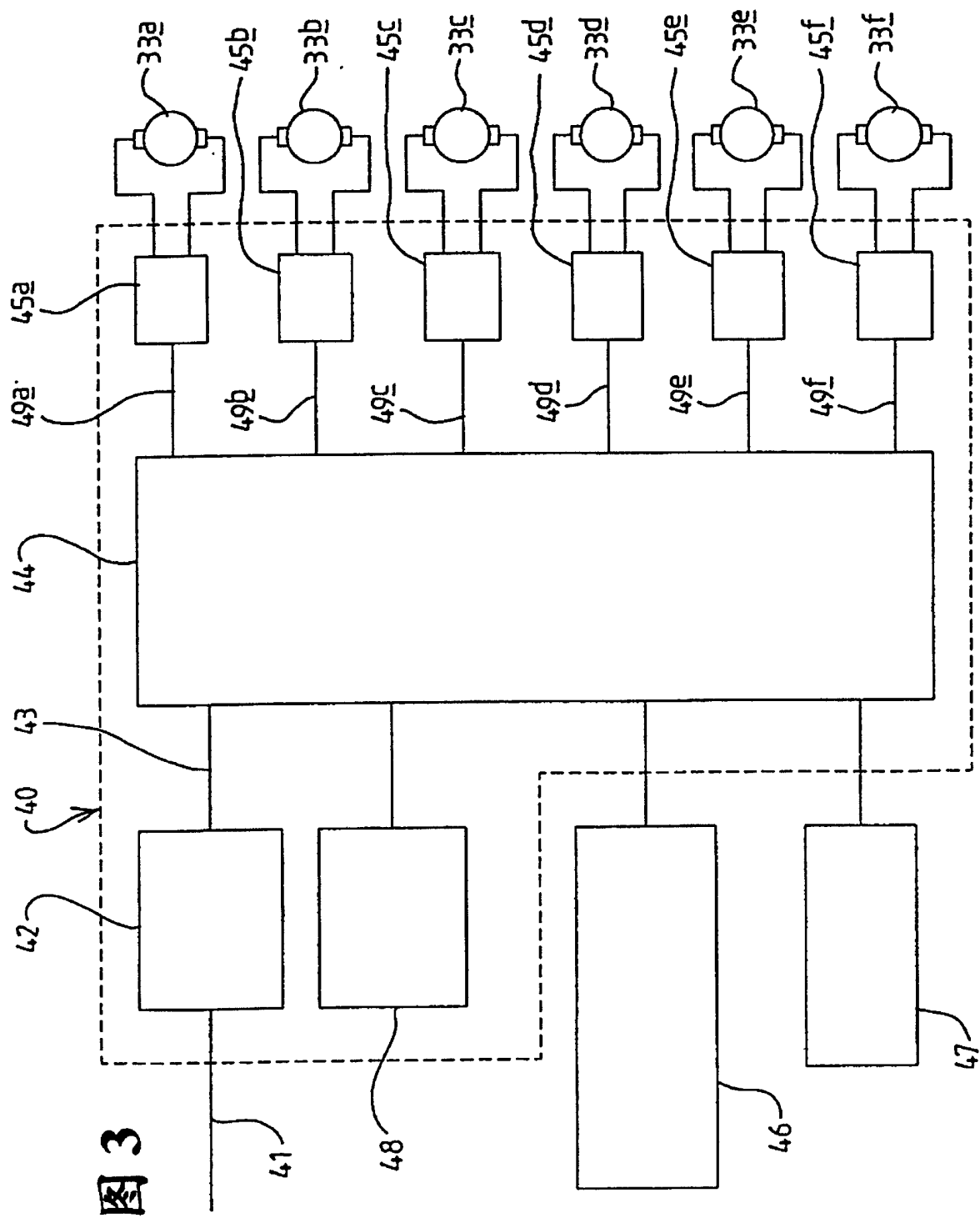


图 3

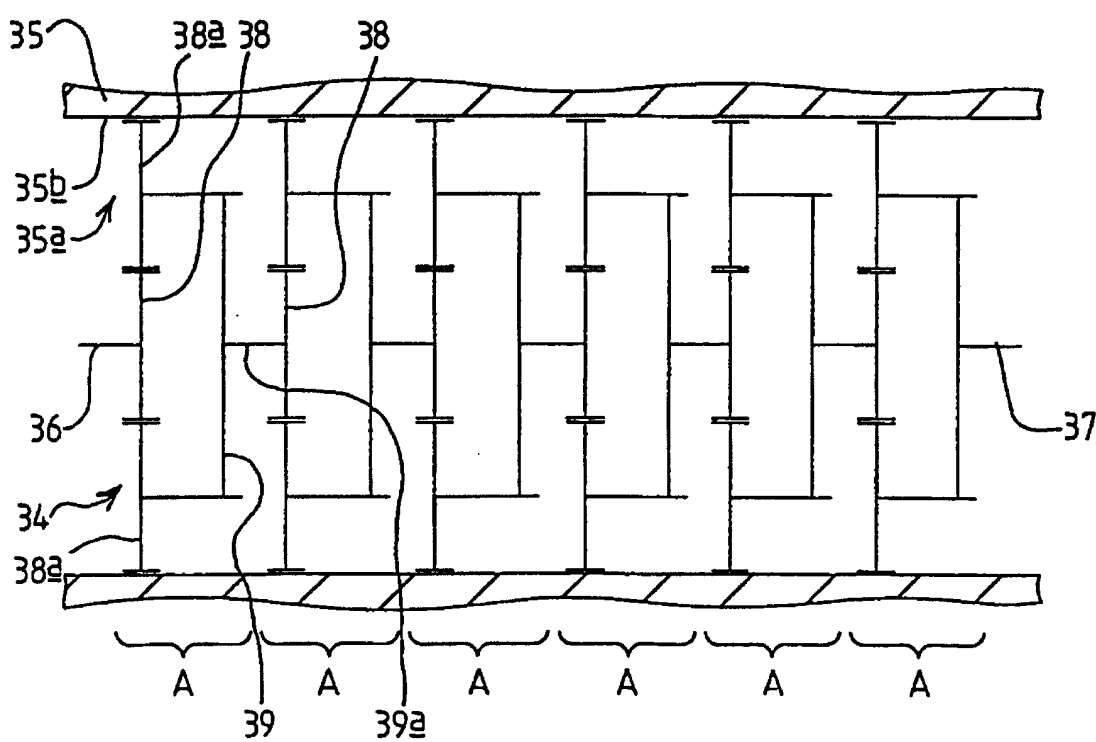


图 4

