

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96105667.3

[45] 授权公告日 2001 年 2 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1061802C

[22] 申请日 1996.4.26 [24] 颁证日 2000.10.28

[21] 申请号 96105667.3

[30] 优先权

[32] 1995.4.27 [33] JP [31] 104011/1995

[32] 1996.3.18 [33] JP [31] 61493/1996

[73] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 冈学 菊岛正幸 市濑和成

[56] 参考文献

EP 0486207A1 1992. 5. 20 H03B5/32

US 5081431 1992. 1. 14 H03B5/32

H0321/02

US5126495 1992. 1. 30 H03B5/32 H03L1/02

审查员 段成云

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

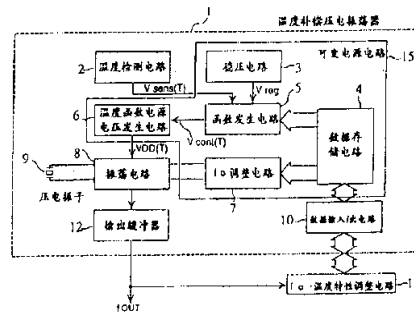
代理人 王勇 叶恺东

权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图页数 26 页

[54] 发明名称 温度补偿压电振荡器

[57] 摘要

提供一种易于进行 IC 化及制造后的调速工作的、并且能够不外接可变电抗元件而补偿频率温度特性的温度补偿压电振荡器。该温度补偿压电振荡器 1 的特征是具有一个频率受温度影响的压电振子 9、一个使压电振子 9 振荡的同时根据外加电源电压 VDD(T) 的变化改变振荡频率的振荡电路 8、一个检测压电振子 9 的周围温度 T 的温度检测电路 2、一个根据温度检测电路 2 的检出温度把使频率温度特性发生变化的外加电源电压 VDD(T) 供给到振荡电路 8 的可变电源电路 15。



ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

---

1. 一种温度补偿压电振荡器，具有：

数据输入/出电路，用以从压电振荡器的外部输入数据；

输出缓冲器，用于强化输出的驱动能力并确保与一振荡电路的隔离；

其特征在于：

一个具有频率温度特性的压电振子；

一个在使上述压电振子振荡的同时根据外加电源电压的变化改变振荡频率的振荡电路；

一个检测上述压电振子的周围温度的温度检测电路；

一个根据上述温度检测电路检出的温度，把使上述频率温度特性变化的上述外加电源电压供给上述振荡电路的可变电源电路。

2. 权利要求 1 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述可变电源电路具有一个对应于周围温度存储用于抵消上述频率温度特性的温度特性补偿数据的数据存储装置，并且根据从上述数据存储装置对应于上述检出温度而读出的相应的温度特性补偿数据改变上述外加电源电压。

3. 权利要求 1 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述可变电源电路具有存储温度特性补偿数据的数据存储装置，其中，温度特性补偿数据的设定方式是在上述频率温度特性用周围温度  $T$ 、1 次系数  $A$ 、2 次系数  $B$ 、以及 3 次系数  $C$  以下式

$$\text{函数 } f(T) = A(T-25) + B(T-25)^2 + C(T-25)^3$$

进行近似时，抵消与上述 1 次系数 A、上述 2 次系数 B 及上述 3 次系数 C 有关的频率变化中的至少 1 个频率变化；

上述可变电源电路根据从上述数据存储装置读出的上述温度特性补偿数据改变上述外加电源电压以抵消遵从上述函数  $f(T)$  的频率变化。

4. 权利要求 3 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述温度特性补偿数据具有由上述周边温度 T、乘法系数 G 及加法系数 H 构成的一次函数  $V(T) = G(T) + H$  中的上述乘法系数 G 及上述加法系数 H；

上述可变电源电路在读出上述乘法系数 G 及上述加法系数 H 的同时，根据上述一次函数  $V(T)$  改变上述外加电源电压，以抵消与上述 1 次系数 A 有关的频率变化。

5. 权利要求 2 至 4 的任一项中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述数据存储装置还具有为修正上述压电振子在基准温度时的基准振荡频率而设定的频率设定数据；

上述可变电源电路根据从上述数据存储装置读出的频率设定数据修正上述基准振荡频率。

6. 权利要求 1 或 4 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述可变电源电路使上述外加电源电压随上述检出温度的上升而上升。

7. 权利要求 1 至 6 的任一项中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述可变电源电路还具有一个限制上述外加电源电压的变化

范围的限幅电路。

8. 权利要求 7 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述变化范围的上限设定为比供给到该温度补偿压电振荡器自身的电源电压低的电压。

9. 权利要求 7 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述变化范围的下限设定为比上述振荡电路的停振电压高的电压。

10. 权利要求 1 至 9 的任一项中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

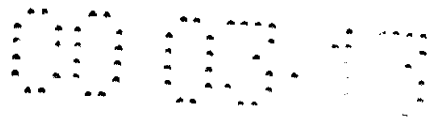
除去上述压电振子之外的构成部件被单片 IC 化。

11. 权利要求 10 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

上述单片 IC 和上述压电振子一起被模块化。

12. 权利要求 10 中所述的温度补偿压电振荡器，其特征在于：

将上述单片 IC 和上述压电振子一起封装在一个管壳中。



## 说明书

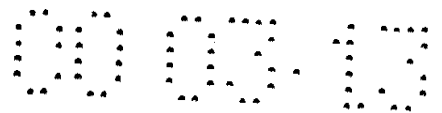
### 温度补偿压电振荡器

本发明涉及一种作为通信机等的基准频率源而使用的温度补偿压电振荡器。

以往，作为补偿由于温度而引起的频率变化的压电振荡电路，一直使用图 22(a)所示的模拟型温度补偿压电振荡电路。这种电路结构的振荡器例如示于特公昭 64-1969。如该图所示，该温度补偿压电振荡器 100 具有压电振子 9、使压电振子 9 振荡的科尔皮兹型振荡电路 108、补偿其频率温度特性的温度补偿网路 101。

温度补偿网路 101 如同图(b)所示，由串联连接高温温度补偿电路 101a 和低温温度补偿电路 101b 而构成。将高温温度补偿电路 101a 构成为串联连接热敏电阻  $R_{TH}(T)$  和高温侧温度特性调整电阻  $R_{CH}$ ，并在这些电阻上并联电容器  $C_H$ ，另外，低温温度补偿电路 101b 构成为并联连接热敏电阻  $R_{TL}(T)$ 、低温侧温度特性调整电阻  $R_{CL}$  以及电容器  $C_L$ 。通过这些结构，温度补偿电路网络 101 使科尔皮兹型振荡电路 108 的电抗特性发生变化，抵消压电振子 9 的频率温度特性，由此，补偿例如 AT 切割晶体振子的 3 次特性（参照图 3），把科尔皮兹型振荡电路 108 的输出  $f_{out}$  的频率即温度补偿压电振荡器 100 的振荡频率维持在预定范围内。而且，这些电路如图 23 所示，被焊接在电路底板 143 的正反两面，搭载于树脂基座 144 上，并用金属盒 145 封装。

图 24 示出以往的温度补偿压电振荡器另一例，示出对振荡



器因温度而引起的频率变化以数字方式进行补偿的温度补偿压电振荡器的结构。如同图所示，该温度补偿压电振荡器 200 具有检测周围（环境）温度  $T$  并输出对应于其检出温度的电压  $V_{\text{sts}}(T)$  的温度检测电路 2、把电压  $V_{\text{sts}}(T)$  变换为数字值的温度数据的 A/D 转换器 52、输出对应于该温度数据的温度特性补偿数据的数据存储电路 204、把温度特性补偿数据变换为控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  并输出的 D/A 转换器 253 和振荡电路 119，并构成为将对应于周围温度  $T$  的控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  输入到振荡电路 119 中。将温度特性补偿数据在进行温度补偿压电振荡器 200 制造后的调整工作时经由从外部连接的  $f_0$ ·温度特性调整电路 11 和内部的数据输入/出电路 10，预先存储在数据存储电路 204 中。

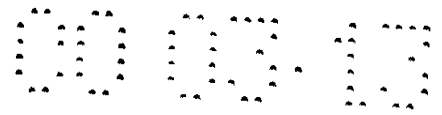
如图 24 及图 25 所示，振荡电路 119 上还连接着压电振子 9，稳压电路 3、 $f_0$  调整电路 7、可变电抗元件 202 和输出缓冲器 12。 $f_0$  调整电路 7 是用于根据数据存储电路 204 内的频率设定数据调整基准频率  $f_0$  的电路，该频率设定数据作为用于调节因压电振子 9 的制造分散性引起的频偏的数据，与温度特性补偿数据一样，由  $f_0$  温度特性调整电路 11 和数据输入/出电路 10 预先存储在数据存储电路 204 内。可变电抗元件 202 是用于由控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  改变其电抗特性而抵消压电振子 9 具有的温度特性的元件；通过该可变电抗元件 202 的作用，把温度补偿压电振荡器 200 的振荡频率维持在预定范围内。而且，该温度补偿压电振荡器 200 能够如图 26 所示那样，做成仅有压电振子 9，可变电抗元件 202 和把除此之外的电路集成电路化了的温度补偿振荡器集成电路 241 的结构，还能够把这 3 个部件搭载于引线框架 242 上，做成塑料整体模块 240。



在上述温度补偿压电振荡器 100 和温度补偿压电振荡器 200 中，为补偿频率温度特性，即，为得到高精度的频率特性，需要根据周围温度  $T$  精确地变化电抗，而且要把用于此目的电路或元件外接到振荡电路 108 或 119 上。

一般在上述温度补偿压电振荡器 100 中，使用能够得到比 CMOS 更广泛的频率特性的双极型晶体管，与此相应，使用大阻值、高精度的电阻和热敏电阻，以及大容量、高精度的电容器等。然而，由于这些一般都是难于 IC 化的部件，所以，在温度补偿压电振荡器 100 中，作为这些部件不得使用分立元件，由此，存在部件数量多、不能小型化的缺点。还有，由于把各部件锡焊在电路底板 143 上，故不能够回流安装等。另外，在进行温度特性调整时，暂时焊接温度特性调整电阻  $R_{CH}$ 、 $R_{CL}$ ，而在对一个个制品确认了温度特性后，需要更换相应于补偿程度的温度特性调整电阻  $R_{CH}$  及  $R_{CL}$ ，因而，调整工作极其烦琐，这一点构成生产性低下、成本上升的主要原因。

另一方面，在温度补偿压电振荡器 200 中，通过在数据存储电路 204 中预先存储温度特性补偿数据和频率设定数据，易于进行频率调整工作，还有，能够做成仅包括压电振子 9、可变电抗元件 202 和温度补偿振荡器 IC241 的结构，从而达到某种程度的小型化是可能的。然而，即使在该温度补偿压电振荡器 200 中也需要以变容二极管等为代表的可变电抗元件 202，该可变电抗元件 202 也和上述温度补偿压电振荡器 100 的各部件相同，一般难于在 CMOS-IC 内构成，即使勉强构成，与外接的可变电抗元件相比，则由于线性和可变范围等特性大为恶化，故难于精确地补偿频率温度特性。



另外，人们也曾考虑把  $f_0$  调整电路 7 的等同电路作为可变电抗元件 202 的代用电路，但是与成为初始设定的元件的分散性的补偿不同，若根据检出的温度  $T$  而变化，则产生由温度特性补偿数据二进制码的过渡变化引起的噪声，因而不实用。即，在温度补偿压电振荡器 200 中，外接可变电抗元件 202 成为必要的构成因素，仅此部分就成为小型化无法进展而需要较多部件及较高的安装成本的原因。

本发明是为解决以上课题而完成的，目的在于提供易于进行 IC 化及制造后的调整工作的、而且在不外接可变电抗元件等的情况下能够补偿频率温度特性的温度补偿压电振荡器。

本发明的第一方面的温度补偿压电振荡器，具有：

数据输入/出电路，用以从压电振荡器的外部输入数据；

输出缓冲器，用于强化输出的驱动能力并确保与振荡电路的隔离；

其特征在于：

一个具有频率温度特性的压电振子；

一个使上述压电振子振荡的同时，根据外加电源电压的变化改变振荡频率的振荡电路；

一个检测上述压电振子的周围温度的温度检测电路；

一个根据上述温度检测电路的检出温度，把使上述频率温度特性发生变化的上述外加电源电压供给上述振荡电路的可变电源电路。

若根据该结构，则即使压电振子的振荡频率随周围温度变化，但由于能够根据其周围温度改变供给振荡电路的外加电源电压，能够根据该外加电源电压的变化改变振荡频率，故通过抵消

