



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103095215 B

(45)授权公告日 2017. 03. 01

(21)申请号 201210420874.3

(22)申请日 2012.10.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103095215 A

(43)申请公布日 2013.05.08

(30)优先权数据

2011-241545 2011.11.02 JP

(73)专利权人 日本电波工业株式会社

地址 日本东京涉谷区笹塚一丁目50番1号

笹塚NA大楼

(72)发明人 小林薰

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理

有限公司 11205

代理人 臧建明

(51)Int.Cl.

H03B 5/04(2006.01)

(56)对比文件

JP 2001292030 A, 2001.10.19,

JP 2006033195 A, 2006.02.02,

JP 2007108170 A, 2007.04.26,

CN 102195603 A, 2011.09.21,

审查员 李婧雯

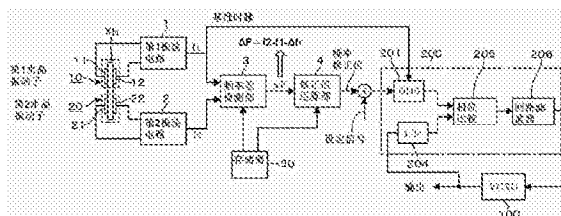
权利要求书2页 说明书15页 附图13页

(54)发明名称

振荡装置

(57)摘要

本发明提供一种振荡装置。利用共通的晶片构成第1及第2晶体振动子,并且,将分别连接于所述多个晶体振动子的第1及第2振荡电路的振荡输出设为 f_1 、 f_2 ,将基准温度时的第1及第2振荡电路的振荡频率分别设为 f_{1r} 、 f_{2r} 时,将对应于如下差分值的值视作此时的温度,该差分值是对应于 f_1 与 f_{1r} 的差分的值、和对应于 f_2 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分值。然后,基于对应于该差分值的值,利用 f_1 的频率修正值的近似式,求出第1修正值,并根据作为该第1修正值和实测的频率修正值的差的修正残差,求出用于抵消该修正残差量的第2修正值。然后,根据所述第1修正值和第2修正值的和,求出频率修正值。



1. 一种振荡装置, 基于环境温度的检测结果, 来修正用于设定输出频率的设定信号, 所述振荡装置的特征在于包括:

第1晶体振动物, 在晶体片上设置第1电极而构成;

第2晶体振动物, 在晶体片上设置第2电极而构成;

第1振荡电路及第2振荡电路, 分别连接在所述第1晶体振动物及第2晶体振动物;

频率差检测部, 将所述第1振荡电路的振荡频率设为 f_1 , 将基准温度时的所述第1振荡电路的振荡频率设为 f_{1r} , 将所述第2振荡电路的振荡频率设为 f_2 , 将基准温度时的所述第2振荡电路的振荡频率设为 f_{2r} , 所述频率差检测部求出对应于差分值的值, 所述差分值是: 对应于 f_1 与 f_{1r} 的差分的值、和对应于 f_2 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分值;

第1修正值取得部, 基于(i)对应于所述频率差检测部检测的所述差分值的值、和(ii)表示: 对应于所述差分值的值、及因环境温度与基准温度不同引起的所述第1振荡电路的振荡频率 f_1 的频率修正值之间的关系的第一近似式, 而根据在(ii)的第一近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果, 来取得第1修正值;

第2修正值取得部, 在将所述第1近似式决定的第1修正值与预先实测的频率修正值之间的差分称为修正残差时, 基于(i)对应于所述差分值的值、和(iii)表示: 对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对对应于属于所述群的所述差分值的每个值而预先取得的修正残差之间的关系的第一近似式, 而根据在(iii)的第二近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果, 来取得第2修正值; 以及

加法部, 将所述第1修正值与第2修正值相加, 求出所述频率修正值;

振荡装置的输出是利用所述第1振荡电路的输出而生成,

基于所述加法部求出的所述频率修正值, 对所述设定信号进行修正。

2. 根据权利要求1所述的振荡装置, 其特征在于: 所述第一近似式将对应于所述差分值的值与实测的所述频率修正值的关系, 利用最小二乘法予以进行多项式近似。

3. 根据权利要求1所述的振荡装置, 其特征在于: 所述第二近似式在针对属于所述群且相互邻接排列的差分值所对应的值而取得的修正残差之间, 利用1次函数予以插补。

4. 根据权利要求1所述的振荡装置, 其特征在于: 所述第一修正值取得部及第2修正值取得部利用 $\{(f_2 - f_{2r}) / f_{2r}\} - \{(f_1 - f_{1r}) / f_{1r}\}$, 作为对应于差分值的值, 所述差分值是: 对应于 f_1 与 f_{1r} 的差分的值、和对应于 f_2 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分值。

5. 根据权利要求1所述的振荡装置, 其特征在于所述频率差检测部包括:

脉冲生成部, 生成所述 f_1 与 f_2 的差分频率的脉冲;

直接数字合成器电路部, 以对应于输入的直流电压的大小的频率, 输出信号值与时间一同重复增加、减少的频率信号;

锁存电路, 利用所述脉冲生成部生成的脉冲, 对从所述直接数字合成器电路部输出的频率信号予以锁存;

回路滤波器, 对由所述锁存电路锁存的信号值进行积分, 将积分值作为对应于所述差分值的值予以输出; 以及

加法部, 获取所述回路滤波器的输出、和对应于 f_{1r} 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分, 作为输入值而输入至所述直接数字合成器电路部。

6. 根据权利要求1所述的振荡装置, 其特征在于: 第1晶体振动物的晶体片与第2晶体振

动子的晶片为共通化。

7. 根据权利要求1所述的振荡装置,其特征在于:

所述第1修正值取得部是,

取代:基于(i)对应于所述频率差检测部检测的所述差分值的值、和(ii)表示:对应于所述差分值的值、及因环境温度与基准温度不同引起的第1振荡电路的振荡频率 f_1 的频率修正值之间的关系的第1近似式,而根据在(ii)的第1近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值,

而执行:基于(i)对应于所述频率差检测部检测的所述差分值的值、和(iv)表示:对应于所述差分值的值、及因使与第1晶体振动物子及第2晶体振动物子不同的其他晶体振动物子振荡的其他振荡电路的环境温度与基准温度不同而引起的振荡频率 f_0 的频率修正值之间的关系的第1近似式,而根据在(iv)的第1近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值;

所述第2修正值取得部是,

取代:基于(i)对应于所述差分值的值、和(iii)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对属于所述群的所述差分值所对应的每个值而预先取得的修正残差之间的关系的第2近似式,而根据在(iii)的第2近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值,

而执行:在将所述第1近似式决定的第1修正值、与针对所述其他晶体振动物子而预先实测的频率修正值之间的差分称为修正残差时,基于(i)对应于所述差分值的值、和(v)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对属于所述群的所述差分值所对应的每个值而预先取得的修正残差之间的关系的第2近似式,而根据在(v)的第2近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值;且

所述振荡装置的输出是,取代利用所述第1振荡电路的输出生成,而是利用所述其他振荡电路的输出生成。

振荡装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种振荡装置,该振荡装置检测晶体振动子所处的温度,基于温度检测结果来进行输出频率的温度补偿。

背景技术

[0002] 当将晶体振荡器(crystal oscillator)装入至需要极高频率稳定度的应用系统(application)时,通常一般是使用恒温槽控制晶体振荡器(Oven Controlled Crystal Oscillator,OCXO),而OCXO装置规模大,且耗电大。因此,研究了利用构成简单且耗电少的温度补偿晶体振荡器(Temperature Compensated Crystal Oscillator,TCXO),然而,与OCXO相比,TCXO的缺点在于频率对温度的稳定度差。

[0003] 图20表示TCXO的一般构成。90是晶体振动子,91是振荡电路,通过改变从控制电压产生部93供给至电压可变电容元件92的控制电压,来控制电压可变电容元件92的电容,而调整振荡频率(输出频率)。

[0004] 晶体振动子90的频率会根据温度发生变化,因此,控制电压产生部93根据由温度检测器94检测出的温度,来修正控制电压。具体来说,在存储器95内存储例如3次函数,即:将晶体振动子90的频率温度特性以基准温度进行标准化后的函数,且基于所述函数(频率温度特性),而读出与温度检测值相对应的频率。即,将相对于基准温度时的频率来说、此时的温度下的频率的偏移程度予以读出,且将与所述频率的偏移量相对应的控制电压作为温度补偿量,而从对应于基准温度时的频率的控制电压中扣除。

[0005] 然而,若要进行极微细的温度修正控制,则规定频率温度特性的函数的数据量变大,存储器95需要大容量,因此会导致高价格。另外,由于温度检测器通常是使用热敏电阻(thermistor),因此即便增大所述数据量,但因温度检测器的检测精度存在极限,而无法期待频率精度的提高。

[0006] 另外,温度检测器94与晶体振动子90的配置位置不同,故无法准确获得晶体振动子90的实际的温度信息,从该观点来说,也无法期待频率精度的提高。

[0007] 在专利文献1的图2及图3中,记载了:将2对电极设置在共通的晶体片,而构成2个晶体振动子(晶体共振器)的内容。而且,在段落0018中记载了与如下方法相同的方法,即,由于根据温度变化,2个晶体振动子之间会出现频率差,因此,通过测量所述频率差,来对温度进行测量。而且,将所述频率差 Δf 与应修正的频率的量的关系存储到只读存储器(Read Only Memory,ROM),基于 Δf 来将频率修正量予以读出。

[0008] 但是,如段落0019所记载,所述手法必须对晶体振动子进行调整,以使所期望的输出频率 f_0 、与2个晶体振动子的各自的频率 f_1 、 f_2 ,处于 $f_0 \approx f_1 \approx f_2$ 的关系,因此,存在如下问题,即,晶体振动子的制造步骤变得复杂,且无法获得高良率。另外,如专利文献1的图4所示,以固定时间对来自各晶体振动子的频率信号即时脉(clock)进行计数(count),而求出上述差分($f_1 - f_2$),因此,检测精度会对检测时间产生直接影响,从而难以进行高精度的温度补偿。

- [0009] 现有技术文献
[0010] 专利文献
[0011] 专利文献1:日本专利特开2001-292030号

发明内容

[0012] 本发明是鉴于此种情况研究而成的发明,本发明的目的在于:提供一种能够高精度地进行输出频率的温度补偿的振荡装置。

[0013] 本发明是一种振荡装置,基于环境温度的检测结果,对用于设定输出频率的设定信号进行修正,该振荡装置的特征在于包括:

[0014] 第1晶体振动子,在晶体片上设置第1电极而构成;

[0015] 第2晶体振动子,在晶体片上设置第2电极而构成;

[0016] 第1振荡电路及第2振荡电路,分别连接在所述第1晶体振动子及第2晶体振动子;

[0017] 频率差检测部,将第1振荡电路的振荡频率设为 f_1 ,将基准温度时的第1振荡电路的振荡频率设为 f_{1r} ,将第2振荡电路的振荡频率设为 f_2 ,将基准温度时的第2振荡电路的振荡频率设为 f_{2r} ,所述频率差检测部求出与如下差分值对应的值,上述差分值是:对应于 f_1 与 f_{1r} 的差分的值、和对应于 f_2 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分值;

[0018] 第1修正值取得部,基于(i)对应于所述频率差检测部检测出的所述差分值的值、和(ii)表示:对应于所述差分值的值、及因环境温度与基准温度不同引起的第1振荡电路的振荡频率 f_1 的频率修正值之间的关系的第一近似式,而根据在(ii)的第一近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值;

[0019] 第2修正值取得部,在将所述第1近似式决定的第1修正值、与预先实测的频率修正值之间的差分称为修正残差(residual)时,基于(i)对应于所述差分值的值、和(iii)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对对应于属于所述群的所述差分值相对应的每个值而预先取得的修正残差之间的关系的第二近似式,而根据在(iii)的第二近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值;以及

[0020] 加法部,将所述第1修正值与第2修正值相加,求出所述频率修正值;

[0021] 振荡装置的输出是利用所述第1振荡电路的输出而生成;

[0022] 基于所述加法部求出的所述频率修正值,对所述设定信号进行修正。

[0023] 所述振荡装置还可以具备以下特征。

[0024] (a)所述第1近似式将对应于所述差分值的值与实测的所述频率修正值的关系,利用最小二乘法予以进行多项式近似。

[0025] (b)所述第2近似式在针对属于所述群且相互邻接排列的差分值所对应的值而取得的修正残差之间,利用1次函数予以插补(interpolate)。

[0026] (c)所述第1修正值取得部及第2修正值取得部利用 $\{(f_2-f_{2r})/f_{2r}\}-\{(f_1-f_{1r})/f_{1r}\}$,作为对应于如下差分值的值,该差分值是对应于 f_1 与 f_{1r} 的差分的值、和对应于 f_2 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分值。