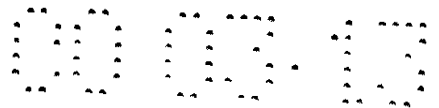


压电振子频率温度特性的这种变化能够把作为振荡器总体的振荡频率维持在预定范围内。此外，由于通过变化外加电源电压补偿频率温度特性，故没有必要把以往那样的可变电抗元件等外接到振荡电路。从而，易于用 CMOS 工艺过程构成温度补偿压电振荡器内的各电路元件其结果是易于实现 IC 化。若根据该结构，则由于在温度补偿压电振荡器制造后，能够从外部输入温度特性补偿数据等数据，因而不更换内部各电路元件就能够个别调整由制造的分散性引起的电路特性的差别。即，能够使温度补偿压电振荡器实现 IC 化且能大批量生产等，并在谋求低成本化的同时能够容易地进行制造后的调整工作。

本发明的第二方向的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第一方面的温度补偿压电振荡器中，上述可变电源电路具有根据周围温度存储用于抵消上述频率温度特性的温度特性补偿数据的数据存储装置，最好能够根据从上述数据存储装置相应于上述检出温度而读出的该温度特性补偿数据使上述外加电源电压变化。

若根据该结构，由于能够相应于检出的周围温度读出温度特性补偿数据，能够根据该温度特性补偿数据改变外加电源电压，因而能够容易地生成用于抵消压电振子的频率温度特性的外加电源电压。

本发明的第三方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第一方面的温度补偿压电振荡器中，上述可变电源电路具有数据存储装置，存储所设定的温度特性补偿数据，以便在上述频率温度特性可用周围温度  $T$ 、1 次系数  $A$ 、2 次系数  $B$  及 3 次系数  $C$  以函数  $f(T)=A(T-25)+B(T-25)^2+C(T-25)^3$  进行近似时，抵消与上述 1 次系数  $A$ 、上述 2 次系数  $B$  及上述 3 次系数  $C$  有关的频率的变化



中至少 1 个频率的变化，并最好根据从上述数据存储装置读出的上述温度特性补偿数据改变上述外加电源电压以抵消遵从上述函数  $f(T)$  的频率的变化。

若根据该结构，则读出温度特性补偿数据并根据该温度特性补偿数据，能够容易地生成抵消与 1 次系数 A、2 次系数 B 及 3 次系数 C 有关的频率变化之中至少一个频率变化的外加电源电压。

本发明的第四方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第三方面的温度补偿压电振荡器中，上述温度特性补偿数据具有由上述周围温度 T、乘法系数 G 及加法系数 H 构成的一次函数  $V(T) = G(T) + H$  中的上述乘法系数 G 以及上述加法系数 H，上述可变电源电路在读出上述乘法系数 G 及上述加法系数 H 的同时，最好根据上述一次函数  $V(T)$  改变上述外加电源电压，使之抵消上述与 1 次系数 A 有关的频率变化。

若根据该构成，则作为温度特性补偿数据读出所存储的乘法系数 G 和加法系数 H，并根据该乘法系数 G 和加法系数 H 能够容易地生成抵消与 1 次系数 A 有关的频率变化的外加电源电压。另外，这种情况下，存储在数据存储装置中的温度特性补偿数据由于最低限度仅为乘法系数 G 和加法系数 H 即可，因而能够使用存储容量小的数据存储装置，由此，有可能使温度补偿压电振荡器进一步小型化。

本发明的第五方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第二至第四方面的任一方面的温度补偿压电振荡器中，上述数据存储装置内还具有为了修正上述压电振子在基准温度下的基准振荡频率而设定的频率设定数据，上述可变电源电路最好根据从上述



能够做成几乎不受该温度补偿压电振荡器的电源电压影响的更为稳定的振荡器。

本发明的第九方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第七方面的温度补偿压电振荡器中，上述变化范围内的下限最好设定为比上述振荡电路的停振电压高的电压。

若根据该结构，则由于用限幅电路把供给振荡电路的外加电源电压限制为比停振电压高的电压，因而能够做成不停振的稳定的温度补偿压电振荡器。

本发明的第十方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第一至第九方面的任一方面的温度补偿压电振荡器中，最好把除上述压电振子之外的构成部件形成单片 IC。

若根据该结构，能够使温度补偿压电振荡器实现小型化，能够大批量生产。

本发明的第十一方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第十方面的温度补偿压电振荡器中，上述单片 IC 最好和上述压电振子一起实现模块化。

若根据该结构，则通过例如用塑料等树脂把温度补偿压电振荡器的整体做成一体化的模块，易于进一步使整体实现小型化，能够大批量生产，并且能够做成易于操作的温度补偿压电振荡器。

本发明的第十二方面的温度补偿压电振荡器是，在本发明的第十一方面的温度补偿压电振荡器中，上述单片 IC 最好和上述压电振子一起放置于一个管壳之中。

若根据该结构，例如，把温度补偿压电振荡器的整体放置在陶瓷等的管壳内，由此，与本发明的第十二方面的温度补偿压电

振荡器一样，在能够进一步实现小型化、大批量生产化的同时，能够做成易于操作的温度补偿压电振荡器。

图 1 是示出有关本发明一实施例的温度补偿压电振荡器的一个框图。

图 2 是示出振荡电路的结构及与其周边电路的一个连接例的一个图。

图 3 是示出由 AT 切割晶体振子构成的压电振子频率—温度特性一个例子的一个图。

图 4 是示出振荡电路的频率—电源电压特性的一个例子的一个图。

图 5 是示出数据存储电路内设定数据的一个例子的一个框图。

图 6 是示出函数发生电路结构的一个例子的一个框图。

图 7 是示出 D/A 转换器结构的一个例子的一个图。

图 8 是示出可变增益放大器的电路结构的一个例子的一个图。

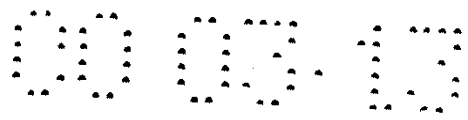
图 9 是示出温度检测电路的输出电压—温度特性的一个例子的一个图。

图 10 是示出函数发生电路的输出电压—温度特性的一个例子的一个图。

图 11 是示出温度函数电源电压发生电路的结构的一个例子的一个图。

图 12 是示出温度函数电源电压发生电路的输出电压—温度特性的一个例子的一个图。

图 13 是示出与增益设定数据的设定变更相对应的温度补偿



压电振荡器的频率—温度特性的一个例子图。

图 14 是示出温度补偿压电振荡器温度补偿后的频率—温度特性的一个例子图。

图 15 是示出温度补偿压电振荡器结构的一个例子斜视图。

图 16 是示出函数发生电路又一构成的一个例子框图。

图 17 是示出图 16 的函数发生电路的输出电压—温度特性的一个例子图。

图 18 是和图 1 一样形式的框图，示出本发明又一实施例。

图 19 是和图 5 一样形式的框图，示出图 18 的温度补偿压电振荡器。

图 20 是关于图 18 的温度补偿压电振荡器的、和图 3 同样内容的一个特性曲线图。

图 21 是关于图 18 的温度补偿压电振荡器的和图 14 同样内容的一个特性曲线图。

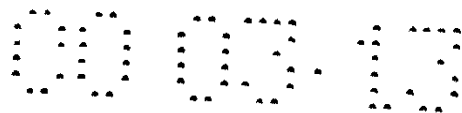
图 22 是示出以往模拟型温度补偿压电振荡器一个例子图。

图 23 是示出图 22 的温度补偿压电振荡器结构一个例子斜视图。

图 24 是示出以往数字型温度补偿压电振荡器一个例子框图。

图 25 是示出图 24 的温度补偿压电振荡器的振荡电路的结构与其周边电路的连接的一个图。

图 26 是示出图 24 的温度补偿压电振荡器结构的一个例子框图。



## 发明的实施例

以下，参照附图，说明与本发明一实施例有关的温度补偿压电振荡器。

图 1 是示出本实施例的温度补偿压电振荡器的框图，该温度补偿压电振荡器 1 如同图所示，具有温度检测电路 2、振荡电路 8、压电振子 9、输出缓冲器 12、可变电源电路 15、数据输入/出电路（数据输入装置）10，并被构成为在温度补偿压电振荡器 1 制造后的调整工作时能够和  $f_0$ ·温度特性调整电路 11 连接。

压电振子 9 如图 2 所示，其两端的电极连接到振荡电路 8 的接点 G 及接点 D，即，CMOS 反相器 33 的栅板及漏极。该压电振子 9 一般由 AT 切割晶体振子构成，具有图 3(a) 曲线所示的频率—温度特性。该频率—温度特性用多项式近似，表示为：

$$\Delta f/f_0 = A(T-25) + B(T-25)^2 + C(T-25)^3 + \dots \quad (1)$$

这里，T 是周围温度， $f_0$  表示 25℃（以下简称为“基准温度”）时的振荡频率（以下简称为“基准频率”）， $\Delta f/f_0$  表示频偏。

于是，为了使作为目标的频率—温度特性在图 3(b) 的框所示的 -10 ~ +60℃ 的温度范围内达到  $\pm 2.5$  (ppm) 以内（以下简称为“目标范围内”），设定以下所说明的温度补偿压电振荡器 1 的各构成要素使之抵消由式 (1) 中 1 次系数 A 引起的频偏  $\Delta f/f_0$  的变化，即，对于周围温度 T 频偏  $\Delta f/f_0$  在目标范围内的右降变化。

振荡电路 8 如图 2 所示，具有 CMOS 反相器 33、从其漏极到栅极的负反馈电阻  $R_f$ 、决定 CMOS 反相器 33 输入侧即栅极侧的电抗特性的电容器  $C_g$  和决定输出侧即漏极侧的电抗特性的电容器

Cd. 另外，如图 1 及图 2 所示，CMOS 反相器 33 上连接着提供电源电压（外加电源电压） $V_{DD}(T)$  的可变电源电路 15 的温度函数电源电压发生电路 6，在其栅极侧的接点 G 上，连接着调整基准频率  $f_0$  的  $f_0$  调整电路 7，在其漏极侧的接点 D 上，连接着用于强化输出的驱动能力并确保与振荡电路 8 的隔离的输出缓冲器 12。

在该振荡电路 8 中，若电源电压  $V_{DD}(T)$  变化，则 CMOS 反相器 33 内部的端子间电容等与电源有依存关系的电抗成分发生变化，由此，振荡电路 8 整体的电抗特性变化。其结果，振荡电路 8 具有图 4 所示的频率—电源电压特性，输出  $f_{out}$  的频偏  $\Delta f/f_0$  对于电源电压  $V_{DD}(T)$  是右升即与电源电压  $V_{DD}(T)$  成正比变化。在温度补偿压电振荡器 1 中，通过利用该振荡电路 8 的频率特性，即，使供给振荡电路 8 的电源电压  $V_{DD}(T)$  正比于周围温度  $T$  增加，抵消压电振子 9 的频偏  $\Delta f/f_0$  的右降变化，由此，进行温度补偿。

可变电源电路 15 如图 1 所示，具有稳压电路 3、数据存储电路（数据存储装置）4、函数发生电路 5、温度函数电源电压发生电路 6 和  $f_0$  调整电路 7。稳压电路 3 是发生函数发生电路 5 的基准电压  $V_{reg}$  的电路，由温度补偿压电振荡器 1 的电源电压引起的电压变动小的电压源构成。

数据存储电路 4 由以 EEPROM 为代表的非易消性半导体存储器构成，在温度补偿压电振荡器 1 制造后，如图 1 所示，经由数据输入/出电路 10 连接温度补偿压电振荡器 1 的外部的  $f_0$  温度特性调整电路 11。在这种状态下，在数据存储电路 4 中（如图 5 所示），写入并存储用于变更压电振子 9 的频率—温度特性的偏移



(offset) 设定数据 (加法系数) 21 以及增益设定数据 (乘法系数) 22 构成的温度特性补偿数据和用于调整基准频率  $f_0$  的频率设定数据 23.

增益设定数据 22 是决定后述的控制电压  $V_{\text{off}}(T)$  对于周围温度  $T$  的变化的斜率的参数 (参照图 10), 例如, 由表示 3 位  $(000)_2 \sim (111)_2$  的任一个二进制数据构成. 另外, 偏移设定数据 21 是用于在增益即斜率发生变化时修正控制电压  $V_{\text{off}}(T)$  在基准温度下的电位偏差的数据, 例如由 5 位的分辨率表示其偏差的二进制数据构成. 而且, 频率设定数据 23 是用于修正来自振荡电路 8 在基准温度下的振荡频率的应设定的基准频率  $f_0$  的偏差的数据, 与后述的开关元件群 32-1-n 的开关数  $n$  相吻合, 由  $n$  位例如  $n=8$  位的二进制数据构成.

将这些设定数据 21、22 及 23 用  $f_0$  温度特性调整电路 11 按照各个元件的温度特性设定后, 存储在数据存储电路 4 中, 以便去修正由在温度补偿压电振荡器 1 中使用的压电振子 9 的元件分散性引起的元件间参数的差别. 而且,  $f_0$  温度特性调整电路 11 在这些数据设定后, 即制造后的调整工作完成后, 切断与温度补偿压电振荡器 1 的电连接.

$f_0$  调整电路 7 如图 2 所示, 连接到振荡电路 8 的接点 G, 为修正压电振子 9 的基准频率  $f_0$  的制造分散性, 通过改变由 CMOS 反相器 33 栅极侧的电容器  $C_g$  形成的负载电容, 使振荡电路 8 的电抗特性发生变化, 由此进行振荡电路 8 的基准频率  $f_0$  的调整. 该  $f_0$  调整电路 7 如同图所示, 由  $n$  个 (例如  $n=8$ ) 电容器群 31-1~31-n (31-8) 和与其分别串联连接的开关元件群 32-1~32-n (32-8) 构成, 这些开关元件群 32-1~n 的通断状态由数

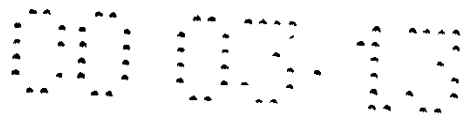
据存储电路 4 的频率设定数据 23 控制。即，通过根据频率设定数据 23 的值，改变振荡电路 8 的栅-地间（图中的 A—B 间）的电容，进行振荡电路 8 的基准频率  $f_0$  的调整。

温度检测电路 2 具有利用半导体的 PN 结的正向电压特性的温度传感器，该电路 2 的构成方式是先检测出周围温度。然后把该检出温度的信息作为温度依存电压  $V_{\text{sts}}(T)$  来输出。该温度依存电压  $V_{\text{sts}}(T)$  如图 9 所示，对于周围温度  $T$  具有线性变化的特性。

函数发生电路 5 如图 6 所示。具有 2 个 D/A 转换器 24 及 25、可变增益放大器 20，其构成方式是根据来自稳压电路 3 的基准电压  $V_{\text{reg}}$ 、来自温度检测电路 2 的温度依存电压  $V_{\text{sts}}(T)$  和图 4 的数据存储电路 4 的偏移设定数据 21 以及增益设定数据 22，生成控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$ ，并向后述的温度函数电源电压发生电路 6 输出。

D/A 转换器 24 及 25 如图 7 所示，为 R-2R 梯形电阻 D/A 转换器结构，把数据存储电路 4 的偏移设定数据 21 及增益设定数据 22 分别变换为模拟偏移设定电压  $V_0$  及增益设定电压  $V_g$ ，输出到可变增益放大器 20。可变增益放大器 20 如图 8 (a) 所示，为根据来自稳压电路 3 的基准电压  $V_{\text{reg}}$  进行工作的差动放大器的结构，用增益设定电压  $V_g$  变更作为来自温度检测电路 2 的温度依存电压  $V_{\text{sts}}(T)$  的斜率的增益，与此同时，用温度依存电压  $V_{\text{sts}}(T)$  和偏移设定电压  $V_0$  的差分把基准温度时的电位修正为预定电位，并作为控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  向温度函数电源电压发生电路 6 输出。

温度依存电压  $V_{\text{sts}}(T)$  如前所述具有图 9 的线性特性，因而在函数发生电路 5 中，如图 10 所示分别具有线性特性，这样就能够根据数据存储电路 4 的 3 位增益设定数据 22 把基准温度时的电位相同且增益（斜率）互不相同的多个温度特性中的 1 个选



择为控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  的温度特性。即，如同图所示，增益设定数据 22 的设定值为  $(000)_2$  时，控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  对于温度的温度变化率极小，而随着增益设定数据 22 的设定值从  $(000)_2$ 、 $(001)_2$ 、... 到  $(111)_2$  的增大，控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  的温度变化率增加，因而通过变更数据存储电路 4 中存储的增益设定数据 22 和偏移设定数据 21，能够以阶梯方式改变输出电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  的斜率。

温度函数电源电压发生电路 6 如图 11 所示，具有差动放大器 28 以及控制晶体管 29、限幅电路 30，用差动放大器 28 和控制晶体管 29 在预定的电压变化范围内生成正比于控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  的电源电压  $VDD(T)$ ，同时，用限幅电路 30 使电源电压  $VDD(T)$  不会变化到预定范围之外。通过限制电源电压  $VDD(T)$  的变化范围，该限幅电路 30 将防止在电源电压  $VDD(T)$  上升到温度补偿压电振荡器 1 的电源电压附近时的振荡电路 8 的频率—电源电压特性的恶化。同时还防止由于降低到停振电压而引起的振荡电路 8 的停振。

由此，与图 10 的控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  的温度特性相比，电源电压  $VDD(T)$  如图 12 所示，具有用上限电压及下限电压限制的温度特性。另外，一般振荡电路 8 在高温时振荡余量减少，具有停振电压上升的倾向。但由于电源电压  $VDD(T)$  在预定变化范围内正比于控制电压  $V_{\text{ctrl}}(T)$  变化，因而，与低温时相比，高温时为高电压，由此，能够确保高温时振荡电路 8 的振荡余量。

温度补偿压电振荡器 1 制造后，作为其调整工作，如前所述，连接  $f_0$  温度特性调整电路 11 进行图 5 的数据存储电路 4 内的偏移设定数据 21、增益设定数据 22 及频率设定数据 23 的设定。这时，对于同一个压电振子 9，若变更增益设定数据 22 的设定，则

通过图 12 的电源电压  $VDD(T)$  的温度特性和上述图 4 的振荡电路 8 的频率特性的组合，温度补偿压电振荡器 1 的输出  $f_{out}$  的频率—温度特性如图 13 所示，随增益设定数据 22 的变更而变化。即，通过变更增益设定数据 22 的设定能够改变温度补偿压电振荡器 1 的频率—温度特性。

从而，通过适宜地设定该增益设定数据 22，能够吸收由压电振子 9 的元件分散性引起的频率—温度特性的差异，而且能够进行充分的温度补偿。例如，在压电振子 9 具有图 14 的曲线 (a) (和图 2 相同) 所示的频率—温度特性时，通过把增益设定数据 22 设定为 (111)<sub>2</sub>，则根据周围温度  $T$  向振荡电路 8 供给图 12 的 (111)<sub>2</sub> 的温度特性的电源电压  $VDD(T)$ 。由此，具有图 4 的电源电压  $VDD$ —频率特性的振荡电路 8 改变振荡频率以便抵消压电振子 9 的图 14 曲线 (a) 的频率—温度特性。其结果，作为温度补偿压电振荡器 1 的整体，成为同图曲线 (c) 所示的频率—温度特性，在同图 (b) 的目标范围内，即  $-10 \sim +60^{\circ}\text{C}$  内能够成为  $\pm 2.5(\text{ppm})$  以内的频率—温度特性。对于具有与该压电振子 9 不同的频率—温度特性的压电振子也能够用同样的方法进行温度补偿，这一点是不言而喻的。

另外，该温度补偿压电振荡器 1 的上述各构成要素中除压电振子 9 外，全部用容易进行 IC 化的元件构成，故能够把这些元件汇集起来做成温度补偿压电振荡器 IC 41。进而，如图 15 所示，还能够把该温度补偿压电振荡器 IC 41 和压电振子 9 一起搭载于引线框架 42 上，做成塑料一体化的模块 40。在这些情况下，能够进一步地使温度补偿压电振荡器 1 整体实现小型化，成为易于进行大批量生产的同时，能够做成易于操作的温度补偿压电振荡

器 1。此外，其结果，有可能谋求由于 IC 化而带来的可靠性的提高，以及由于大批量生产而带来的制造成本的削减等。

如以上所详述的，在温度补偿压电振荡器 1 中，即使压电振子 9 的振荡频率随周围温度变化，但由于能够使电源电压  $VDD(T)$  根据其周围温度  $T$  变化，使振荡频率跟随其电源电压  $VDD(T)$  的变化而变化，因而，能够抵消压电振子 9 的频率温度特性，把作为温度补偿压电振荡器 1 整体的振荡频率维持在预定范围内。另外，由于通过改变电源电压  $VDD(T)$  而补偿频率温度特性，故没有必要在振荡电路 8 上外接以往那样的可变电抗元件。从而，易于以 CMOS 工艺过程等构成温度补偿压电振荡器 1 内的各电路元件，其结果是容易实现 IC 化。

另外，在该温度补偿压电振荡器 1 中，作为存储在数据存储电路 4 中的设定数据，由于只要有一组与所使用的压电振子 9 的特性相吻合的温度特性补偿数据的增益设定数据（乘法系数）22、偏移设定数据（加法数据）和频率设定数据 23 即可，例如，分别为 3 位、5 位、8 位、合计为 16 位即可，因而与图 24 的以往的数字型温度补偿压电振荡器 200 相比，数据可变得极少，由此，能够谋求温度补偿压电振荡器 IC 41 的芯片的小型化、低成本化。

此外，在该温度补偿压电振荡器 1 中，由于在温度补偿压电振荡器 1 制造后，能够从外部输入温度特性补偿数据等设定数据，故不更换内部各电路元件就能够个别地调整由制造分散性而引起的电路特性的差别。由此，在能够大批量生产温度补偿压电振荡器 IC 41 并谋求低成本化的同时，还能够容易地进行制造后的调整工作。

进而，在该温度补偿压电振荡器 1 中，通过限幅电路 30 能

够把振荡电路 8 的电源电压限制在预定的变化范围之内。这时，通过限制为比温度补偿压电振荡器 1 的电源电压低的预定电压，能够做成几乎不受温度补偿压电振荡器 1 的电源电压变动影响的、更稳定的振荡器，另外，通过限制为高于停振电压的预定电压，能够做成不停振的稳定的温度补偿压电振荡器 1。

还有，图 7 及图 8 (a) 所示的 D/A 转换器 25 的构造为 R—2R 梯形电阻式，而作为变更增益的方法，也可以通过使图 8 (b) 的虚线内所示的、能够数字地控制电流值的电流源群 26— $I_1 \sim I_n$  的通/断来代替 D/A 转换器 25。

另外，函数发生电路 5 除图 6 中所示出的结构之外，还能够如图 16 所示，添加用于进行基于来自温度补偿压电振荡器 1 的外部的控制电压  $V_c$  的频率控制的电路，如加法器 27 来实现。这时，同图 (a) 的加法器 27 通过把来自外部的控制电路  $V_c$  与向可变增益放大器 20 传送的偏移设定电压  $V_0$  进行加减运算，使控制电压  $V_{cont}(T)$  如图 17 所示那样变化。由此，能够使振荡电路 8 的频率—温度特性整体地上下位移。从而，若根据该结构，则用来自外部的控制电压  $V_0$  能够调整振荡电路 8 的基准频率  $f_0$ ，能够省去图 1 及图 2 的  $f_0$  调整电路 7。此外，即使如图 16 (b) 那样把该加法器 27 连接到可变增益放大器 20 的输出侧，也能够得到同样的作用和效果。

还有，在本实施例的温度补偿压电振荡器 1 中，把可变电源电路 15 构成为补偿由压电振子 9 的 1 次系数 A 引起的频偏  $\Delta f/f_0$ ，但也能够把由压电振子 9 的 2 次系数 B 和 3 次系数 C 引起的频偏  $\Delta f/f_0$  包括在内，在更广泛的周围温度 T 的范围内进行高精度的补偿。