[0027] (d)频率差检测部包括:脉冲生成部,生成所述 f_1 与 f_2 的差分频率的脉冲;直接数字合成器(Direct Digital Synthesizer, DDS)电路部,以对应于输入的直流电压的大小的频率,输出信号值与时间一同重复增加、减少的频率信号;锁存电路,利用所述脉冲生成部

生成的脉冲,对从所述DDS电路部输出的频率信号予以锁存;回路滤波器,对由所述锁存电路锁存的信号值进行积分,将积分值作为对应于所述差分值的值予以输出;以及加法部,获取所述回路滤波器的输出、和对应于 f_{1r} 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分,作为输入值而输入至所述DDS电路部。

[0028] (e)第1晶体振动子的晶体片与第2晶体振动子的晶体片为共通化。

[0029] (f)所述第1修正值取得部是,

[0030] 取代:基于(i)对应于由所述频率差检测部检测出的所述差分值的值、和(ii)表示:对应于所述差分值的值、及因环境温度与基准温度不同引起的第1振荡电路的振荡频率 f_1 的频率修正值之间的关系的第1近似式,而根据在(ii)的第1近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值,

[0031] 而执行:基于(i)对应于由频率差检测部检测出的所述差分值的值、和(iv)表示:对应于所述差分值的值、及因使与第1晶体振动子及第2晶体振动子不同的其他晶体振动子振荡的其他振荡电路的环境温度与基准温度不同而引起的振荡频率 f_0 的频率修正值之间的关系的第1近似式,而根据在(iv)的第1近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值;

[0032] 所述第2修正值取得部是,

[0033] 取代:基于(i)对应于所述差分值的值、和(iii)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对对应于属于所述群的所述差分值的每个值而预先取得的修正残差之间的关系的第2近似式,而根据在(iii)的第2近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值,

[0034] 而执行:在将所述第1近似式决定的第1修正值、与针对所述其他晶体振动子预先实测的频率修正值之间的差分称为修正残差时,基于(i)对应于所述差分值的值、和(v)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对对应于属于所述群的所述差分值的每个值而预先取得的修正残差之间的关系的第2近似式,而根据在(v)的第2近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值;且

[0035] 所述振荡装置的输出是,取利用所述第1振荡电路的输出生成,而是利用所述其他振荡电路的输出生成。

[0036] 发明的效果

[0037] 本发明在基于环境温度的检测结果来修正输出频率的振荡装置中,若将第1及第2振荡电路的振荡输出设为 f_1 、 f_2 ,将基准温度时的第1及第2振荡电路的振荡频率分别设为 f_{1r} 、 f_{2r} ,则将对应于 f_1 与 f_{1r} 的差分的值、与对应于 f_2 与 f_{2r} 的差分的值之间的差分值所对应的值视作此时的温度,且由于所述值与温度的相关度极高,因此,能够高精度地进行输出频率的温度补偿。而且,此时,基于对应于所述差分值的值,利用 f_1 的频率修正值的近似式(第1近似式),求出第1修正值,并通过所述第1修正值与实测的频率修正值之间的差即修正残差的近似式(第2近似式),求出用于抵消该修正残差量的第2修正值。而且,根据所述第1修正值和第2修正值的和,求出频率修正值,借此能够减少求出第1修正值时因利用近似式而产生的误差,从而可进行高精度的温度补偿。

附图说明

- [0038] 图1是表示本发明的实施方式的全体构成的框图。
- [0039] 图2是表示本发明的实施方式的一部分的框图。
- [0040] 图3是图2所示的一部分的输出的波形图。
- [0041] 图4(a)~(c)是示意性表示包含图2所示的DDS电路部的回路中未锁定的状态的各部分的波形图。
- [0042] 图5(a)~(c)是示意性表示包含图2所示的DDS电路部的回路中已锁定的状态的各部分的波形图。
- [0043] 图6(a)、图6(b)是与对应于上述实施方式的实际装置相关的所述回路中的各部分的波形图。
- [0044] 图7是表示第1振荡电路的频率 f_1 及第2振荡电路的频率 f_2 与温度的关系的频率温度特性图。
- [0045] 图8是表示 f_1 、 f_2 分别经标准化后的值与温度的关系的频率温度特性图。
- [0046] 图9是表示 f_1 经标准化后的值与温度的关系、及 f_1 经标准化后的值和 f_2 经标准化后的值的差分 ΔF 与温度的关系的频率温度特性图。
- [0047] 图10是表示图9的纵轴经标准化后的值、与频率修正值的关系的特性图。
- [0048] 图11是表示修正值运算部的框图。
- [0049] 图12是表示设于所述修正值运算部的第1修正值运算部的框图。
- [0050] 图13是表示修正残差相对于所述差分值 ΔF 的关系的特性图。
- [0051] 图14是针对每个预先设定间隔的差分值而取得所述修正残差并绘图而成的特性图。
- [0052] 图15是表示设于所述修正值运算部的第2修正值运算部的框图。
- [0053] 图16是表示所述第2修正值运算部的作用的第1说明图。
- [0054] 图17是表示所述第2修正值运算部的作用的第2说明图。
- [0055] 图18是表示利用第1修正值及第2修正值而经修正后的修正残差相对于所述差分值 ΔF 的关系的特性图。
- [0056] 图19是表示频率差检测部的动作模拟的特性图。
- [0057] 图20是表示以往的TCXO的构成图。
- [0058] 符号的说明：
- [0059] 1:第1振荡电路
- [0060] 2:第2振荡电路
- [0061] 3:频率差检测部
- [0062] 4:修正值运算部
- [0063] 10:第1晶体振动物子
- [0064] 20:第2晶体振动物子
- [0065] 21、22:电极
- [0066] 30:存储器
- [0067] 31:正反器电路
- [0068] 32:单触发电路
- [0069] 33:锁存电路

- [0070] 34:回路滤波器
- [0071] 35、400:加法部
- [0072] 36、201:DDS电路部
- [0073] 37:平均化电路
- [0074] 40:第1修正值运算部
- [0075] 41:加法部
- [0076] 50:第2修正值运算部
- [0077] 90:晶体振动物子
- [0078] 91:振荡电路
- [0079] 92:电压可变电容器
- [0080] 93:控制电压产生部
- [0081] 94:温度检测器
- [0082] 95:存储器
- [0083] 100:电压控制振荡器
- [0084] 200:控制电路部
- [0085] 204:分频器
- [0086] 205:相位频率比较部
- [0087] 206:回路滤波器
- [0088] 301:除法参数表格
- [0089] 302:修正残差表格
- [0090] 401~409:运算部
- [0091] 410:圆滑处理电路
- [0092] 510:位置算出部
- [0093] 511:加法部
- [0094] 512:除法电路
- [0095] 513:常数加法部
- [0096] 520:修正残差选择部
- [0097] 521:第1选择器
- [0098] 522:第2选择器
- [0099] 530:第2修正值算出部

具体实施方式

[0100] 图1是表示本发明的振荡装置的实施方式的整体的框(block)图。所述振荡装置是作为将设定了频率的频率信号予以输出的频率合成器(synthesizer)的构成,且所述振荡装置包括:电压控制振荡器100,使用了晶体振动物子;控制电路部200,构成所述电压控制振荡器100的锁相回路(Phase locked loop,PLL);以及温度补偿部,进行输入至所述控制电路部200的基准时脉的温度补偿。温度补偿部虽然没有附加符号,但相当于图1中比控制电路部200更靠左侧的部分。

[0101] 控制电路部200利用相位频率比较部205,比较从直接数字合成器(Direct

Digital Synthesizer, DDS) 电路部201输出的参考(reference)(参照用)时脉、与由分频器(frequency divider)204对电压控制振荡器100的输出进行分频所得的时脉的相位,并利用未图示的电荷泵(charge pump)使作为比较结果的相位差实现模拟(analog)化。将经过模拟化的信号输入至回路滤波器(loop filter)206,以使PLL(Phase locked loop)稳定的方式进行控制。因此,控制电路部200也可以称为PLL部。于此,DDS电路部201会将从后述第1振荡电路1输出的频率信号用作基准时脉,而被输入频率数据(数字值),所述频率数据是用来输出目标频率的信号。

[0102] 但是,由于所述基准时脉的频率具有温度特性,因此,为了消除(cancel)所述温度特性,将与后述的频率修正值对应的信号、和输入至DDS电路部201的所述频率数据进行相加。通过修正输入至DDS电路部201的频率数据,因基于基准时脉的温度特性变动量引起的DDS电路部201的输出频率的温度变动量被消除,结果是,对于温度变动来说,参照用时脉的频率稳定,从而使得电压控制振荡器100的输出频率变得稳定。

[0103] 温度补偿部包括:第1晶体振动子10及第2晶体振动子20,所述第1晶体振动子10及第2晶体振动子20是使用共通的晶体片Xb而构成。即,例如在长度方向上、将短条状的晶体片Xb的区域一分为二,且在各分割区域(振动区域)的表背两面设置激发电极。因此,利用一方的分割区域和一对电极11、12构成第1晶体振动子10,利用另一方的分割区域和一对电极21、22构成第2晶体振动子20。因此,第1晶体振动子10及第2晶体振动子20可以说已热耦合。

[0104] 在第1晶体振动子10及第2晶体振动子20上,分别连接着第1振荡电路1及第2振荡电路2。所述振荡电路1、2的输出均可以是例如晶体振动子10、20的谐波(overtone)(高次谐波),也可以是基波。在获得谐波的输出的情况下,例如也可以在包括晶体振动子和放大器的振荡回路内、设置谐波的调谐电路(tuning circuit),使振荡回路以谐波进行振荡。或者,可以使振荡回路以基波进行振荡,在振荡段的后段、例如作为柯匹茨电路(Colpitts circuit)的一部分的放大器的后段,设置C级放大器,且通过所述C级放大器使基波发生变形,并且在C级放大器的后段设置调谐成谐波的调谐电路,结果是,从振荡电路1、2均可输出例如3次谐波的振荡频率。

[0105] 于此,若为方便起见,设为:从第1振荡电路1输出频率 f_1 的频率信号,且从第2振荡电路2输出频率 f_2 的频率信号,则将频率 f_1 的频率信号作为基准时脉而供给至所述控制电路部200。3是频率差检测部,大体来说,所述频率差检测部3是用于获取 $\Delta F = f_2 - f_1 - \Delta f_r$ 的电路部,该 $\Delta F = f_2 - f_1 - \Delta f_r$ 是 f_1 和 f_2 的差分、和 Δf_r 之间的差分。 Δf_r 是基准温度例如25℃时的 f_1 与 f_2 的差分。若列举 f_1 与 f_2 的差分的一例,则例如为数MHz。本发明是通过频率差检测部3对 ΔF 进行计算而成立,该 ΔF 是: f_1 与 f_2 的差分所对应的值、和基准温度例如25℃时的 f_1 与 f_2 的差分所对应的值之间的差分。在本实施方式的情况下,更详细来说,从频率差检测部3输出的值是 $\{(f_2 - f_1)/f_1\} - \{(f_{2r} - f_{1r})/f_{1r}\}$ 。然而,图式中省略了频率差检测部3的输出的显示。

[0106] 图2表示频率差检测部3的具体例。31是正反器电路(flip-flop circuit)(F/F电路),来自第1振荡电路1的频率 f_1 的频率信号被输入至所述正反器电路31的一方的输入端,来自第2振荡电路2的频率 f_2 的频率信号被输入至所述正反器电路31的另一方的输入端,通过来自第1振荡电路1的频率 f_1 的频率信号,对来自第2振荡电路2的频率 f_2 的频率信号进行

锁存(latch)。以下,为了避免记载冗长,视作由 f_1 、 f_2 来表示频率或频率信号本身。正反器电路31将如下信号予以输出,该信号具有对应于 f_1 与 f_2 的频率差的值即 $(f_2-f_1)/f_1$ 的频率。

[0107] 在正反器电路31的后段,设置着单触发电路(one-shot circuit)32,单触发电路32在从正反器电路31获得的脉冲信号(pulse signal)上升时,将单触发的脉冲予以输出。图3是表示至此为止的一系列信号的时序图。

[0108] 在单触发电路32的后段设置着PLL(Phase Locked Loop),所述PLL包括:锁存电路33;具有积分功能的回路滤波器34;加法部35及DDS电路部36。锁存电路33用于:利用从单触发电路32输出的脉冲,对从DDS电路部36输出的锯齿波进行锁存,锁存电路33的输出是:将所述脉冲予以输出的时序(timing)中、所述锯齿波的信号电平(signal level)。回路滤波器34对处于所述信号电平的直流电压进行积分,加法部35将所述直流电压与对应于 Δf_r 的直流电压进行相加。对应于 Δf_r 的直流电压所对应的数据被存储至图1所示的存储器30中。

[0109] 在所述例子中,关于加法部35的符号,对应于 Δf_r 的直流电压的输入侧为“+”,回路滤波器34的输出电压的输入侧为“-”。从加法部35运算出的直流电压、即:从对应于 Δf_r 的直流电压中减去回路滤波器34的输出电压而得到的电压,被输入至DDS电路部36,且将与所述电压值相对应的频率的锯齿波予以输出。为了易于理解PLL的动作,图4(a)~(c)中极其示意性地表示了各部分的输出的状况。当装置启动时,对应于 Δf_r 的直流电压通过加法部35而输入至DDS电路部36,例如若 Δf_r 为5MHz,则会从DDS电路部36输出与所述频率相对应的频率的锯齿波。

[0110] 锁存电路33以对应于 (f_2-f_1) 的频率的脉冲,对所述锯齿波进行锁存,若 (f_2-f_1) 例如为6MHz,则由于锁存用的脉冲的周期比锯齿波更短,因此,如图4(a)所示,锯齿波的锁存点(latch point)逐步降低,如图4(b)、图4(c)所示,锁存电路33的输出及回路滤波器34的输出朝“-”侧逐步降低。由于加法部35的处于回路滤波器34的输出侧的符号为“-”,因此,从加法部35输入至DDS电路部36的直流电压上升。因此,当从DDS电路部36输出的锯齿波的频率升高,对应于6MHz的直流电压输入至DDS电路部36时,锯齿波的频率变为6MHz,如图5(a)~(c)所示,PLL被锁定(lock)。此时,从回路滤波器34输出的直流电压达到对应于 $\Delta f_r-(f_2-f_1)=-1\text{MHz}$ 的值。也就是说,可以说回路滤波器34的积分值相当于锯齿波从5MHz朝6MHz变化时的1MHz的变化量的积分值。

[0111] 与所述例相反地,当 Δf_r 为6MHz、 (f_2-f_1) 为5MHz的情况下,锁存用的脉冲的周期比锯齿波更长,因此,图4(a)所示的锁存点逐步升高,随之而来的,锁存电路33的输出及回路滤波器34的输出也上升。因此,在加法部35中,相减所得的值变大,故而锯齿波的频率逐步降低,不久,当该锯齿波的频率达到与 (f_2-f_1) 相同的5MHz时,PLL被锁定。此时,从回路滤波器34输出的直流电压达到对应于 $\Delta f_r-(f_2-f_1)=1\text{MHz}$ 的值。此外,图6(a)、图6(b)是实测数据,在所述例子中,在时刻 t_0 处PLL被锁定。

[0112] 然而,如上所述,实际上,频率差检测部3的输出、即图2所示的平均化电路37的输出,是利用34比特(bit)的数字值来表示 $\{(f_2-f_1)/f_1\}-\{(f_{2r}-f_{1r})/f_{1r}\}$ 的值所得的值。若将从 -50°C 附近至 100°C 附近为止的所述值的集合设为 $(f_1-f_{1r})/f_{1r}=\text{OSC1}$ (单位为ppm或ppb)、 $(f_2-f_{2r})/f_{2r}=\text{OSC2}$ (单位为ppm或ppb),则相对于温度的变化成为实质上与 $\text{OSC2}-\text{OSC1}$ 相同的曲线(curve)。因此,可以将频率差检测部3的输出视作 $\text{OSC2}-\text{OSC1}=\text{温度数据}$ 。

[0113] 而且,在正反器31中,通过f1对f2进行锁存的动作并不同步,因此,也有可能产生亚稳(metastable)区间(当时脉的边缘(edge)对输入数据进行锁存时,必须在锁存的边缘的前后的固定时间内保持输入数据,但由于时脉与输入数据大致同时发生变化,因此,处于输出不稳定的状态)等不定区间,在回路滤波器34的输出中有可能包含瞬间误差。所述PLL中,将回路滤波器34的输出视作对应于温度的值、即 Δf_r 与 (f_2-f_1) 之间的差分,因此,在回路滤波器34的输出侧设置平均化电路37,该平均化电路37求出预先设定的时间内的输入值的移动平均值(moving average),即便产生所述瞬间误差,也能够予以消除。通过设置平均化电路37,最终可以高精度地取得变动温度量的频率偏移信息。

[0114] 将通过PLL的回路滤波器34所获得的变动温度量的频率偏移信息、所述例子中为 $\Delta f_r-(f_2-f_1)$,输入至图1所示的修正值运算部4中,并在该修正值运算部4中运算出频率的修正值。在叙述修正值运算部4之前,参照图7至图10,对频率偏移信息与频率修正值进行说明。图7是表示f1及f2以基准温度经标准化后,温度与频率的关系的特性图。此处所谓的标准化是指:例如将25℃设为基准温度,针对温度与频率的关系,将基准温度时的频率设为零,而求出从基准温度时的频率算起的频率的偏移量与温度的关系。若将第1振荡电路1在25℃时的频率设为f1r,将第2振荡电路2在25℃时的频率设为f2r,即,若将25℃时的f1、f2的值分别设为f1r、f2r,则图7的纵轴的值分别为 (f_1-f_{1r}) 及 (f_2-f_{2r}) 。

[0115] 另外,图8表示图7所示的各温度的频率相对于基准温度(25℃)时的频率的变化率。因此,图8的纵轴的值分别为 $(f_1-f_{1r})/f_{1r}$ 及 $(f_2-f_{2r})/f_{2r}$,分别以OSC1及OSC2来表示所述多个值。此外,图8的纵轴的值单位为ppm。

[0116] 于此,若返回到频率差检测部3的说明,则如上所述在本实施方式中,频率差检测部3进行的运算并非求出 $(f_2-f_{2r})-(f_1-f_{1r})=f_2-f_1-\Delta f_r$ 本身的值,而是求出OSC2-OSC1。即,针对表示各频率从基准温度偏离的程度的比率的比率的值,求出f2的比率与f1的比率之间的差分。锁存电路33中输入了对应于 (f_2-f_1) 的频率信号,PLL回路中输入了锯齿波,因此能够以进行此种计算的方式组成电路。若将频率差检测部3的输出设为34比特的数字值,则例如每1比特分配0.058(ppb)的值,OSC2-OSC1的值可获得0.058(ppb)为止的精度。此外,每1比特可设定0.058(ppb)的值的依据为后述的(2)~(4)式。所述阶段中若对图6(a)、图6(b)进行说明,则图6(a)、图6(b)是f1与f2的频率差(准确来说是频率的变化率的差)OSC2-OSC1为40ppm的情况下,是组入实际电路中的锁存电路33及回路滤波器34的输出值。

[0117] 图9中表示OSC1与温度的关系(与图8相同)、及(OSC2-OSC1)与温度的关系,可知(OSC2-OSC1)相对于温度而存在线性关系。因此,可知(OSC2-OSC1)对应于从基准温度的温度变动偏移量。而且,一般来说,晶体振动子的频率温度特性是以3次函数表示,故而若求出抵消所述3次函数的频率变动量的频率修正值与(OSC2-OSC1)的关系,则可基于(OSC2-OSC1)的检测值来求出频率修正值。

[0118] 如上所述,本实施方式的振荡装置使用:从第1振荡电路1获得的频率信号(f1)来作为图1所示的控制电路部200的基准时脉,由于所述基准时脉存在频率温度特性,因此,对基准时脉的频率进行温度修正。因此,首先,预先求出表示了:以基准温度经标准化后的、温度与f1的关系的函数,如图10所示那样,求出用于抵消所述函数所致的f1的频率变动量的函数。因此,图10的纵轴为-OSC1。所述例子中,为了高精度地进行温度修正,将所述函数规定为例如9次函数。

[0119] 如上所述,温度与(OSC2-OSC1)存在线性关系,故而图10的横轴设为(OSC2-OSC1)的值,但若直接使用(OSC2-OSC1)的值,用于特定所述值的数据量变多,因此,以如下方式对(OSC2-OSC1)的值进行标准化。即,规定振荡装置实际要使用的上限温度及下限温度,将上限温度时的(OSC2-OSC1)的值视作+1,将下限温度时的(OSC2-OSC1)的值视作-1。所述例子中,如图10所示,将-30ppm设为+1,将+30ppm设为-1。

[0120] 晶体振动子对于温度的频率特性在所述例子中是视作9次的多项近似式。具体来说,在生产晶体振动子时,通过实际测定而取得(OSC2-OSC1)与温度的关系,根据所述实测数据,来导出修正频率曲线,所述修正频率曲线表示温度与-OSC1的关系、且相对于温度来抵消频率变动量,并利用最小二乘法(least square method)导出9次的多项近似式系数。然后,将多项近似式系数预先存储至存储器30(参照图1)中,修正值运算部4使用所述多个多项近似式系数,进行(1)式的运算处理。

[0121]
$$Y = P1 \cdot X^9 + P2 \cdot X^8 + P3 \cdot X^7 + P4 \cdot X^6 + P5 \cdot X^5 + P6 \cdot X^4 + P7 \cdot X^3 + P8 \cdot X^2 + P9 \cdot X + \dots \dots \dots$$

(1)

[0122] (1)式中,X是频率差检测信息,Y是修正数据(相当于第1修正值),P1~P9是多项近似式系数。

[0123] 于此,X是通过图1所示的频率差检测部3所获得的值,即,通过图2所示的平均化电路37获得的值(OSC2-OSC1)。

[0124] 另外,修正值运算部4具备如下功能,即,为了减小(1)式所示的多项近似式(第1近似式)未完全修正而留下的修正残差(修正值的实测值与所述第1修正值的差),除了取得所述第1修正值之外,还取得第2修正值。

[0125] 图11表示用于修正值运算部4执行运算的框图的一例。修正值运算部4基于从存储器30读出的修正用参数,利用加法部41,将通过第1修正值运算部(第1修正值取得部)40及第2修正值运算部(第2修正值取得部)50分别算出的修正数据(第1修正值、第2修正值)相加,且将所述相加结果作为频率修正值予以输出。此外,虽然简单描述为向图11所示的第1修正值运算部40、第2修正值运算部50中输入频率差检测值 ΔF ,但如上所述,本实施方式中是利用 $\{(f2-f1)/f1\} - \{(f2r-f1r)/f1r\}$,作为对应于 ΔF 的值。

[0126] 首先,图12中表示:基于(1)式所示的多项近似式而进行修正数据(第1修正值)的运算处理的第1修正值运算部40的构成。图12中,401~409是进行(1)式的各项的运算的运算部,400是加法部,410是进行圆滑处理的电路。此外,第1修正值运算部40在例如使用了1个乘法部,利用所述乘法部求出9次方项的值,接着利用该乘法部求出8次方项的值的值的情况下,譬如轮换使用该乘法部,最终将各次方项的值相加。而且,修正值的运算式并不限定于使用9次的多项近似式,也可以使用与要求的精度相应的次数的近似式。

[0127] 如上所述,第1修正值运算部40利用通过最小二乘法求出的9次的多项近似式,对修正数据(第1修正值)进行运算,且对晶体振动子相对于温度的频率特性进行修正。然而,如上所述,即便使用比较高次的多项式,近似式也不会严密地再现所述频率温度特性。

[0128] 例如,图13中的实线表示所述修正残差的温度特性,横轴是对应于温度检测值的OSC1与OSC2的差分(OSC2-OSC1[ppm]),纵轴是修正残差。每当算出修正残差时,作为-OSC1($= (f1-f1r)/f1r$)经实测所得的频率修正值,该-OSC1($= (f1-f1r)/f1r$)是根据一边改变第1、第2晶体振动子10、20周围的温度而一边实测的第1振荡电路1的振荡频率f1、与基

准温度(25℃)时的第1振荡电路1的振荡频率 f_{1r} 而求出。而且,根据利用所述多项近似式获得的修正数据(第1修正值)、与实测的频率修正值之间的差,来求出修正残差。

[0129] 根据图13,在利用(1)式的多项近似式而获得的第1修正值、与实测的频率修正值之间,存在 ± 40 [ppb]左右的修正残差。在进行高精度的温度补偿的情况下,优选为进一步减小所述修正残差。

[0130] 因此,本例的修正值运算部4除了求出第1修正值之外,还求出对应于所述修正残差的第2修正值,将第1修正值与第2修正值相加,而求出频率修正值,由此可以提高温度补偿精度。图11所示的第2修正值运算部50相当于第2修正值取得部,该第2修正值取得部基于对应于所述差分值的值,而取得第2修正值。

[0131] 如上所述,第2修正值运算部50基于作为第1修正频率与实测的修正频率之间的差、即修正残差,而取得第2修正值。例如,如图13中的实线所示,若以达到大致上可视作连续数据这一程度的细微间隔(例如对应于差分值的值的算出精度所对应的间隔),预先存储修正残差,且将对应于与差分值相应的值的运算结果、而经特定的修正残差作为第2修正值,则可实现更准确的修正。