图 18 是示出有关本发明其它一实施例的温度补偿压电振荡器的框图，示出上述那种温度补偿压电振荡器一例。该温度补偿压电振荡器 50 的可变电源电路 51 的结构与图 1 的温度补偿压电振荡器 1 的可变电源电路 15 的结构不同，其不同部分的结构为与上述图 24 的以往的温度补偿压电振荡器 200 相同的结构。

即，可变电源电路 51 如图 18 所示，具有把从温度检测电路 2 输入的温度依存电压  $V_{\text{sens}}(T)$  变换为数字值的温度数据的数据 A/D 转换器 52、输出与该温度数据相对应的温度特性补偿数据的数据存储电路 54、把该温度特性补偿数据变换为控制电压  $V_{\text{cont}}(T)$  而输出的 D/A 转换器 53、以及和图 1 的可变电源电路 15 相同的温度函数电源电压发生电路 6 及  $f_0$  调整电路 7。

数据存储电路 54 中，如图 19 所示，存储用于变更压电振子 9 的频率—温度特性的温度特性补偿数据 55 和与上述图 5 的数据存储电路 4 的情况相同存储频率设定数据 23。温度特性补偿数据 55 在与从 A/D 转换器 52 输入的温度数据对应的地址上，即，与温度检测电路 2 的检出温度对应的地址上，并列地形成对应于周围温度  $T$  的补偿数据。该补偿数据示出各地址所表示的各周围温度  $T$  时的控制电压  $V_{\text{cont}}(T)$  的值，该补偿数据的设定方式是根据用于温度补偿压电振荡器 50 中的压电振子 9 的，例如图 20 所示的频率—温度特性抵消各周围温度  $T$  时的频偏  $\Delta f/f_0$ ，使其接近于 0（图中箭头方向）。这些设定数据 55 及 23 的设定时期及设定方法与温度补偿压电振荡器 1 的偏移设定数据 21 等相同。

在可变电源电路 51 中，根据温度检测电路 2 的温度依存电压  $V_{\text{sens}}(T)$ ，从数据存储电路 54 读出相应的补偿数据，在 D/A 转换器 53 中把该补偿数据变换为控制电压  $V_{\text{cont}}(T)$ ，然后，根



据该控制电压  $V_{\text{cont}}(T)$  在温度函数电源电压发生电路 6 中使电源电压  $VDD(T)$  变化。由此，在温度补偿压电振荡器 50 中，改变振荡电路 8 的电抗特性，改变振荡电路 8 的频率—温度特性，使之抵消压电振子 9 的频率—温度特性。例如，对于图 20 的压电振子 9 的频率—温度特性，即  $-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  温度范围内约  $\pm 18$  (ppm) 的频偏  $\Delta f/f_0$  能够变为图 21 所示的频率—温度特性即，在同一温度范围内  $\pm 0.3$  (ppm)。

从而，在该温度补偿压电振荡器 50 中，不仅对于由压电振子 9 的 1 次系数 A 引起的频偏  $\Delta f/f_0$  还能够把由 2 次系数 B 及 3 次系数 C 引起的频偏  $\Delta f/f_0$  也包括在内，在比温度补偿压电振荡器 1 更广泛的周围温度 T 的范围内进行高精度的补偿。

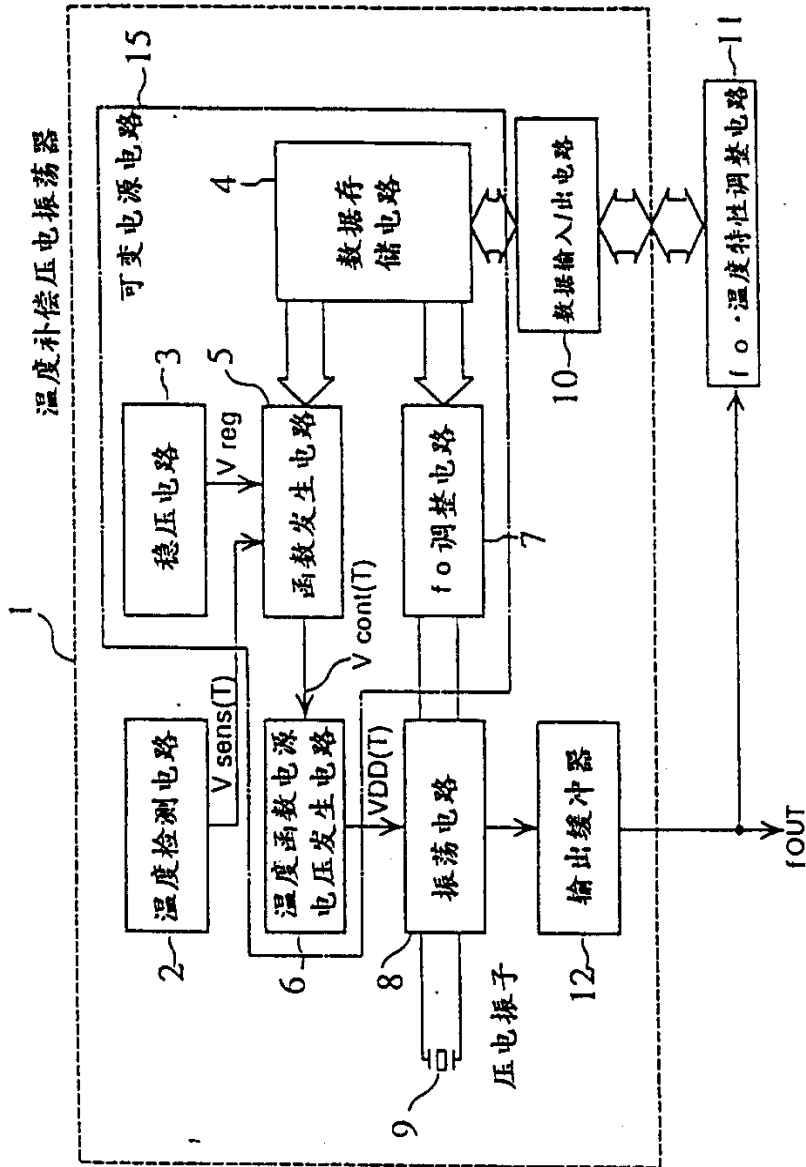
另外，本发明不限于上述实施例，还有其它各种实施例。

例如，数据存储电路 4 及 54 除上述的 EEPROM 等的半导体存储器之外，也可以用一般的电清除型和紫外线清除型、熔断丝型等的存储器构成。还有，通过把由压电振子 9 的元件分散性引起的基准频率  $f_0$  的偏移部分也添加进去来设定数据存储电路 4 的偏移设定数据 21 和数据存储电路 54 的温度补偿数据 55，还能够省去频率设定数据 23 及  $f_0$  调整电路 7。另外，图 2 的  $f_0$  调整电路 7 连接在 CMOS 反相器 33 的 G (栅极) 一侧，而即使将其连接到 D (漏极) 一侧也同样能够调整基准频率  $f_0$ 。

此外，在温度检测电路 2 中使用的温度传感器，只要是对于温度具有线性斜率的器件即可，例如，半导体的阈值电压和 PN 结的正向电压或者热敏电阻等都能够使用。另外，还能够把温度补偿压电振荡器 1 或温度补偿压电振荡器 50 的整体放置在陶瓷等的管壳中代替塑料一体化模块 40，也可以获得小型化和大批量



图1



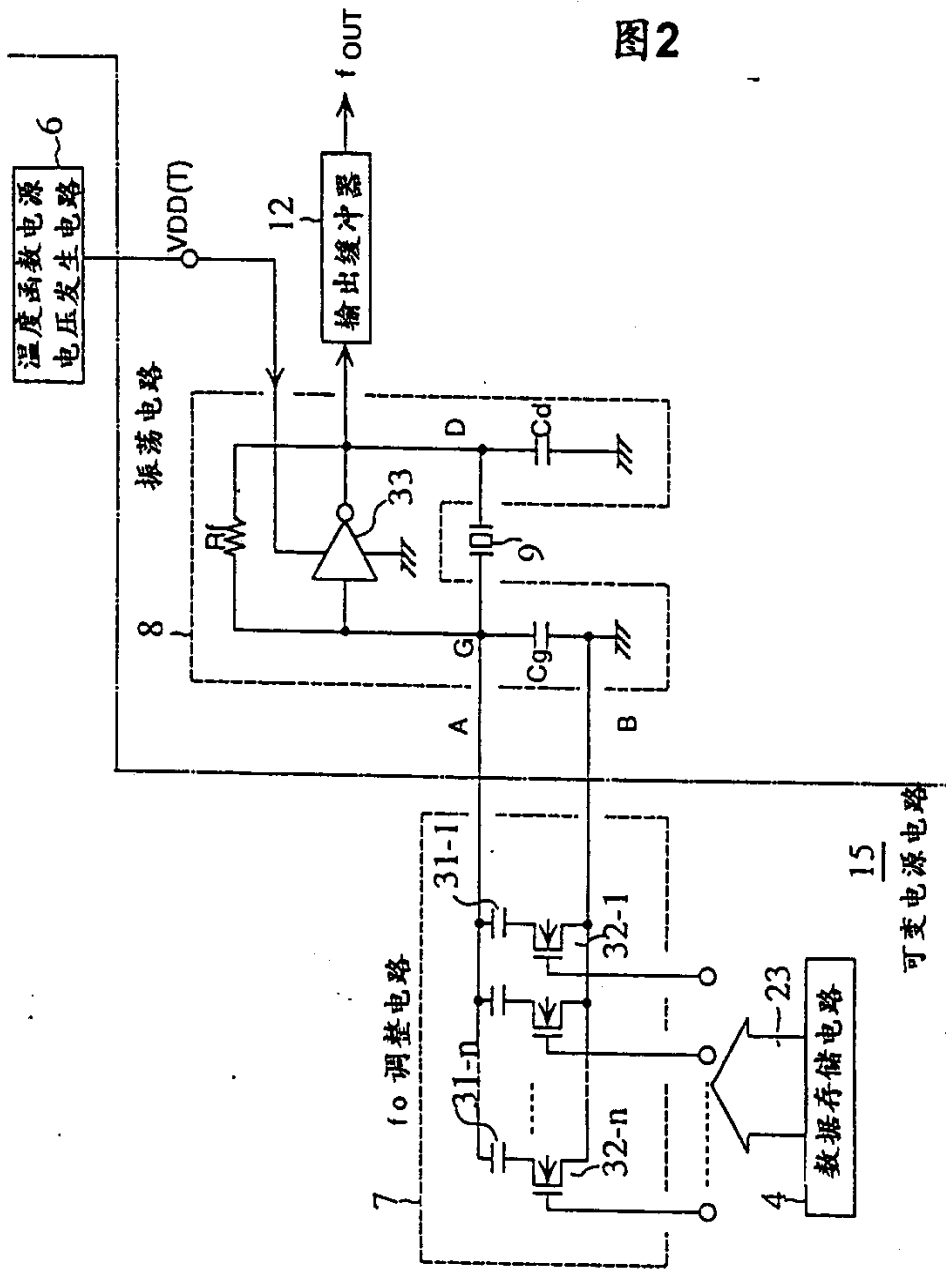
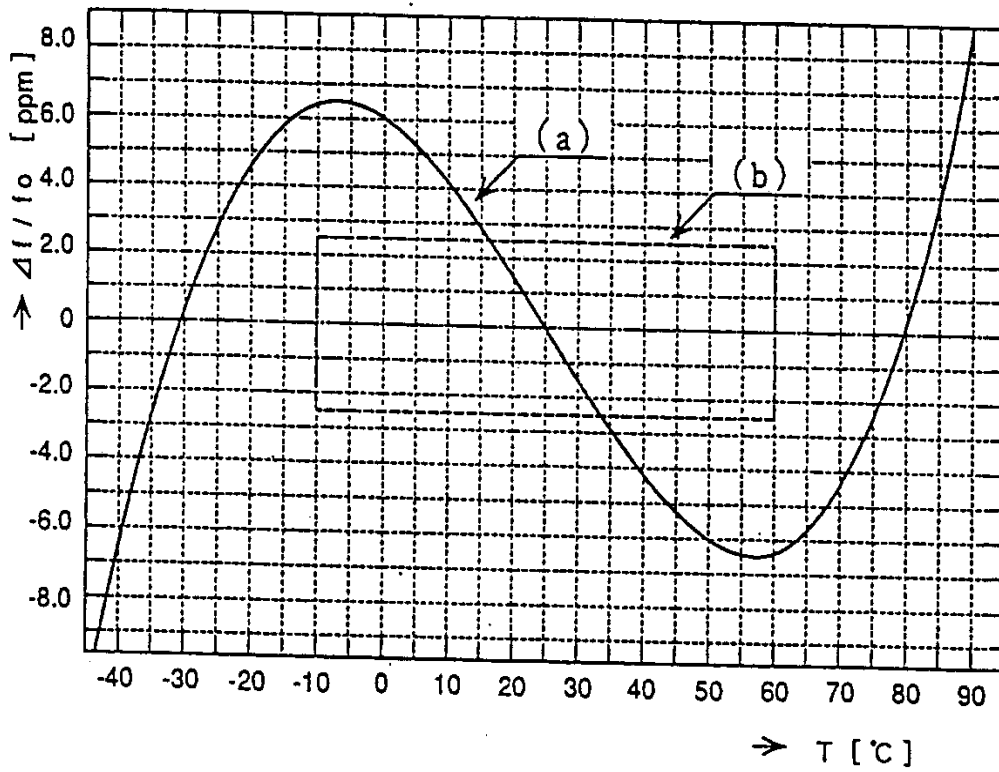