[0132] 然而,这种情况下,需要大容量的存储器,并且修正残差的温度特性在各晶体振子10中不同,因此,要针对振荡装置中设置的所有晶体振子10而实测庞大的修正残差,该操作并不现实。

[0133] 因此,本例的第1修正值运算部40中,设定了:对应于以预先设定的间隔排列的差分值的值的群,利用属于所述群的差分值而取得修正残差,且利用1次函数,在针对对应于相邻排列的差分值的值而取得的修正残差之间进行插补,借此针对对应于从频率差检测部3取得的差分值的值 ΔF ,而运算第2修正值。

[0134] 例如,在图13中,将对应于差分值的值(OSC2-OSC1)的范围分割为32份,作为修正残差的取得点,并以空心圆来对于在所述多个点取得的修正残差进行绘图(plot)。图14是针对图13所示的修正残差,利用1次函数(直线),对横轴方向(对应于差分值的值的排列顺序)上相互邻接的绘点之间进行补充的近似特性图。本例的第2修正值运算部50利用由所述直线补充后的修正残差的近似式,来取得第2修正值。

[0135] 以下,参照图15~图17,来说明取得第2修正值的第2修正值运算部50的构成及作用。如上所述,本例中,作为对应于从频率差检测部3输出的差分值的值 ΔF ,采用的是 $\{(f_2-f_1)/f_1\}-\{(f_{2r}-f_{1r})/f_{1r}\}$,但从便于理解的观点出发,图15~图17的说明中,作为对应于差分值的值,使用的是 $\Delta F=f_2-f_1-\Delta f_r$ [Hz]。

[0136] 图15是表示第2修正值运算部50的构成的框图。大致上来说,第2修正值运算部50包括:位置算出部510,将频率差检测部3取得的 ΔF 除以既定除数,输出判断所述 ΔF 位于图14所示的哪个修正残差的区间内的信息;修正残差选择部520,基于从所述位置算出部510取得的信息,选择所述 ΔF 所属的区间的两端的位置中的修正残差;及第2修正值算出部530,求出1次函数(第2近似式),该1次函数(第2近似式)对所述修正残差选择部520选择的2个修正残差之间进行插补,根据所述1次函数,算出对应于所述 ΔF 的第2修正值。

[0137] 位置算出部510包括:加法部511,在频率差检测部3取得的 ΔF 上,加上存储器30内的除法参数表格301中存储的加法值,作为被除数予以输出;除法电路512,用加法部511取得的被除数除以所述除法参数表格301中存储的除数,将除法结果的整数部分(图15中记做

“商”)、作为对应于 ΔF 所属的区间的下端侧的索引(index)值而予以输出,并且将所述除法结果的余数(同图中记做“余数”)输出至第2修正值算出部530;及常数加法部513,在从所述除法电路512输出的下端侧的索引值加上“1”,作为 ΔF 所属的区间的上端侧的索引值而予以输出。

[0138] 图16示意性表示如下情况,即,例如在将“ $-32000 \leq \Delta F \leq 32000$ ”的范围每隔2000Hz分割成32份所得的33个取得点上,从 ΔF 的值由小到大的顺序附加“0~32”的索引值,使修正残差[ppb]对应于各索引值进行绘图。

[0139] 除法参数表格301中存储着 ΔF 的范围的下端的“-32000”作为加法值,且存储着将 ΔF 的范围分割的区划单位“2000”作为除数。于此,例如若从频率差检测部3输入了“ $\Delta F = -27500$ ”的值,则加法部511将加法值的符号反转,与 ΔF 相加(进行“ $-27500 - (-32000) = 4500$ ”的运算),将所述值作为被除数予以输出。

[0140] 除法电路512将从加法部511取得的被除数“4500”,除以从除法参数表格301读出的除数“2000”,将除法结果“2.25”的整数部分“2”作为商,将余数部分“500”作为余数予以输出。

[0141] 另一方面,根据图16可知,从频率差检测部3取得的“ $\Delta F = -27500$ ”包含于“ $-28000 \leq \Delta F \leq -26000$ ”的区间内。若针对所述下端侧的“-28000”利用加法部511、除法电路512进行运算,则商为“2”,余数为“0”。这样,将 ΔF 的范围分割所得的33个取得点,在通过所述运算而余数为“0”的位置上,是设为除数“2000”的倍数刻度。而且,在各取得点进行所述运算后获得的商的值,被用作用于选择修正残差的索引值。

[0142] 通过以此方式设定各取得点的 ΔF 的值与索引值的关系,从除法电路512输出的商的值表示了:包含从频率差检测部3取得的 ΔF 的区间的下端侧的索引值。而且,若在从除法电路512输出的商上,利用常数加法部513加上“1”,则其值等于与所述区间的上端侧的取得点对应的索引值。

[0143] 结果是,包含从频率差检测部3取得的 ΔF 的区间的上端侧与下端侧的索引值被特定,所述多个索引值分别被输出至:修正残差选择部520内所设置的第1选择器(selector)521与第2选择器522。第1、第2选择器521、522发挥如下作用,即,从存储器30内的修正残差表格302中读出修正残差的值,并将其输出至第2修正值算出部530。

[0144] 如(表1)所示,修正残差表格302中,将修正残差与索引值建立关联而予以存储,该修正残差是根据第1晶体振子10的振荡频率 f_1 与利用多项近似式求出的第1修正值而预先测定。各选择器521、522基于从位置算出部510取得的索引值,而选择修正残差。借此,可以取得修正残差,此修正残差与包含从频率差检测部3取得的 ΔF 的区间的上端侧与下端侧的 ΔF 相对应。本例中,第1选择器521选择对应于所述区间的下端侧的 ΔF 的修正残差,第2选择器522选择对应于上端侧的 ΔF 的修正残差。

[0145] [表1]

[0146]

索引值	参数值
0	修正残差 0
1	修正残差 1
2	修正残差 2
.	.
.	.
.	.
.	.
32	修正残差 32

[0147] 于此,分别将对应于包含从频率差检测电路3取得的 ΔF 的区间的下端侧的取得点的值设为 x_0 ,将对应于上端侧的取得点的值设为 x_1 ,将所述 ΔF 设为 x ,将基于对应于下端侧、上端侧的取得点的索引值而被选择的修正残差设为 y_0 、 y_1 。此时,如图17所示,若利用1次函数,对点 $P_0(x_0, y_0)$ 与点 $P_1(x_1, y_1)$ 之间进行补充,则获得推断 y 的值的近似式(第2近似式)。本实施方式中,将 x 代入至所述近似式后,将所得的 y 的值作为第2修正值。

[0148] 根据图17,所述近似式是利用下述(2)式表示。

[0149] $(y-y_0)/(y_1-y_0)=(x-x_0)/(x_1-x_0)\cdots(2)$

[0150] 于此,相邻的取得点彼此的间隔“ x_1-x_0 ”的值为除数,“ $x-x_0$ ”的值为余数,因此(2)式可以重写为下述(2)’式。

[0151] $y=\{(\text{余数})\cdot(y_1-y_0)/(\text{除数})\}+y_0\cdots(2)'$

[0152] 第2修正值算出部530基于从第1选择器521取得的 y_0 、从第2选择器522取得的 y_1 、从除法电路512取得的余数、及从除法参数表格301读出的除数的各值,进行(2)’的计算,将所得的值作为第2修正值予以输出。

[0153] 接着,对本实施方式的全体动作进行汇总。从第1振荡电路1输出的频率信号,作为时脉信号而供给至电压控制振荡器100的控制部200,如本实施方式的前面所述,通过控制部200的控制动作,从电压控制振荡器100输出目标频率的频率信号。另一方面,分别从第1振荡电路1及第2振荡电路2输出的频率信号 f_1 、 f_2 是被输入至频率差检测部3,通过业已详细说明的动作,在所述例子中,当频率差检测部3的输出即PLL的输出 ΔF 变成对应于 $\{\Delta f_r-(f_2-f_1)\}$ 的值、所述例子变成 $(OSC2-OSC1)$ 时,即予以锁定。而且,将所述值输入至修正值运算部4,第1修正值运算部40执行(1)式的运算而取得第1修正值,第2修正值运算部50从存储器30中读出包含 ΔF 的区间的修正残差,执行(2)’式的运算,而取得第2修正值。然后,利用加法部41,将所述多个第1修正值及第2修正值相加(此时,第1修正值及第2修正值的单位例如一致为ppm),并作为频率修正值而予以输出。

[0154] (1)式的运算是如下处理,即,例如在图10所示的特性图中,求出对应于基于频率差检测部3的输出值所得的值的、修正频率在近似曲线的纵轴上的值。另外,(2)’式的运算是如下处理,即,在图14所示的特性图中,求出对应于基于频率差检测部3的输出值所得的值的、修正残差在近似线的纵轴上的值。

[0155] 图18中,以实线表示:从修正值运算部4输出的频率修正值(第1修正值与第2修正值的和)、和实测的频率修正值之间的差(修正残差),以一点链线表示:和图13中说明的第1修正值之间的修正残差。根据图18,从修正值运算部4输出的频率修正值,相对于实测的频率修正值的修正残差处于 ± 10 [ppb]的范围内,变动幅度小于第1修正值的修正残差(± 40 [ppb])。因此,在利用(1)式的近似式(第1近似式)所得的第1修正值上,加上对应于修正残差的利用(2)'式的近似式(第2近似式)所得的第2修正值,借此可以提高频率修正值的精度。

[0156] 这样,第2修正值是利用基于与实测的频率修正值的差分所得的修正残差而算出,因此,即便在利用如一次函数这样参数少的近似式的情况下,也可以相当程度地提高频率修正值的精度。于此,发明者利用例如3次的样条(spline)插补处理计算式($y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ (a, b, c, d 是样条插补系数)),作为代替(1)式的修正频率的近似式,而研究实现与图18所示的情况同等精度的精度时所需要的参数的信息量,概算为160byte。相对于此,(1)式、(2)'式的运算所需的参数信息量为60byte,信息量变成约1/2.7。

[0157] 然而,算出第2修正值的近似式并不限定于所述一次函数。当然也可以根据能使用的存储器容量等,而采用利用2次以上的高次多项式的样条插补或利用最小二乘法的近似曲线。而且,在将第1修正值与第2修正值相加时,也可进行在各修正值上乘以系数等操作。

[0158] 而且,如图1所示,第1晶体振动子10及第2晶体振动子20是利用共通的晶体片Xb构成,且相互热耦合,因此,振荡电路11、12的频率差是极其准确地对应于环境温度的值,所以,频率差检测部3的输出是环境温度与基准温度(所述例子中为25℃)的温度差信息。第1振荡电路11输出的频率信号f1是作为控制部200的主时脉(main clock)而使用,因此,修正值运算部4所得的修正值被用作如下信号,即,为抵消因温度自25℃偏移引起的f1的频率偏移量所致的对控制部200的动的影响,而用于补偿控制部200的动作。结果是,本实施方式的振荡装置1的输出即电压控制振荡器100的输出频率,无关于温度变动而实现稳定。

[0159] 如上所述,根据本实施方式,即便动作时脉自身发生温度变动,也可以获得对应于变动温度量的准确的频率偏移信息,结果是,可实现高稳定、高精度的振荡装置。另外,由于将对应于f1与f1r的差分的值、与对应于f2与f2r的差分的值之间的差分,作为频率差检测信息(变动温度量的频率偏移信息),因此,无须如专利文献1那样调整为f1 $\approx$ f2的繁琐作业,而且也不存在晶体振动子的良率变低这样的问题。

[0160] 而且,为了求出频率差检测信息,生成f1与f2的差分频率的脉冲,利用锁存电路,以所述脉冲将从DDS电路部输出的锯齿波信号予以锁存,对锁存后的信号值进行积分,将其积分值作为所述频率差予以输出,并且取得所述输出与对应于f1r和f2r的差分的值之间的差分,输入至所述DDS电路部而构成PLL。在如专利文献1那样,对f1、f2进行计数而取得其差分的情况下,计数时间会直接影响检测精度,而在此种构成中,并无此种问题,因此检测精度较高。实际上,通过模拟比较两者的方式,在计数频率的方式中设定200ms的计数时间时,得到的结果是,根据本实施方式的方式的检测精度高约50倍。

[0161] 此外,在本实施方式的PLL的情况下,如以往的DDS电路部那样并不具有正弦波ROM表格,因此具有能减小存储器容量的优点,且可减小装置规模。而且,基于变动温度量的频率偏移信息,通过运算处理而求出频率的修正值,因此无需大容量的存储器,从该点来说也能够减小装置规模,从而可以抑制成本。

[0162] 于此,图19中,表示利用图2的电路,在f1为81.9MHz、f2为76.69MHz的情况下,调查频率差检测部3的输出即频率差信息与时间的关系的结果。此时,以频率差信息为(OSC2-OSC1)的方式进行设定,其值为+50ppm。

[0163] 虽然说明有重复,但本实施方式中,所谓对应于f1与f1r的差分的值,是指 $\{(f1-f1r)/f1r\}$ (=OSC1),所谓对应于f2与f2r的差分的值是指 $\{(f2-f2r)/f2r\}$ (=OSC2),所谓与对应于f1与f1r的差分的值、和对应于f2与f2r的差分的值之间的差分值相对应的值是指OSC2-OSC1。本发明并不限于此,频率差检测部3也可以使用(f1-f1r)与(f2-f2r)的差分本身,作为与对应于f1与f1r的差分的值、和对应于f2与f2r的差分的值之间的差分值相对应的值,此时,活用图7的曲线而求出温度。

[0164] 本实施方式中,在图8至图10的说明中,频率的变化量是以“ppm”单位表示,但实际的数字电路中,全部是以2进制数进行操作,因此,DDS电路部36的频率设定精度是以构成比特数进行计算,例如为34比特。若列举一例,向包含在图1所示的控制电路部200中的DDS电路部201,供给10MHz的时脉的情况下,所述时脉的变动频率为100Hz时,

[0165] [变动比率计算]变成

[0166] $100\text{Hz}/10\text{MHz}=0.00001$

[0167] [ppm换算]变成

[0168] $0.00001*1e6=10[\text{ppm}]$

[0169] [DDS设定精度换算]变成

[0170] $0.00001*2^{34}\approx 171,799[\text{ratio-34bit(临时名称)}]$ 。

[0171] 在所述构成的情况下,所述频率设定精度是通过以下的(3)式表示。

[0172] $1\times[\text{ratio-34bit}]=10\text{M}[\text{Hz}]/2^{34}\approx 0.58\text{m}[\text{Hz/bit}]\cdots\cdots(3)$

[0173] 因此,变成 $100[\text{Hz}]/0.58\text{m}[\text{Hz/bit}]\approx 171,799[\text{bit(ratio-34bit)}]$ 。

[0174] 而且,0.58mHz相对于10MHz而可如以下(4)式那样进行计算。

[0175] $0.58\text{m}[\text{Hz}]/10\text{M}[\text{Hz}]*1e9\approx 0.058[\text{ppb}]\cdots\cdots(4)$

[0176] 因此,根据(3)式、(4)式,(5)式的关系成立。

[0177] $1e9/2^{34}=0.058[\text{ppb/ratio-34bit}]\cdots(5)$

[0178] 即,DDS电路36中处理的频率消失,仅存在比特数的关系。

[0179] 另外,在所述例子中,第1晶体振动子10及第2晶体振动子20是利用共通的晶体片Xb构成,但晶体片Xb也可以不共通化。此时,例如可列举在共通的框体中配置第1晶体振动子10及第2晶体振动子20的例子。根据此种构成,由于是处于实质上相同的温度环境下,因此可获得相同的效果。

[0180] 频率差检测部3的DDS电路部36的输出信号并不限于锯齿波,只要是信号值与时间一同重复增加、减少的频率信号便可,例如为正弦波。

[0181] 另外,作为频率差检测部3,也可以通过计数器对f1和f2进行计数,从计数值的差分中减去相当于 Δf_r 的值,而输出对应于所得的计数值的值。

[0182] 利用修正值运算部4求出的修正值并不限于如本实施方式那样的使用,只要是振荡装置的输出频率根据温度变动时,能利用修正值抵消输出频率的变动量而进行补偿的构成,则也可以通过其他手法进行修正。例如,在图20所示的TCXO中,也可以代替温度检测器94的输出,而使用由频率差检测部3获得的频率差信息,基于所述信息求出与频率修正量

相应的控制电压的补偿量,通过控制电压产生部93,将所述补偿量与用于输出基准温度时的频率的基准电压相加,而作为控制电压。根据频率差信息求出频率修正量的手法,并不限于如之前实施方式那样的多项近似式,也可以是如下手法,即,在存储器中预先存储:表示频率差信息与频率修正量的关系的表格,并参照所述表格。

[0183] 在所述实施方式中,第1晶体振动子10与第2晶体振动子20的频率差是作为譬如温度测量值而使用,基于所述温度测量值求出相对于第1晶体振动子10的温度变动的频率修正值。但是,即便在构成为作为频率修正对象的晶体振动子、与构成譬如温度计的2个晶体振动子中的一方的并不共通化的情况下,也包含于权利要求的技术范围内。

[0184] 所述情况下的所述第1修正值取得部是,

[0185] 可取代:基于(i)对应于所述频率差检测部检测的所述差分值的值、和(ii)表示:对应于所述差分值的值、及因环境温度与基准温度不同引起的第1振荡电路的振荡频率 f_1 的频率修正值的关系的第1近似式,而根据在(ii)的第1近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值,

[0186] 而执行:基于(i)对应于频率差检测部检测的所述差分值的值、和(iv)表示:对应于所述差分值的值、及因使与第1晶体振动子及第2晶体振动子不同的其他晶体振动子振荡的其他振荡电路的环境温度和基准温度不同而引起的振荡频率 f_0 的频率修正值之间的关系第1近似式,而根据在(iv)的第1近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第1修正值;

[0187] 所述第2修正值取得部是,

[0188] 可取代:基于(i)对应于所述差分值的值、和(iii)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对对应于属于所述群的所述差分值的每个值而预先取得的修正残差之间的关系第2近似式,而根据在(iii)的第2近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值,

[0189] 而执行:在将所述第1近似式决定的第1修正值、与针对所述其他晶体振动子预先实测的频率修正值之间的差分称为修正残差时,基于(i)对应于所述差分值的值、和(v)表示:对应于以预先设定的间隔排列的所述差分值的值的群、及针对对应于属于所述群的所述差分值的每个值而预先取得的修正残差之间的关系第2近似式,而根据在(v)的第2近似式中输入(i)的对应于所述差分值的值的结果,来取得第2修正值,且