图2

图3



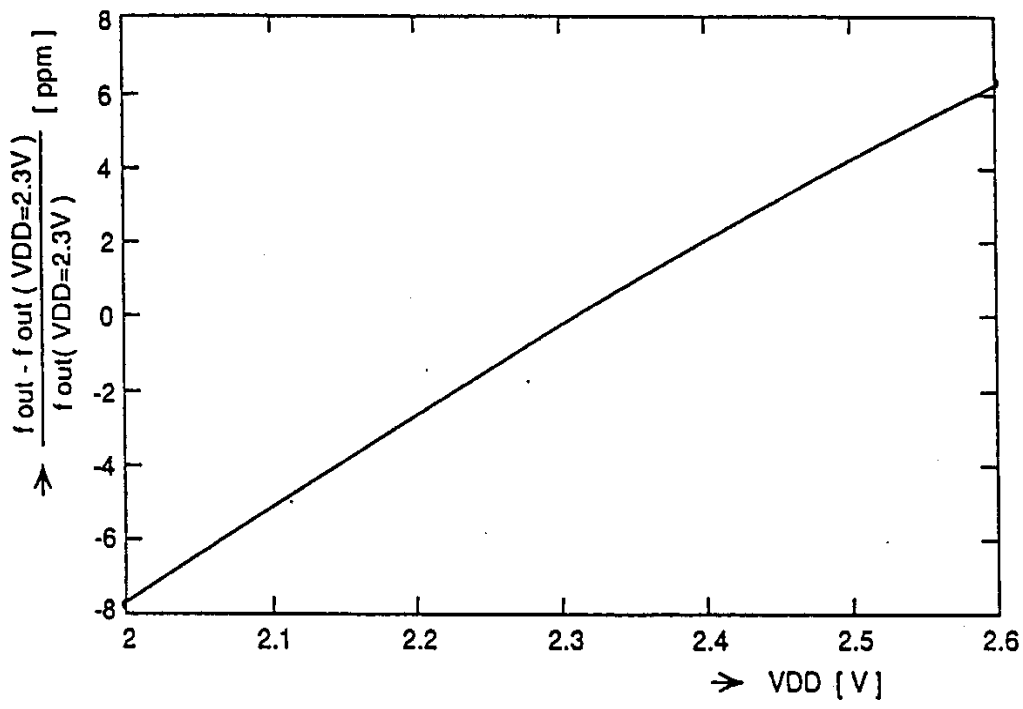


图4

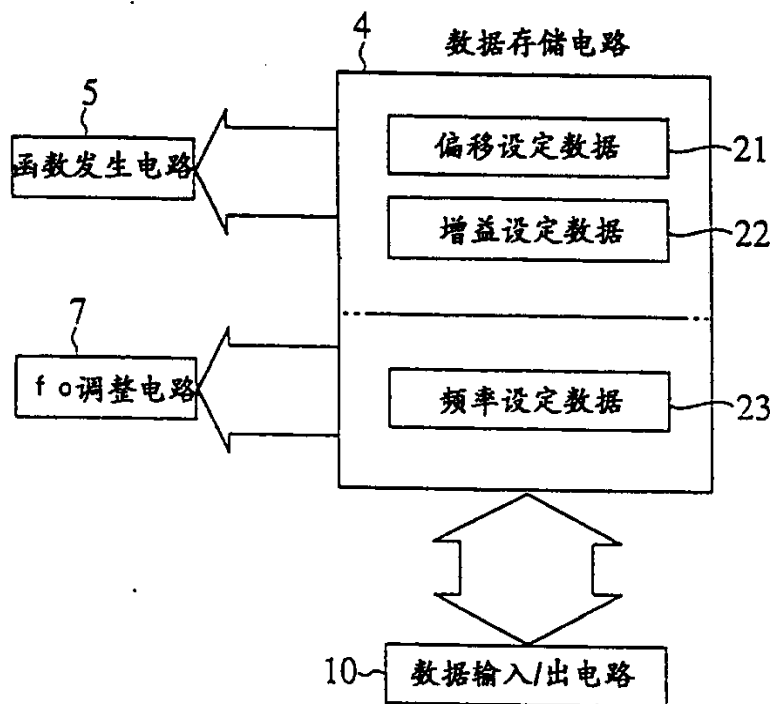


图5

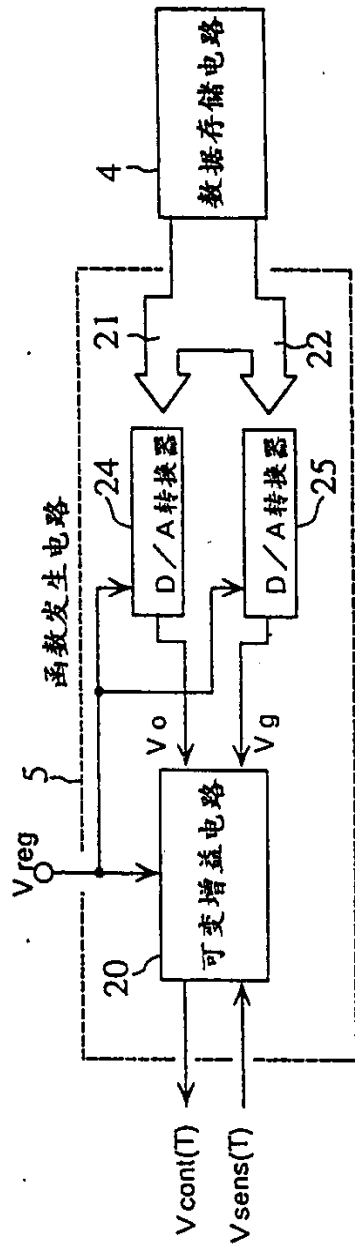
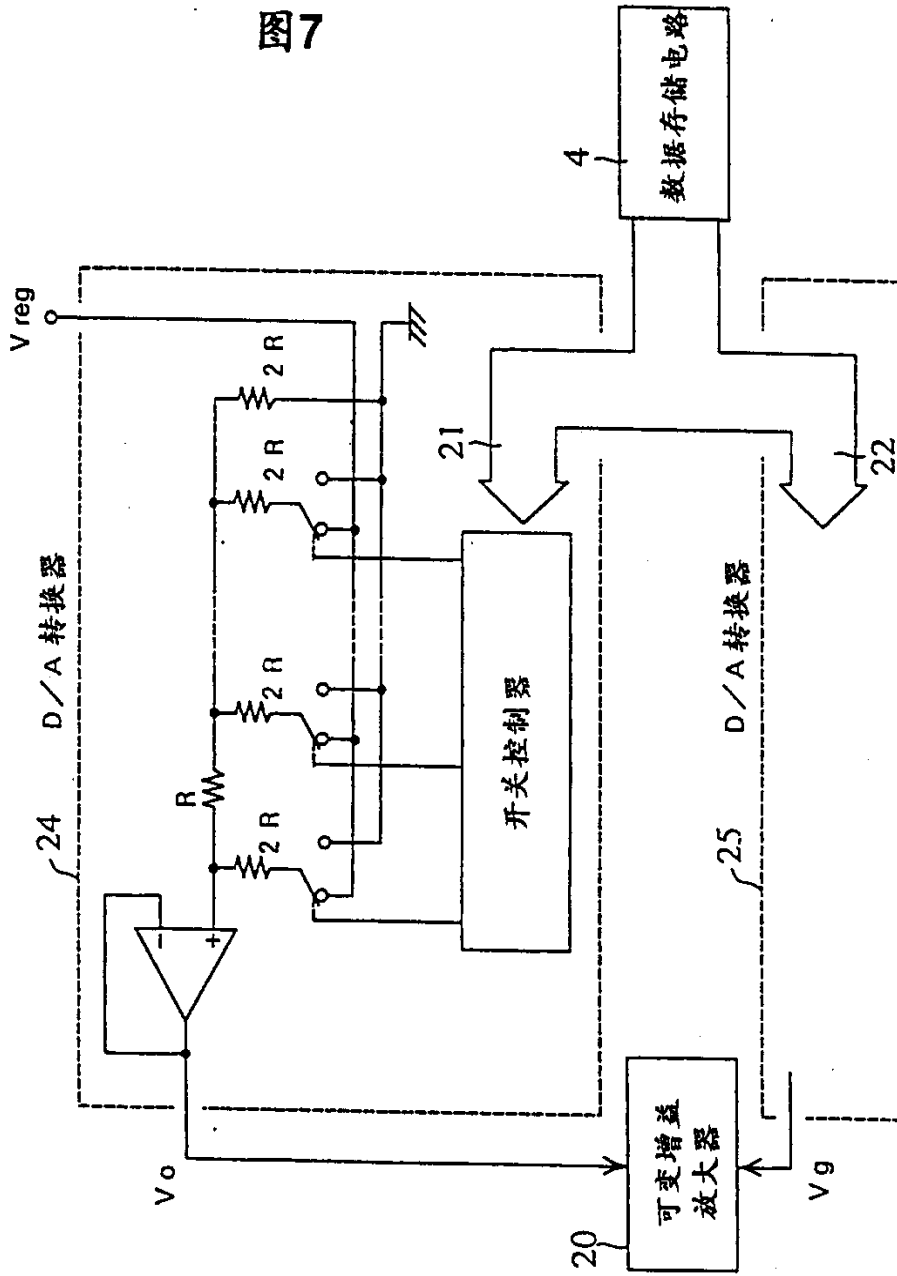
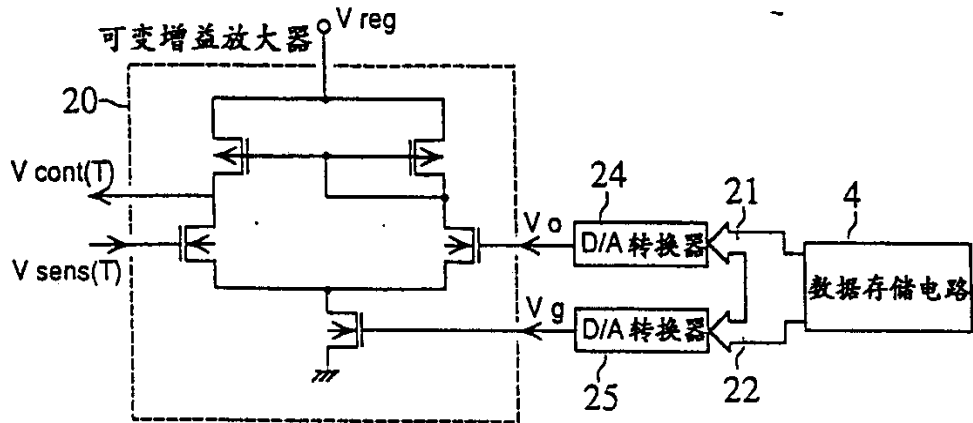