[0190] 所述振荡装置的输出可以是,取代利用所述第1振荡电路的输出生成,而是利用所述其他振荡电路的输出生成。

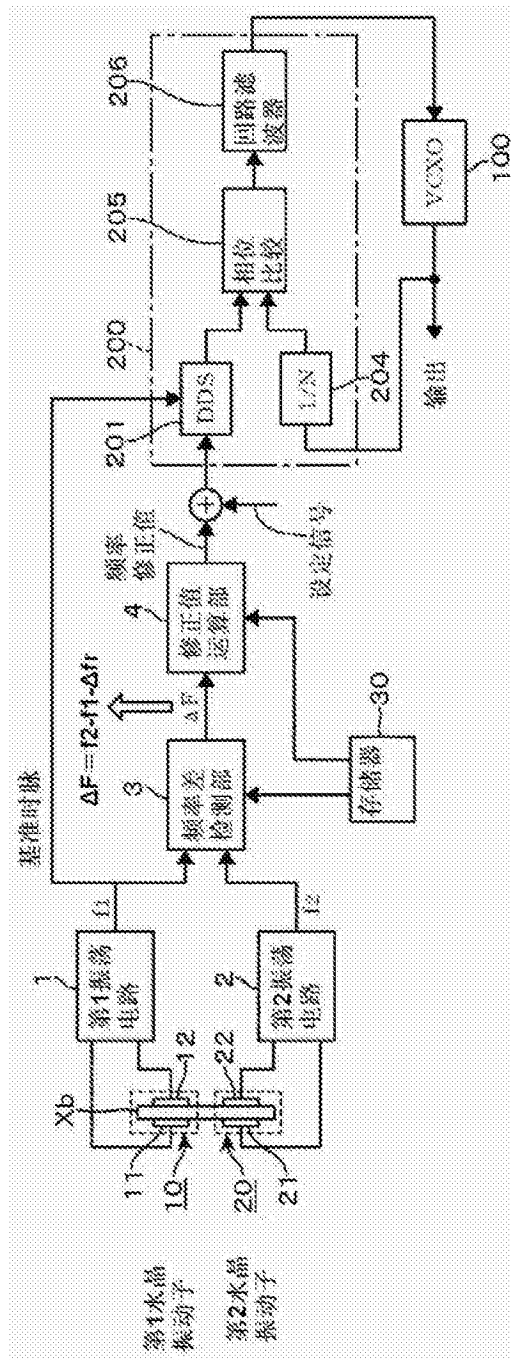


图1

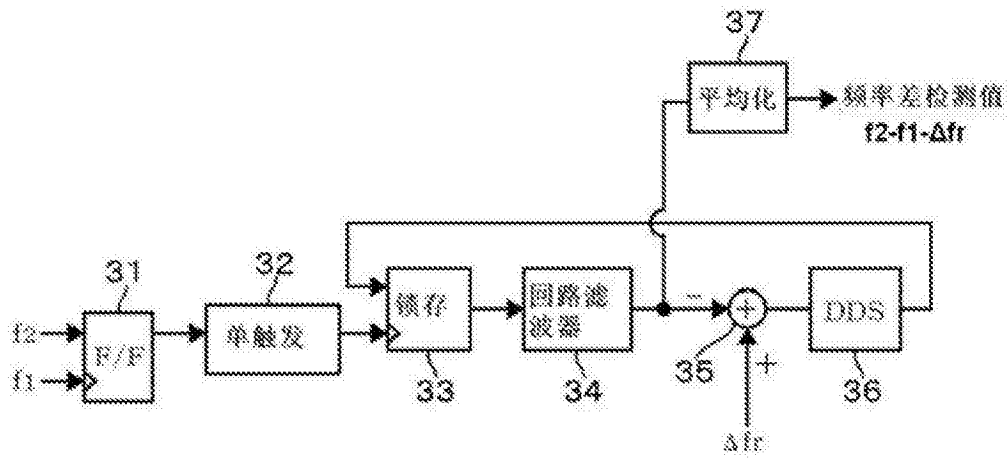


图2

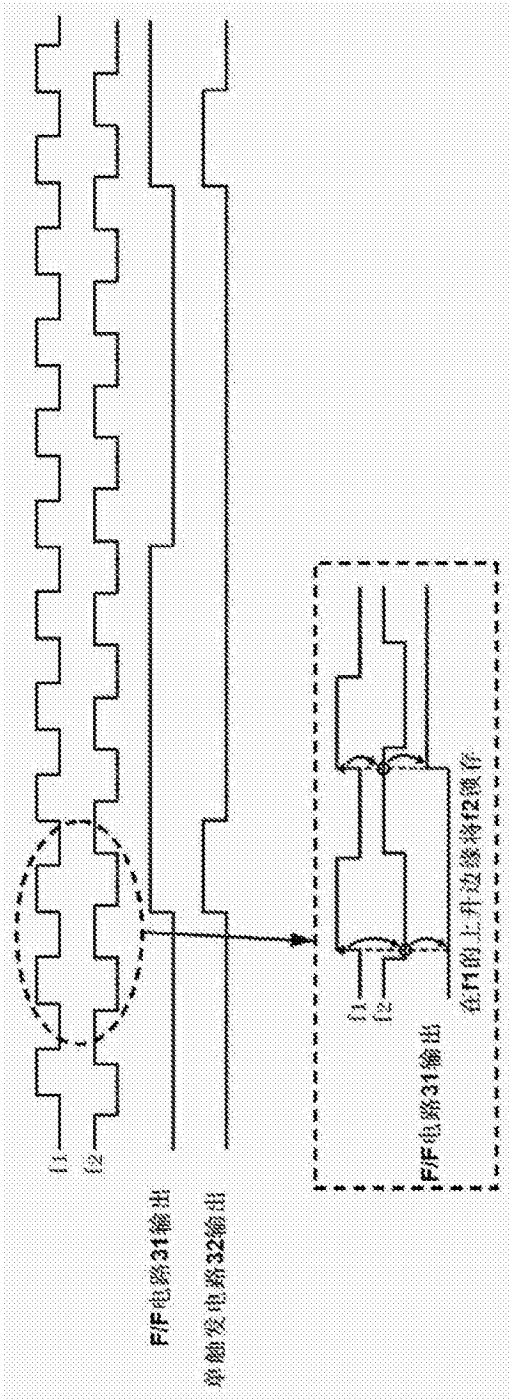
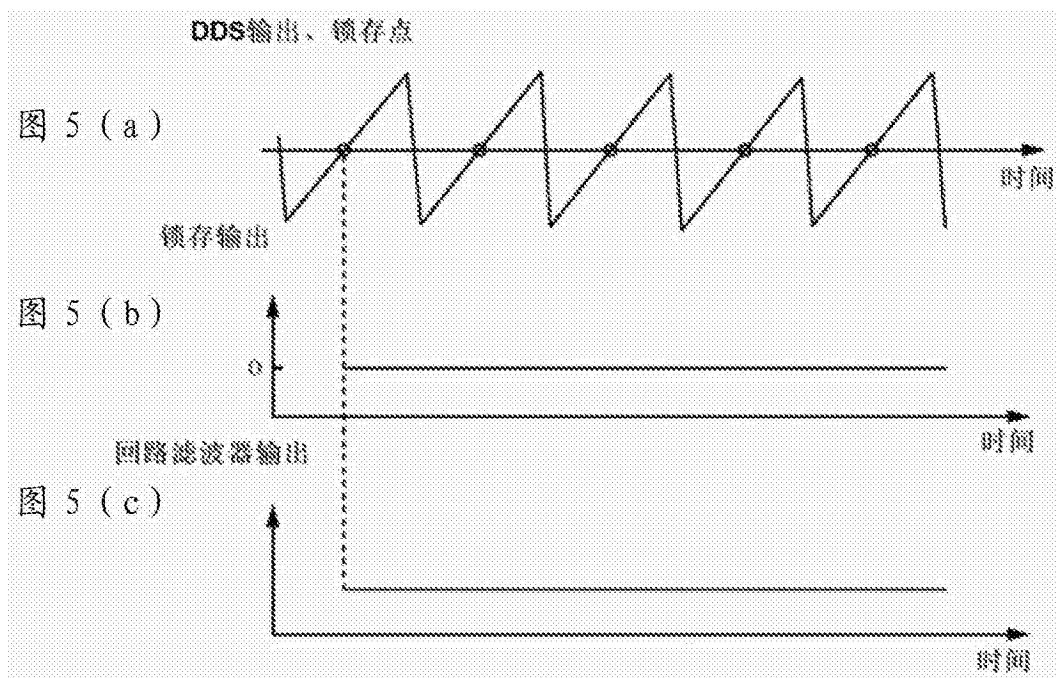
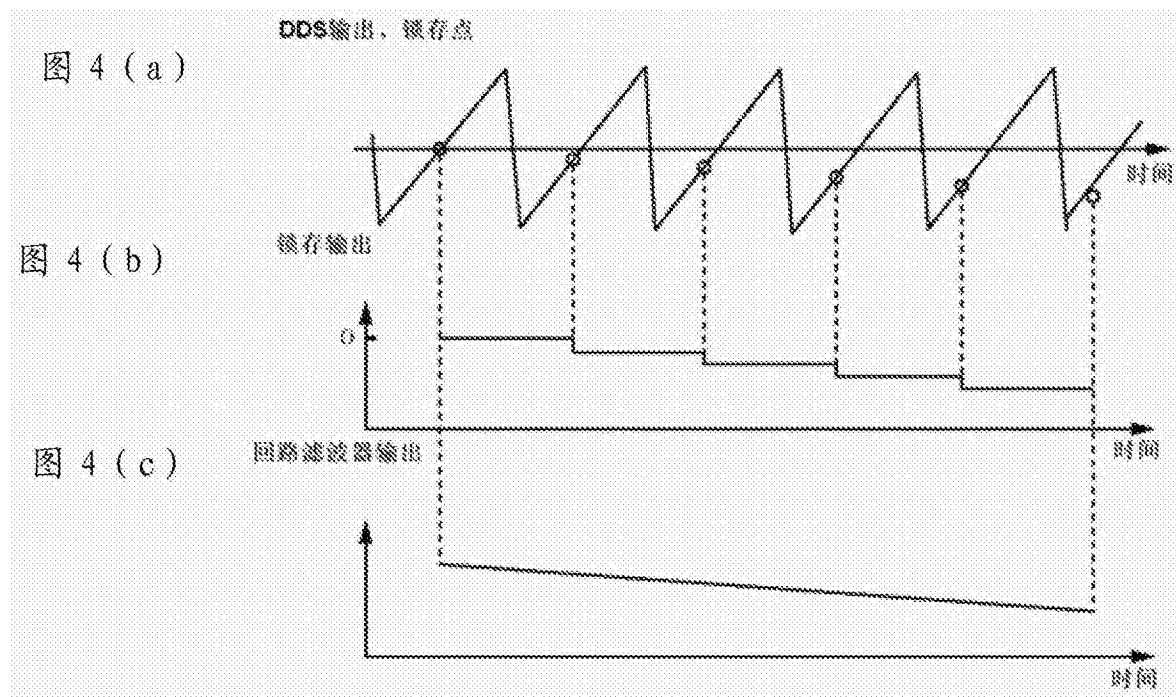


图3



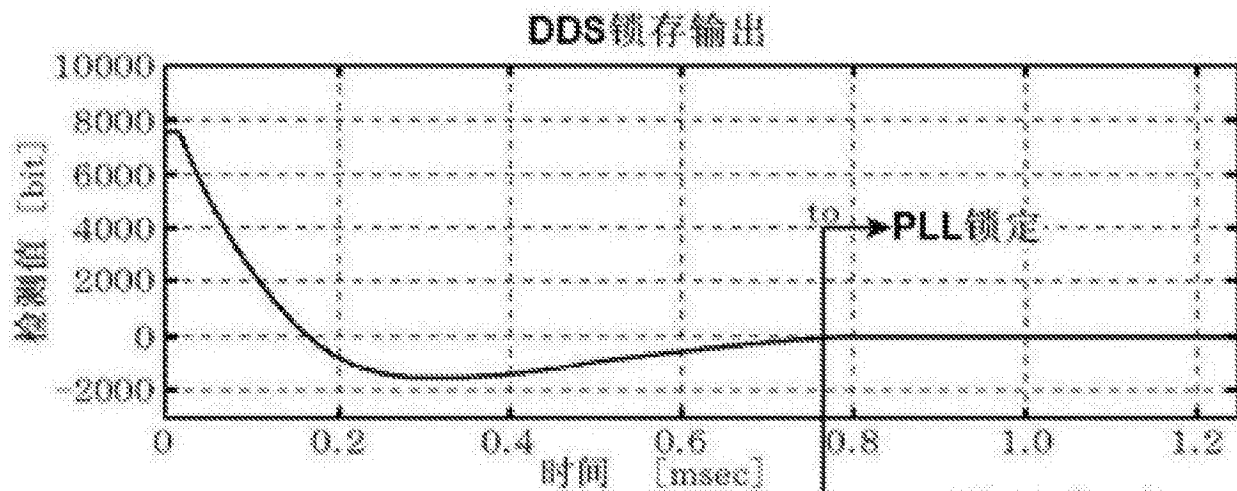


图 6 (a)

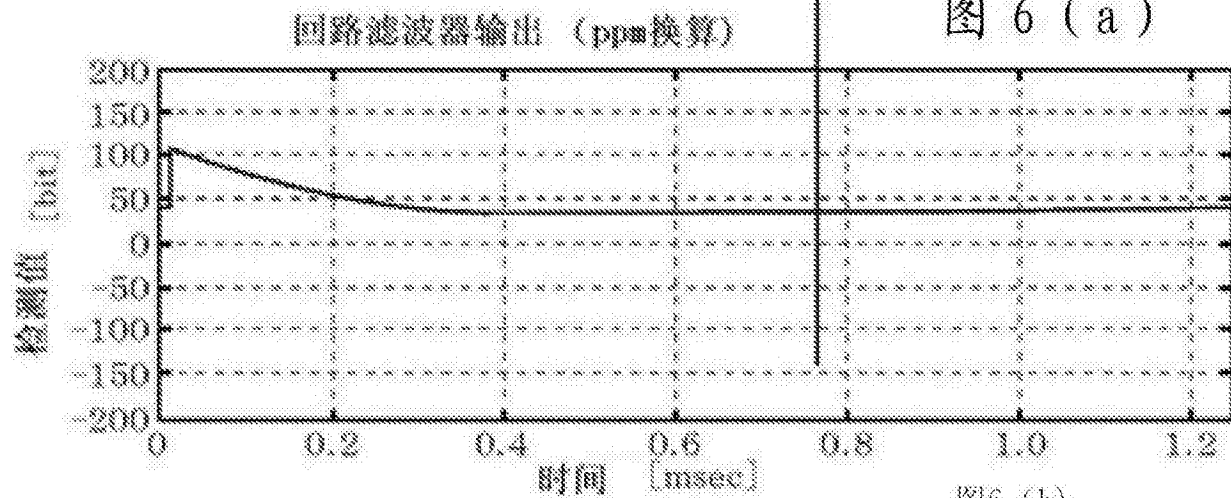


图6 (b)