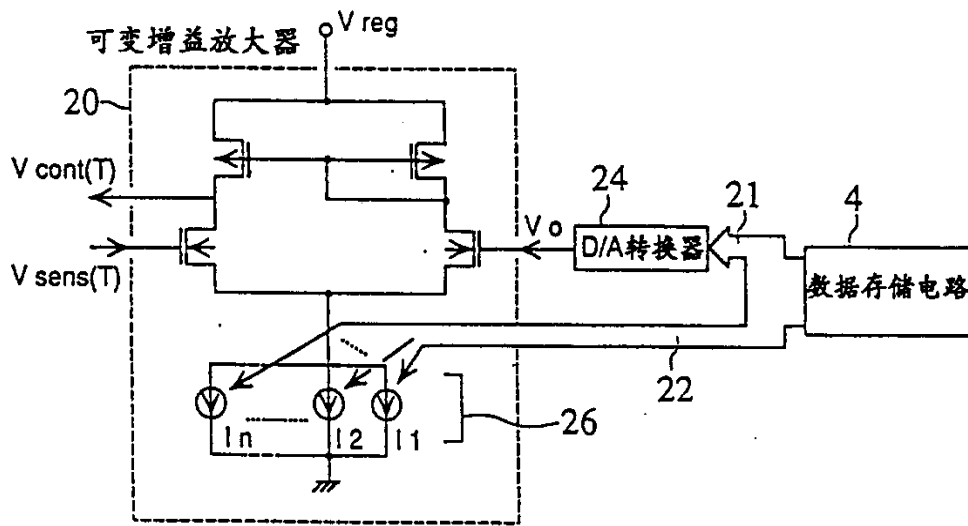
图6

图7





(a)



(b)

图8

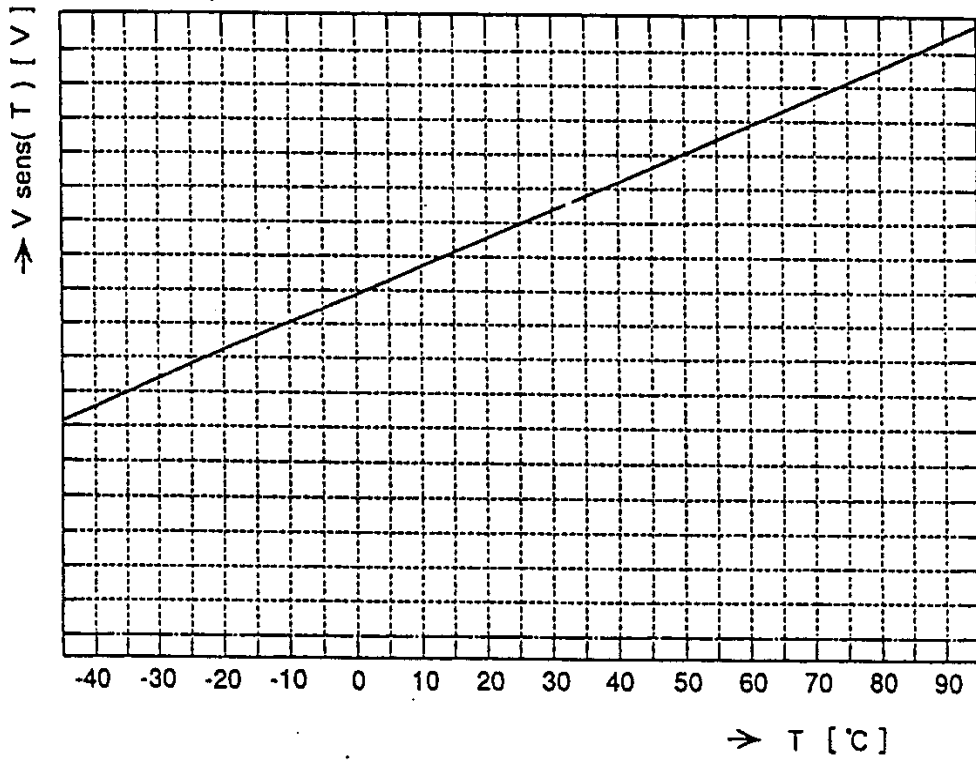
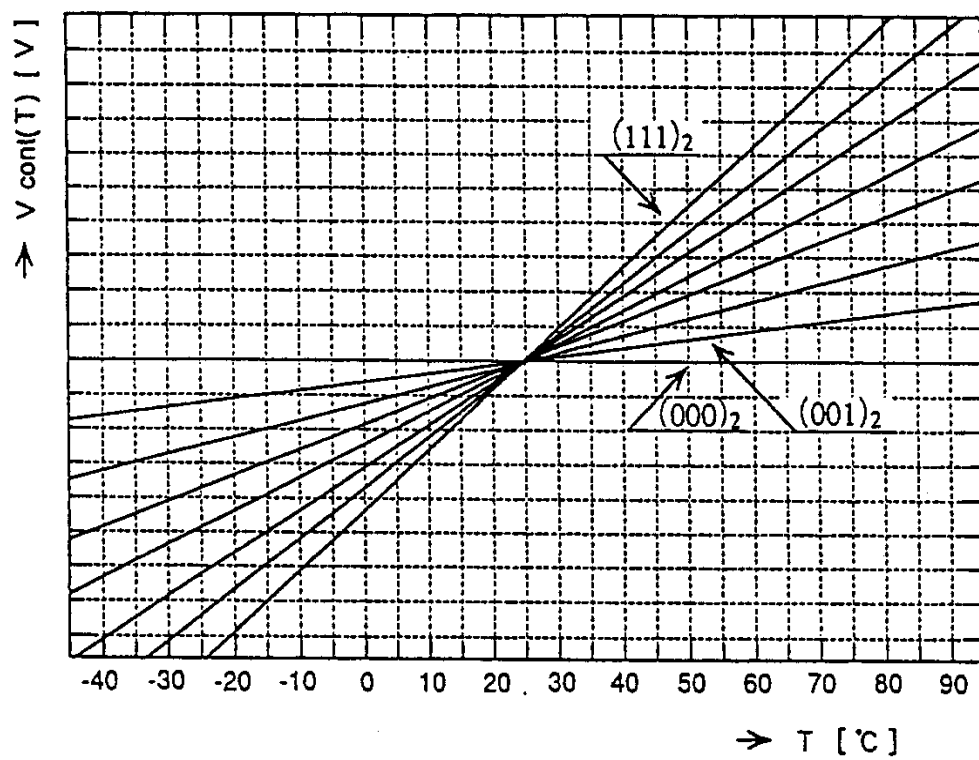


图9

图10



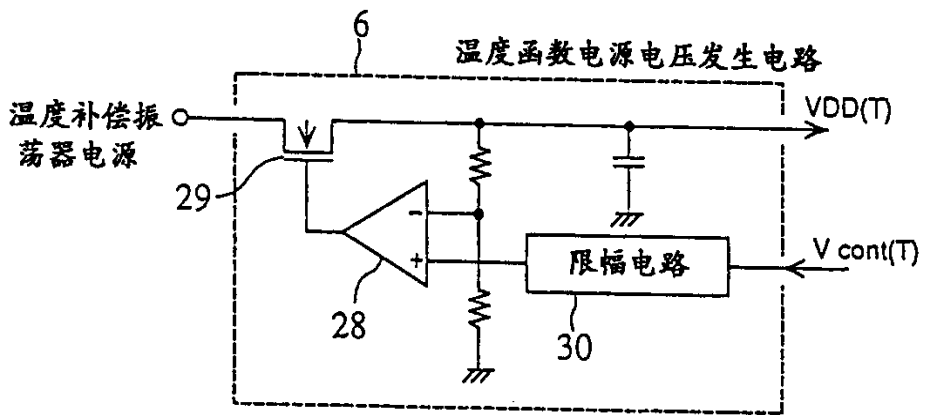
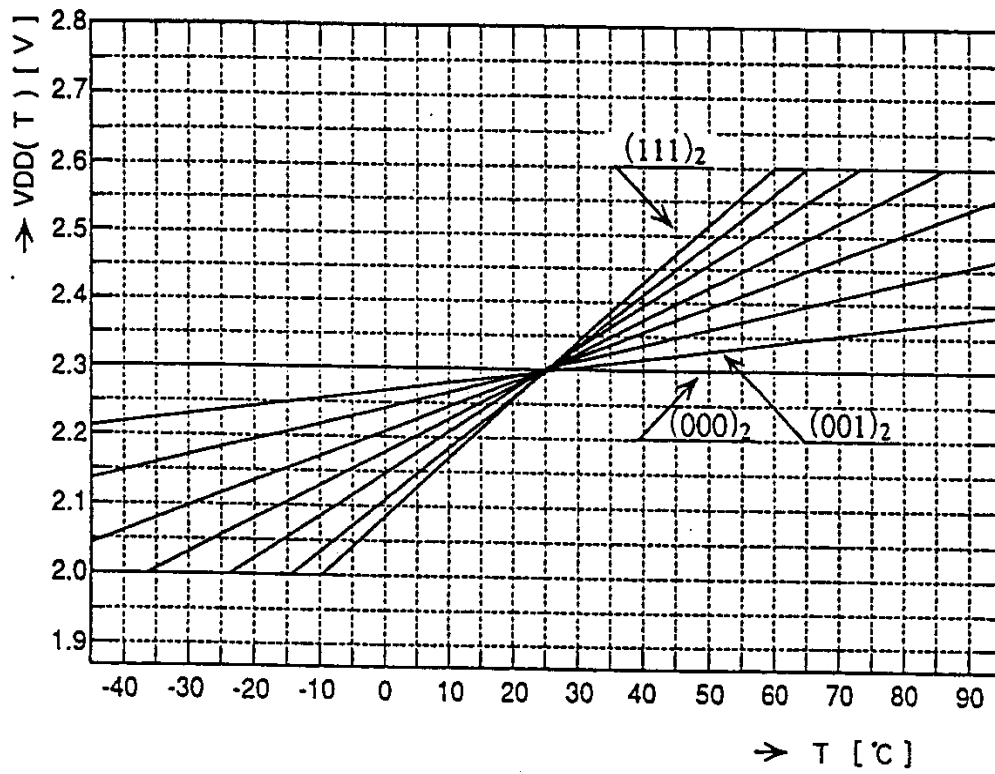


图11

图12



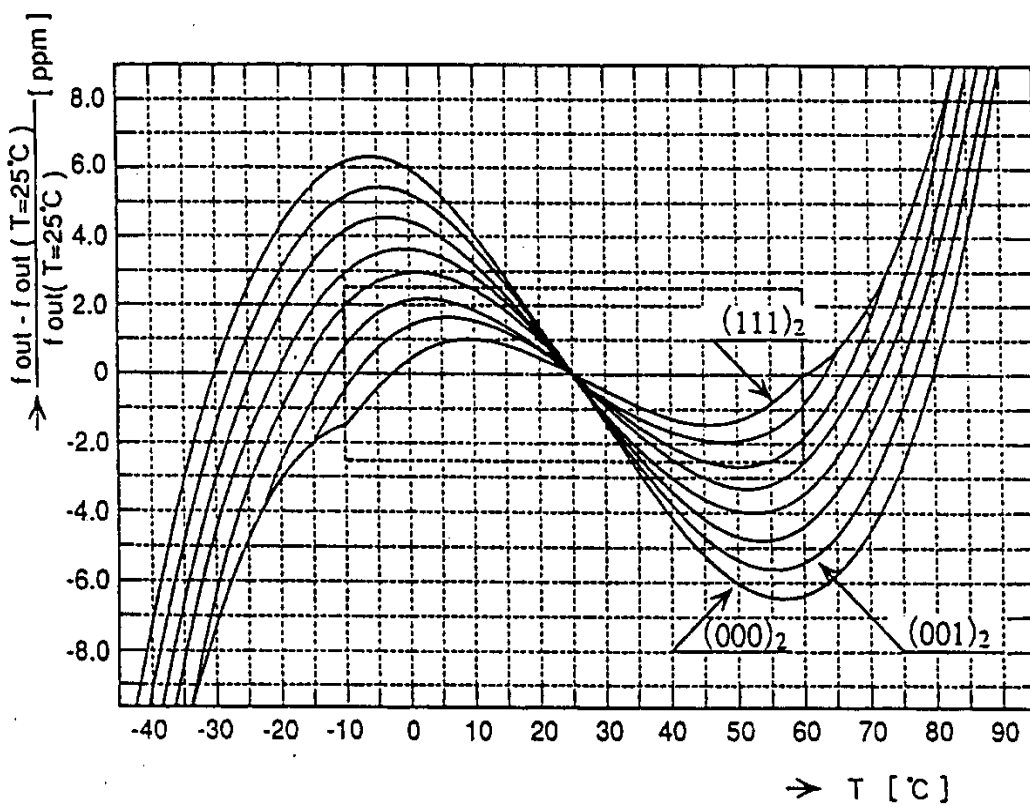


图13

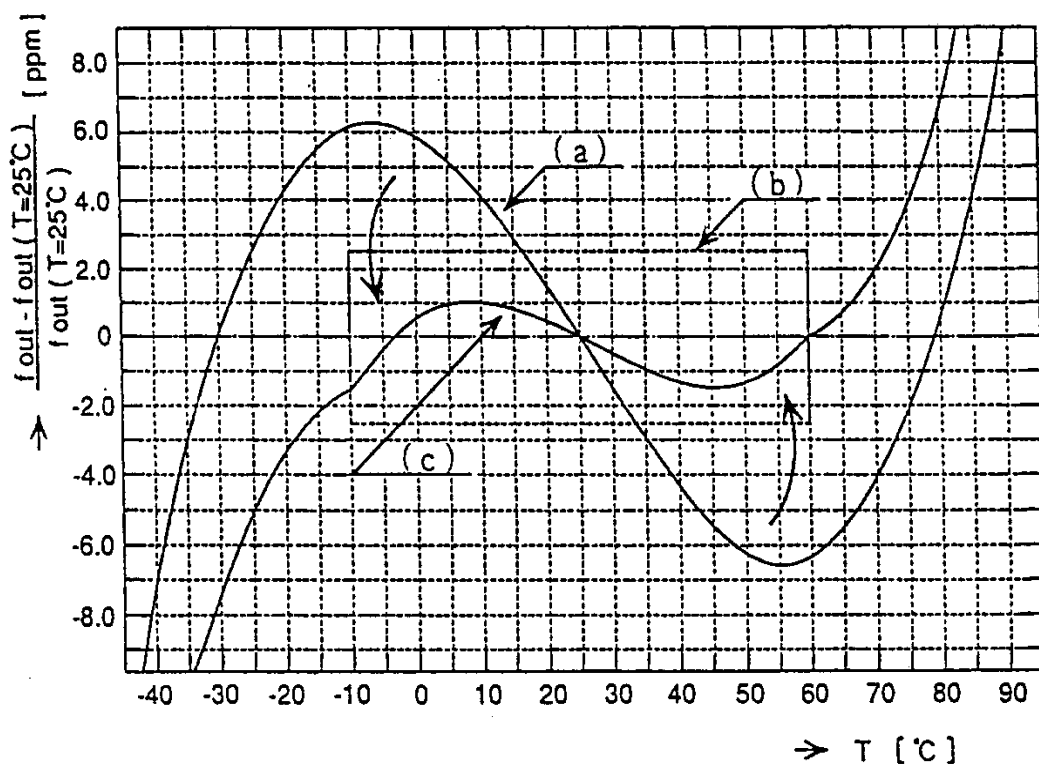


图14

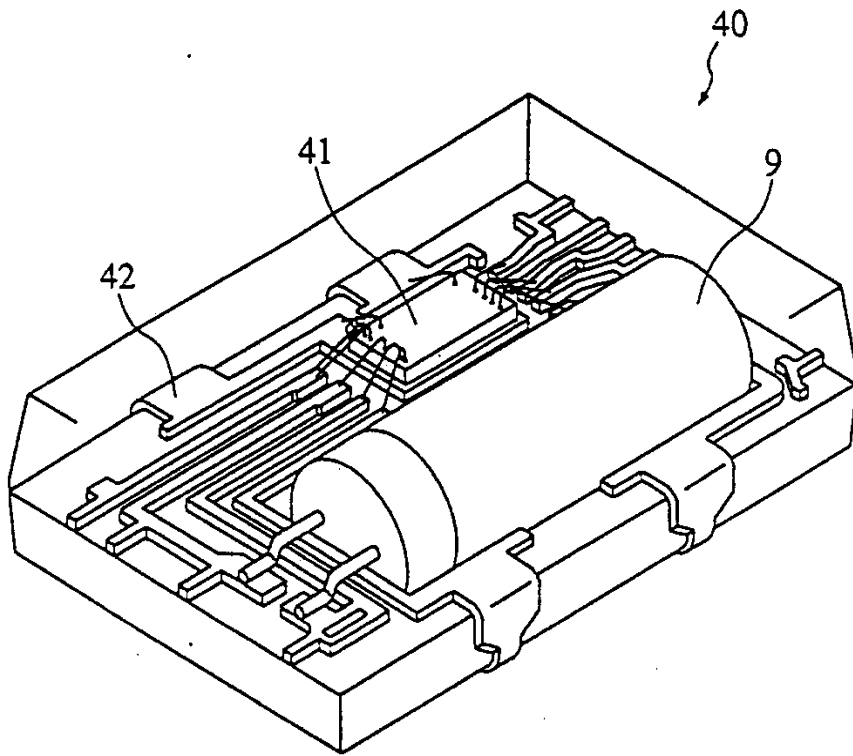
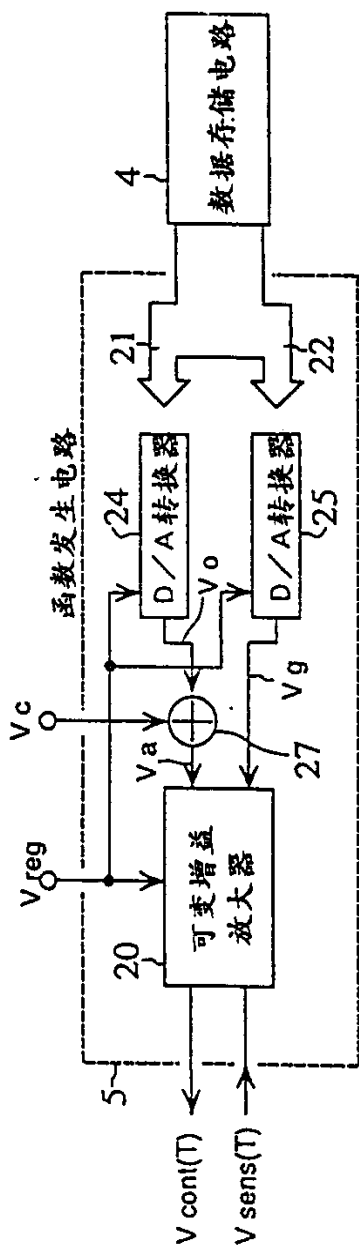
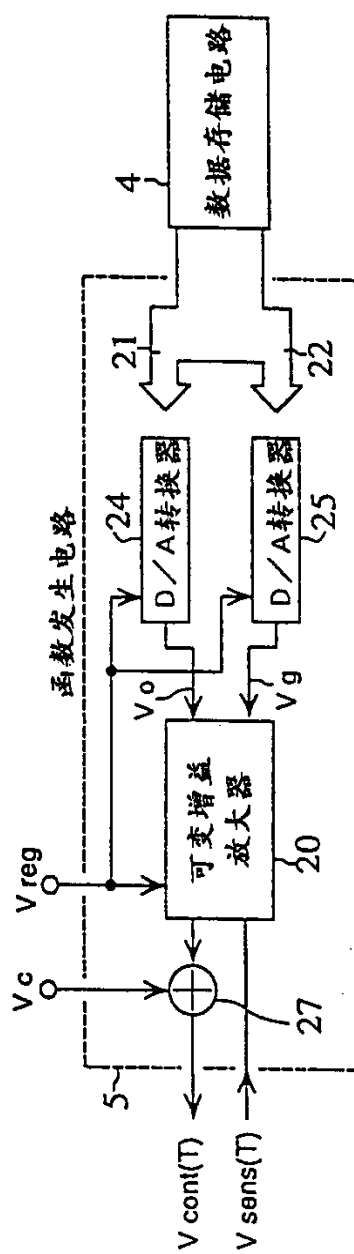


图15

图 16



(a)



(b)

图17

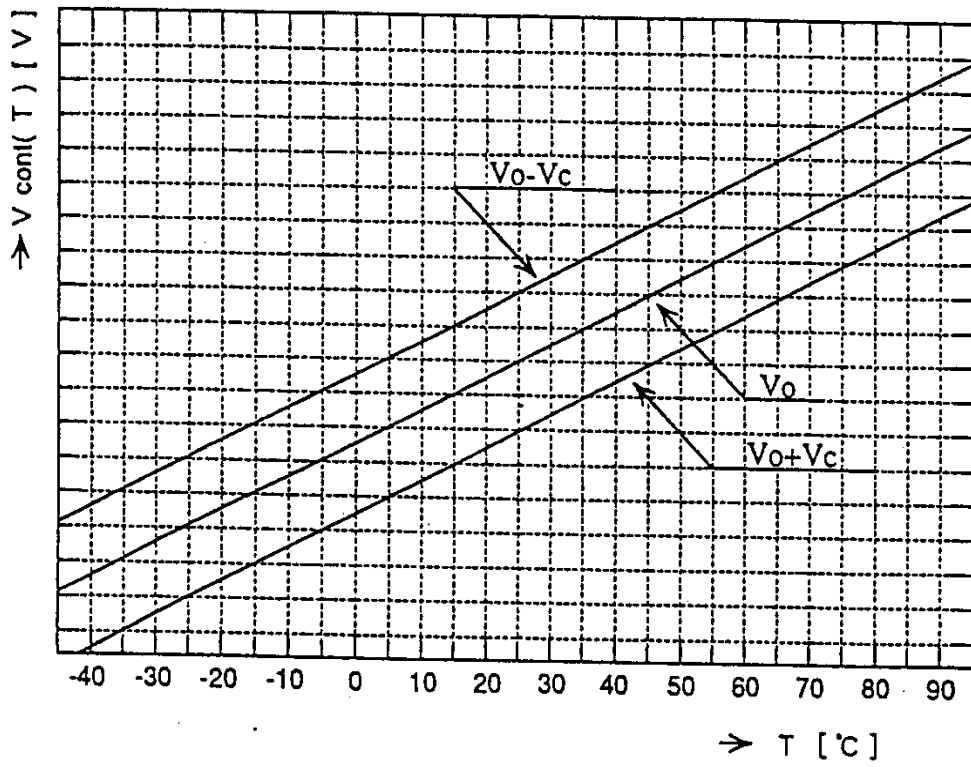
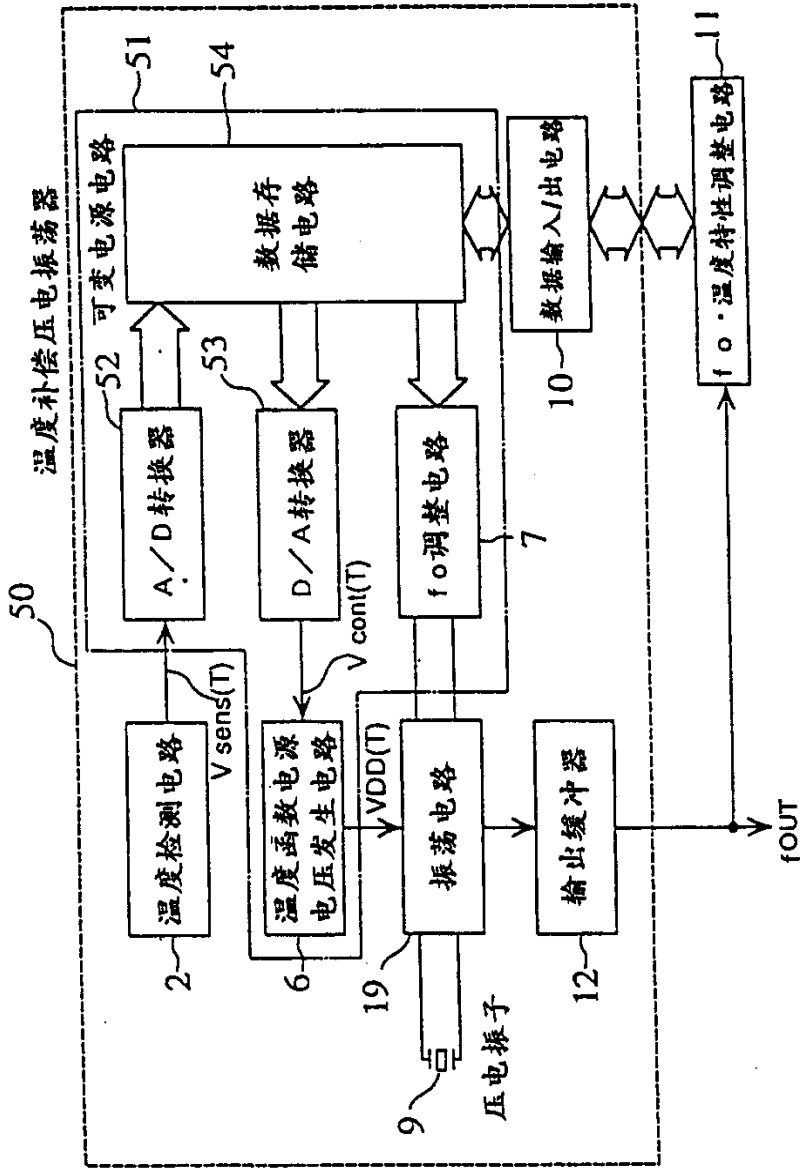