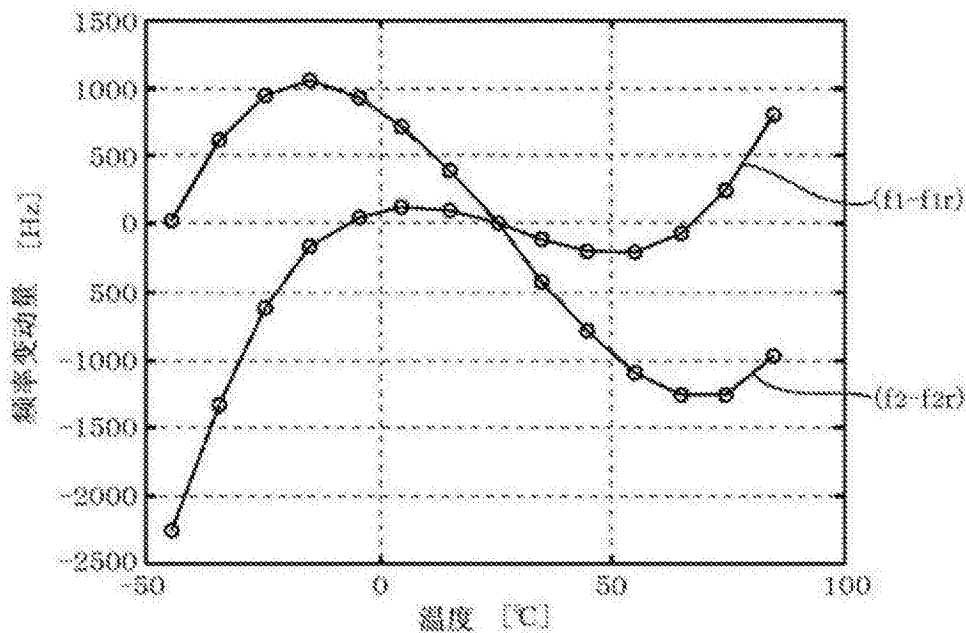


图7

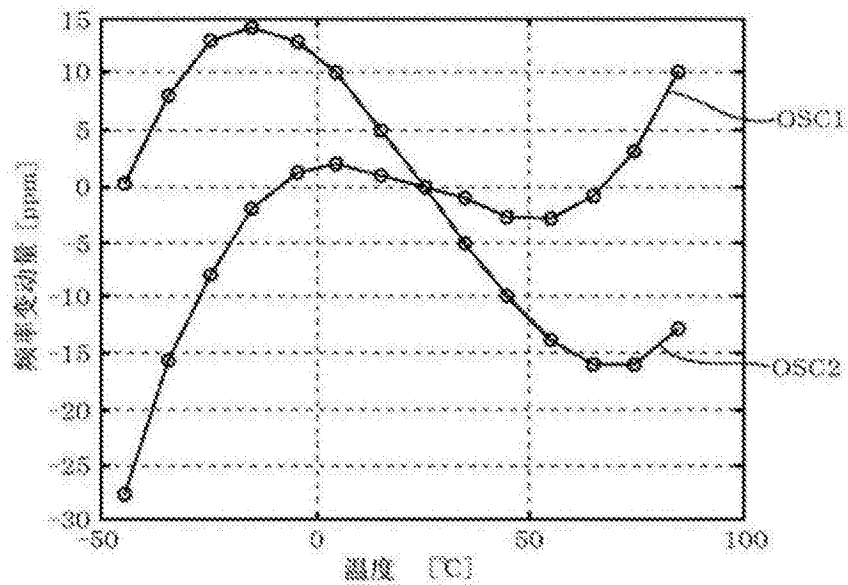


图8

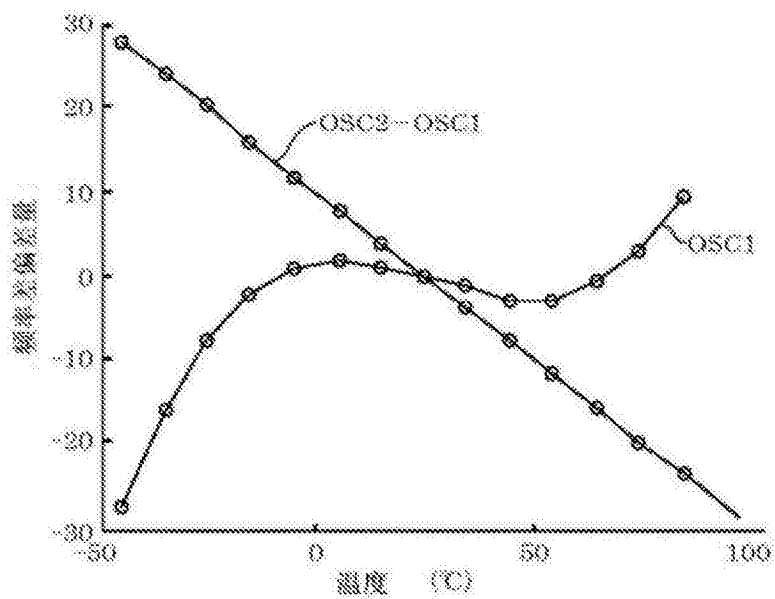


图9

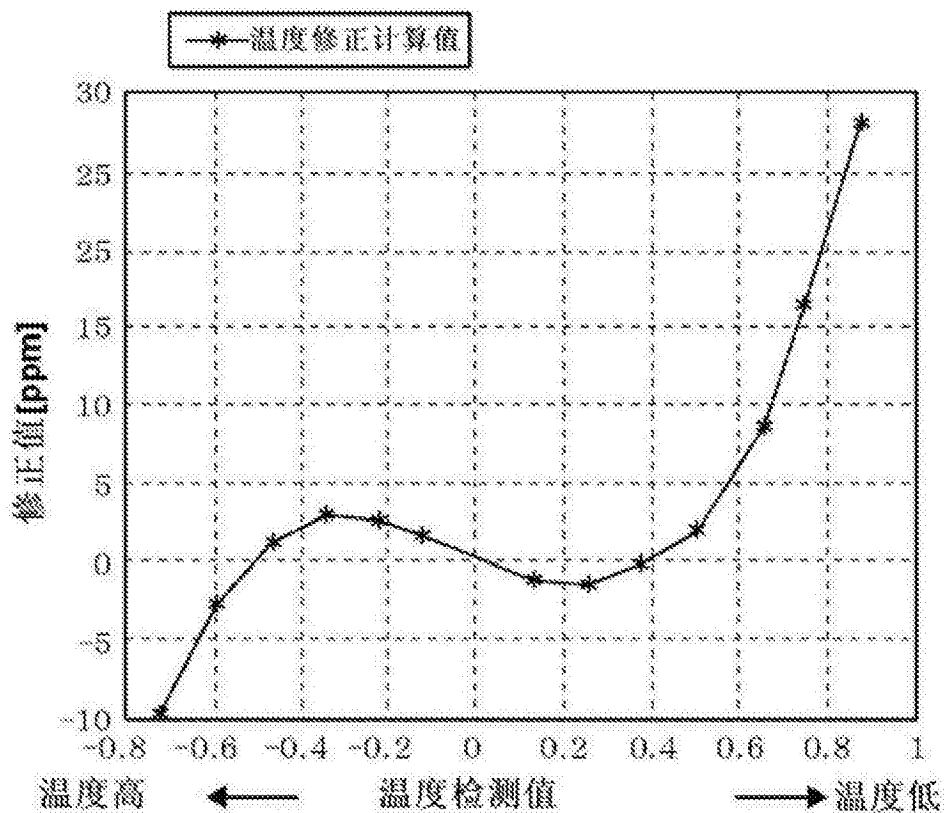


图10

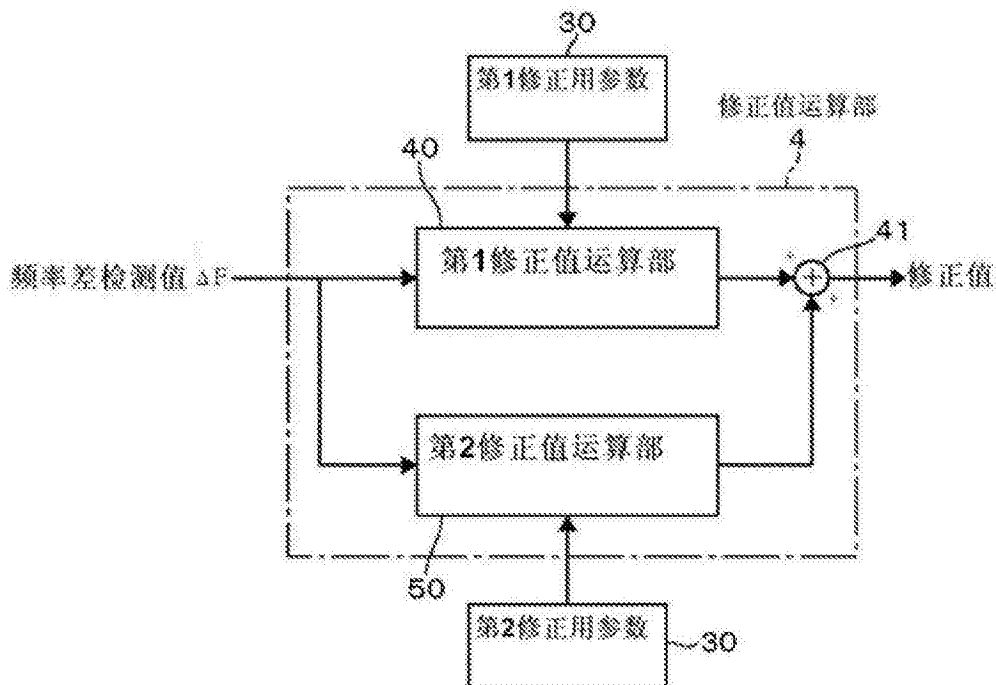


图11

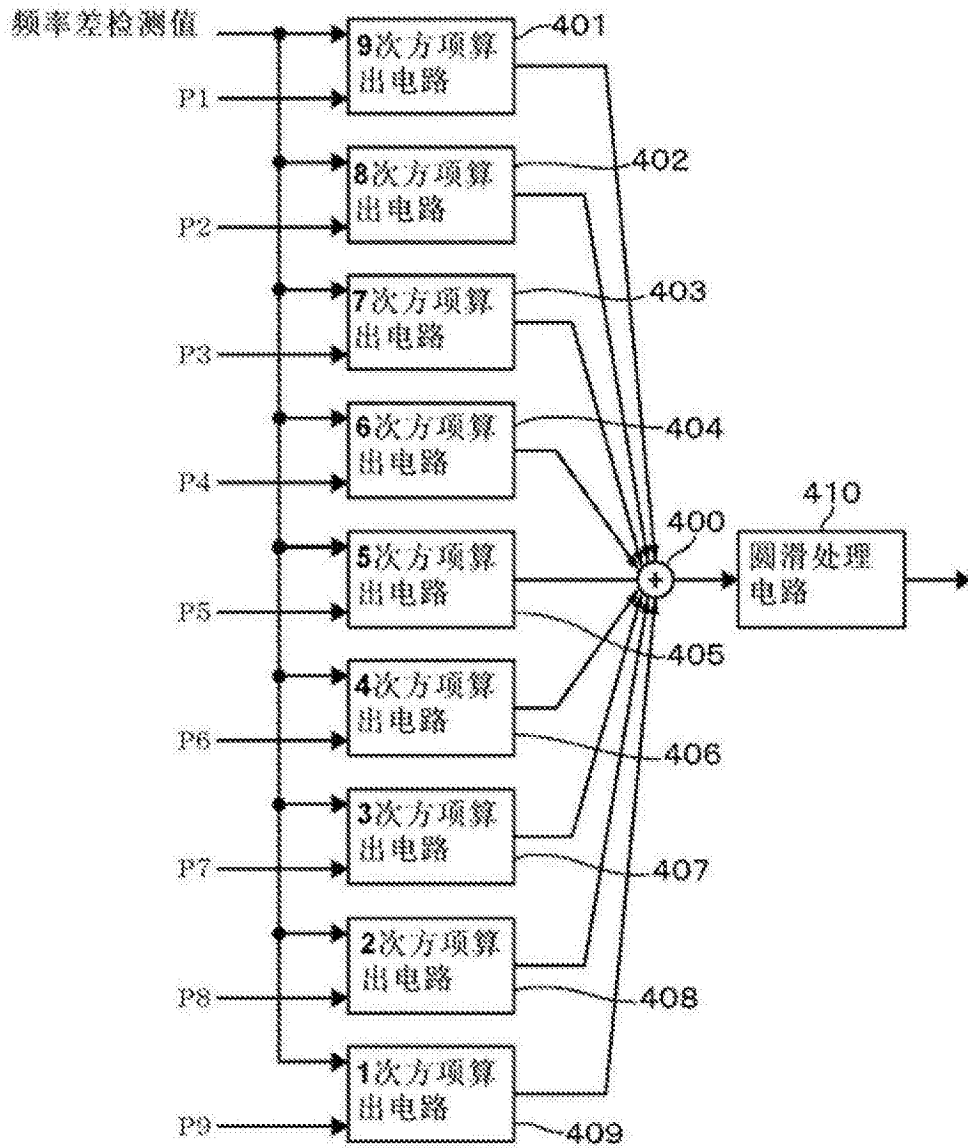


图12

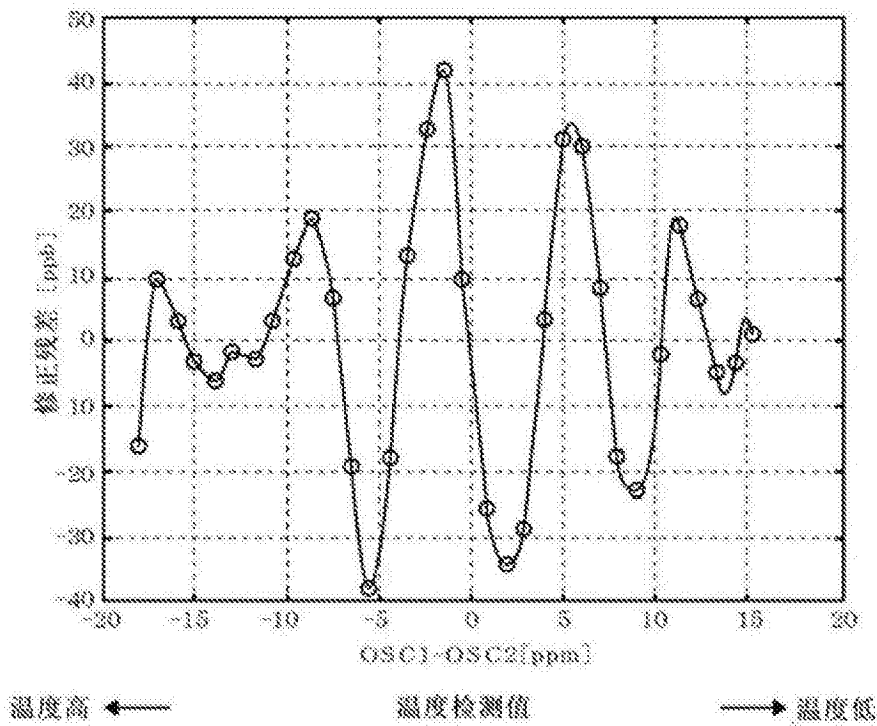


图13

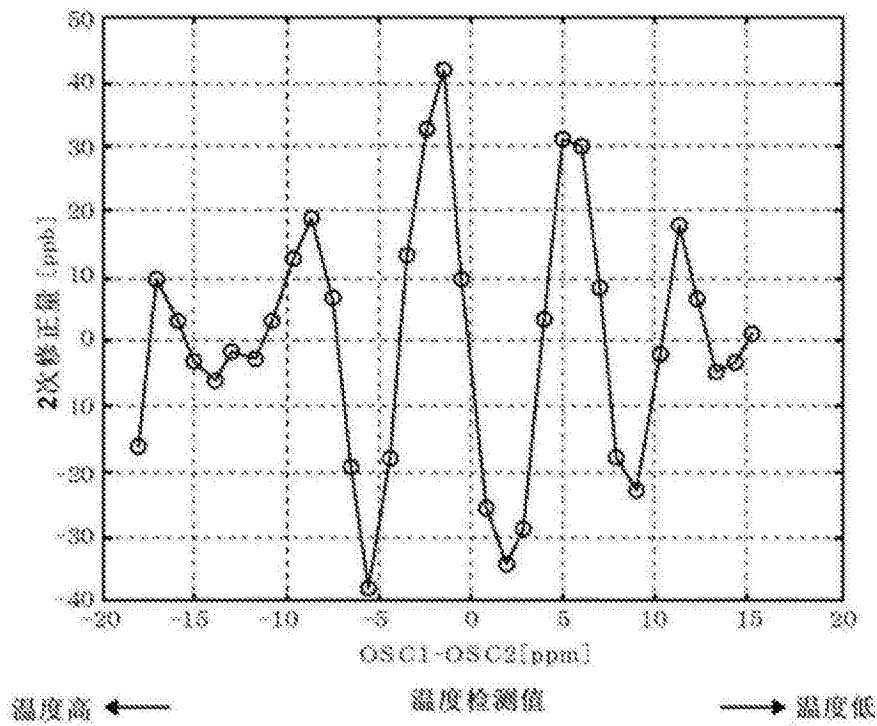


图14

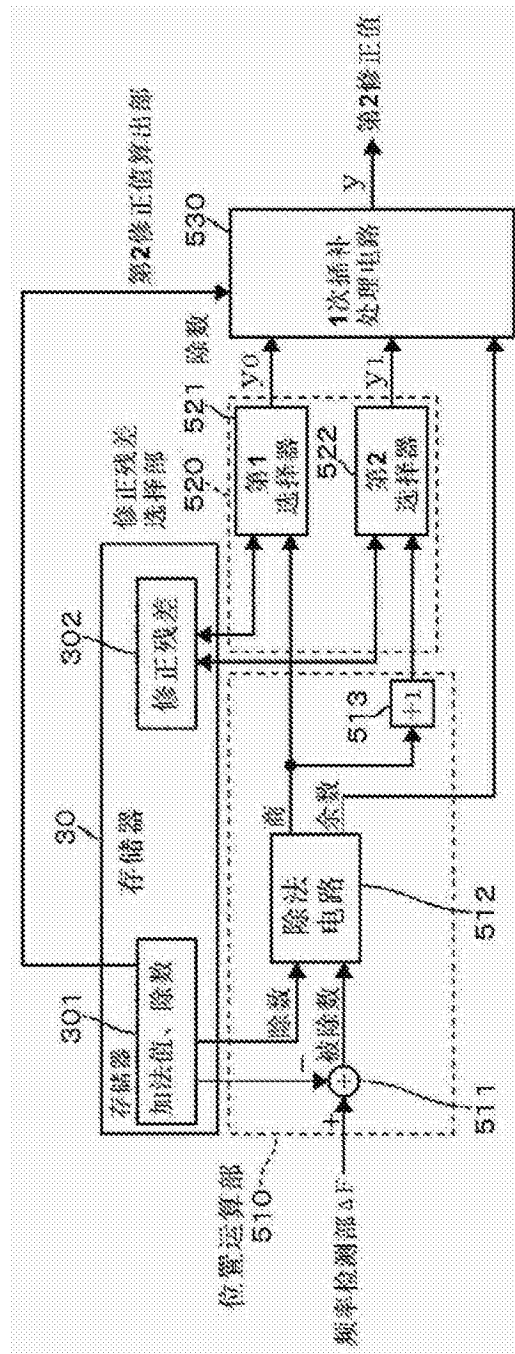


图15

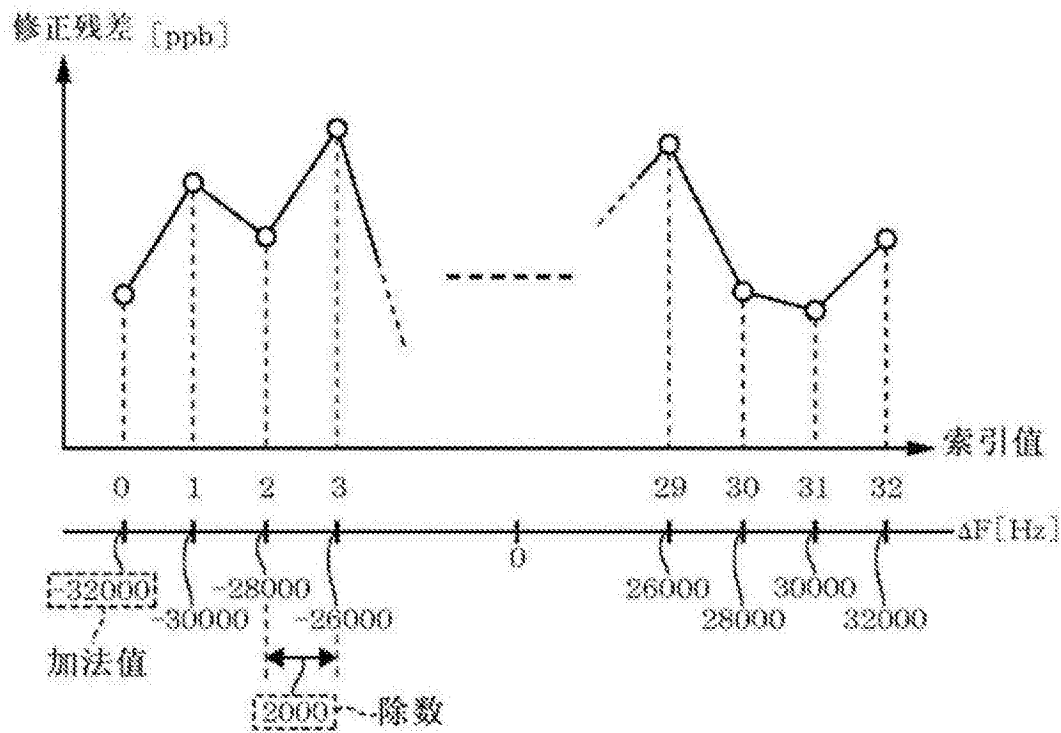


图16

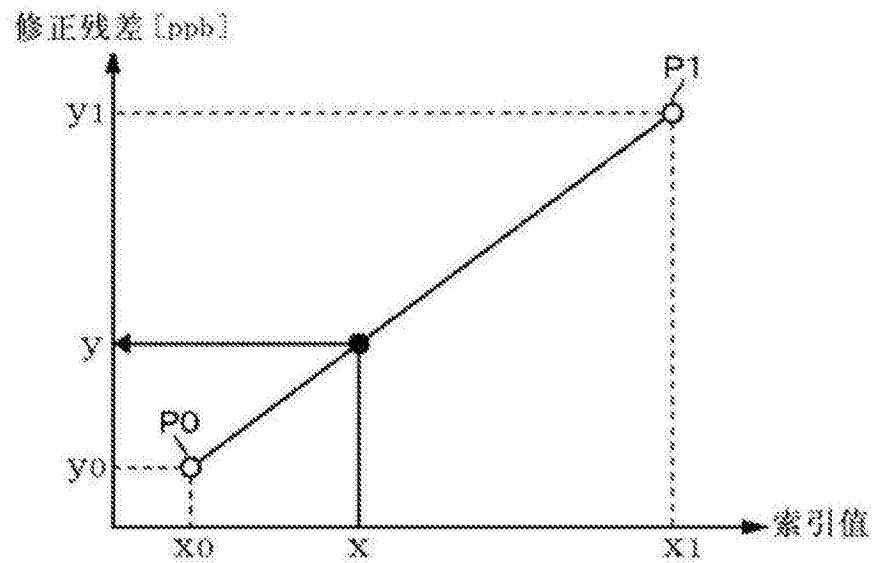


图17

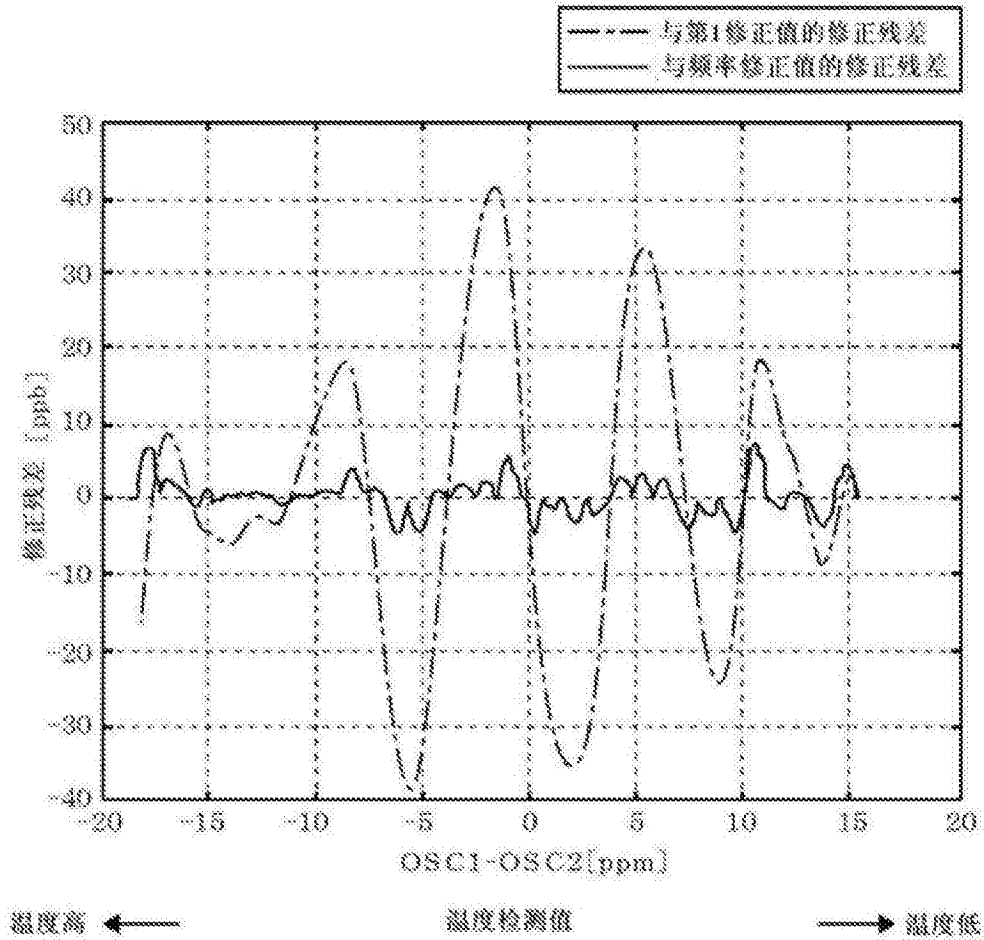


图18

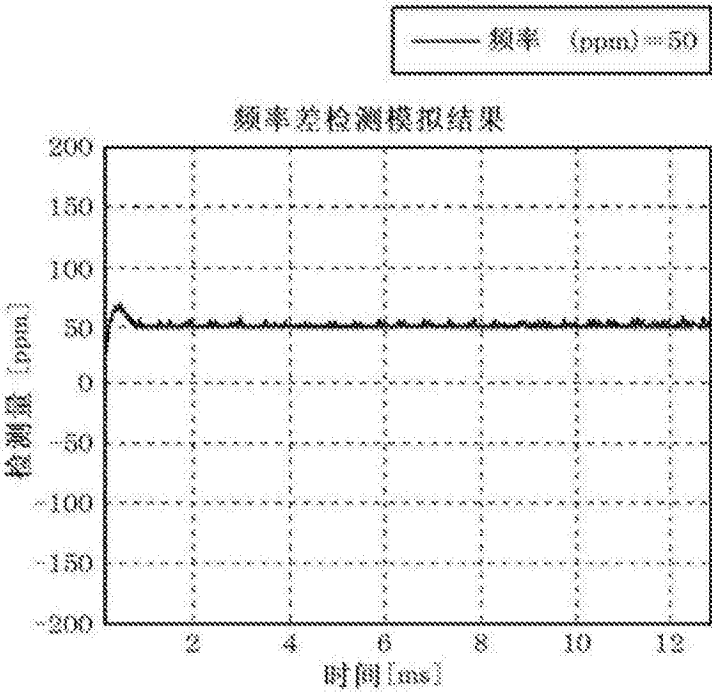


图19

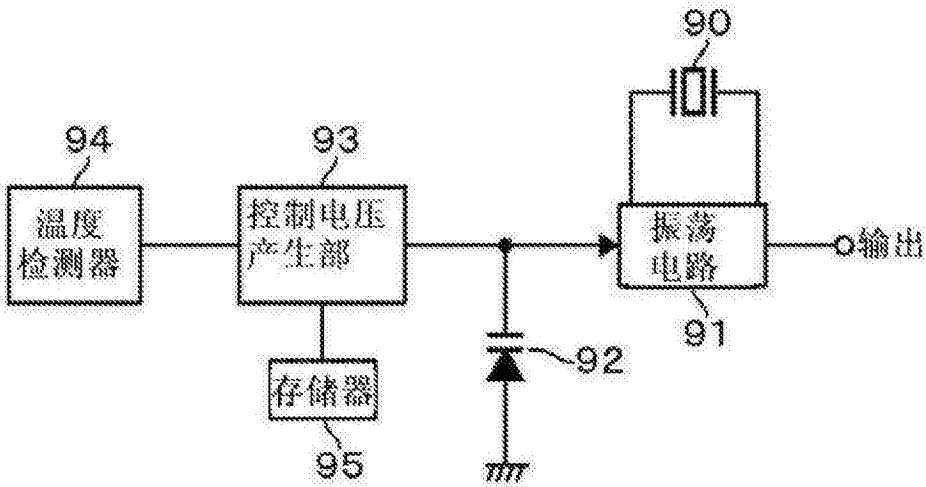


图20