图18



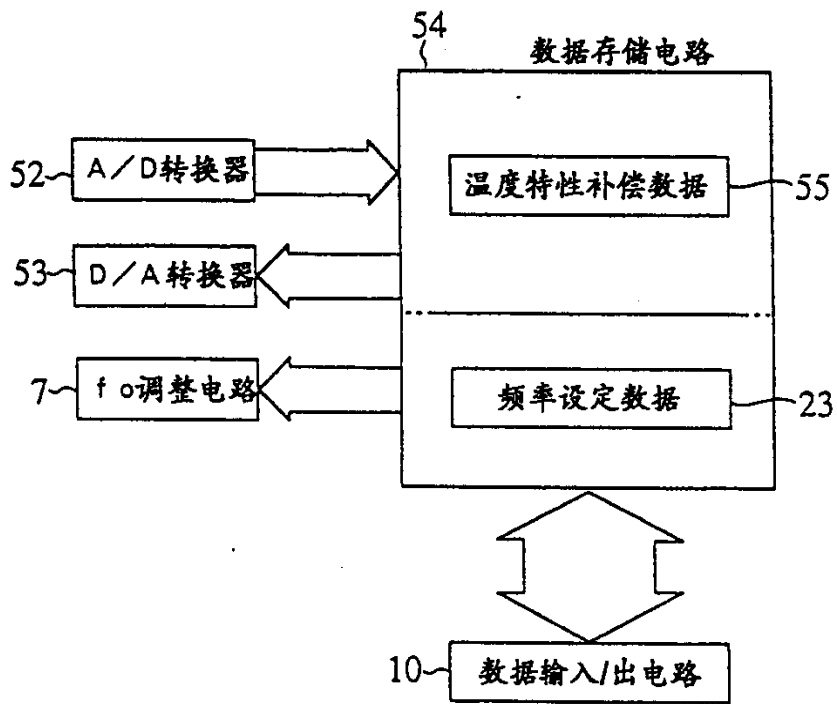


图19

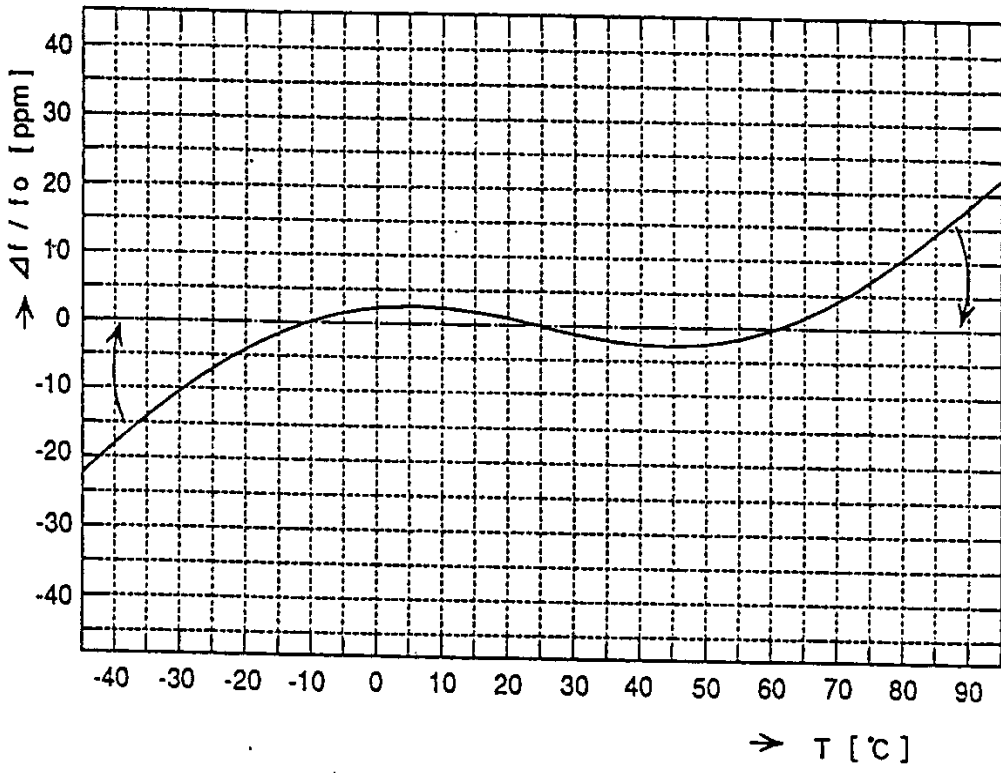
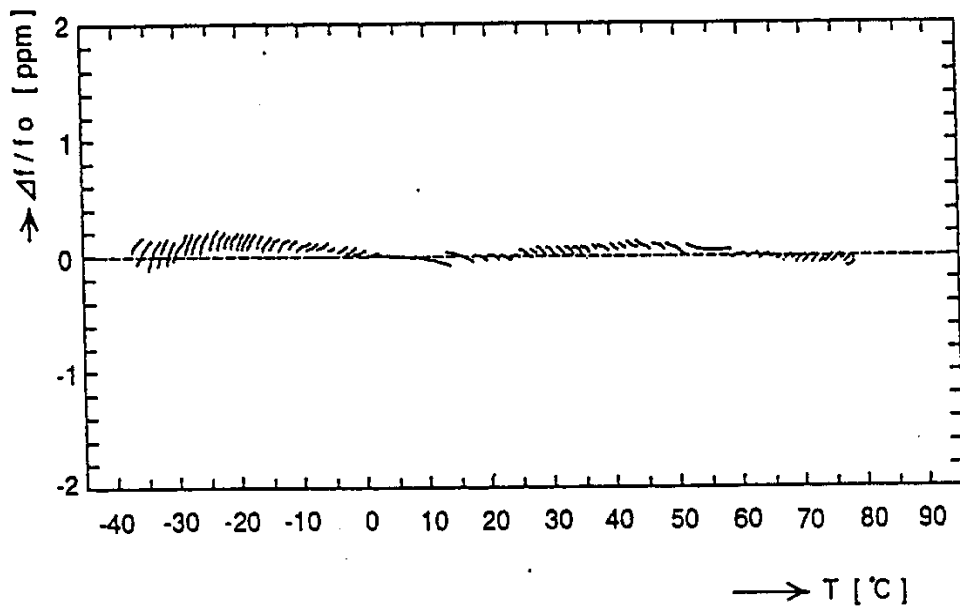


图20

图21



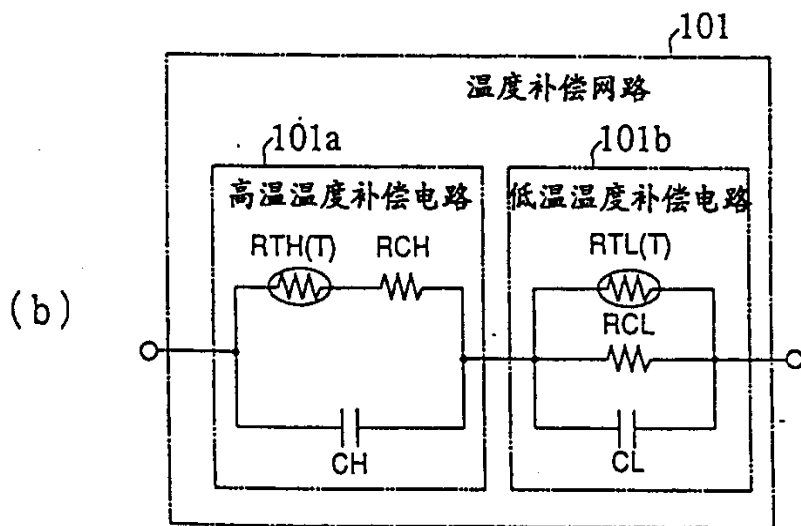
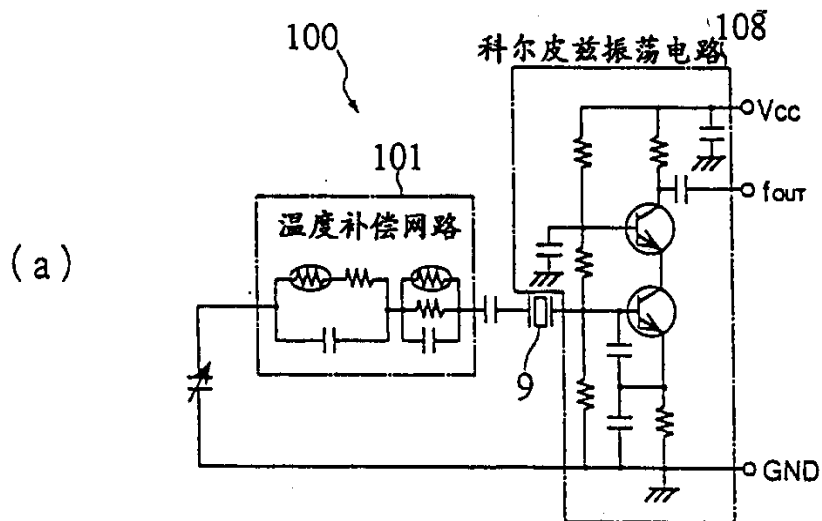
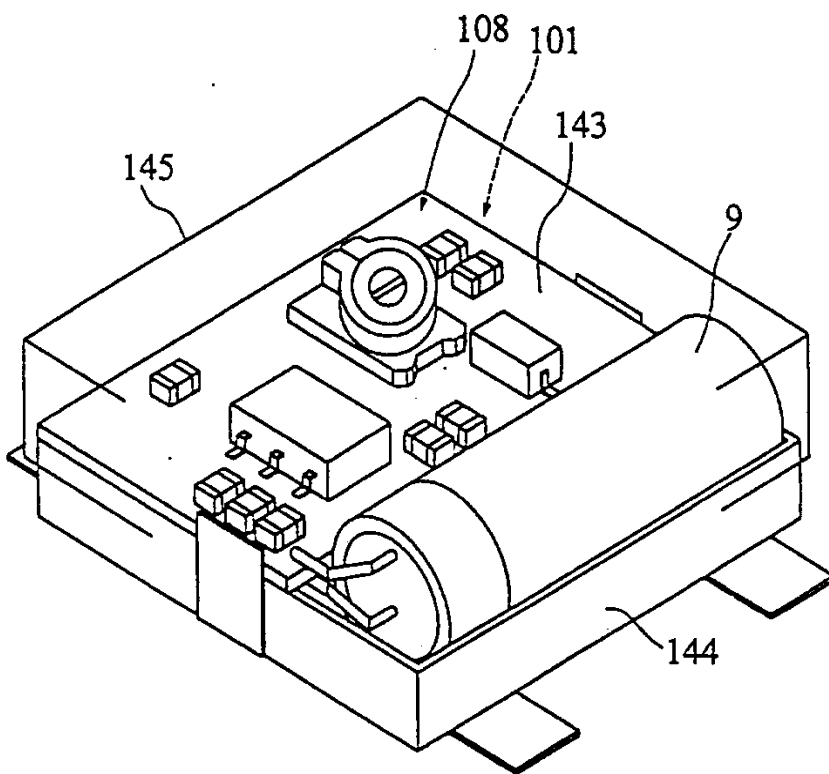


图22

图23



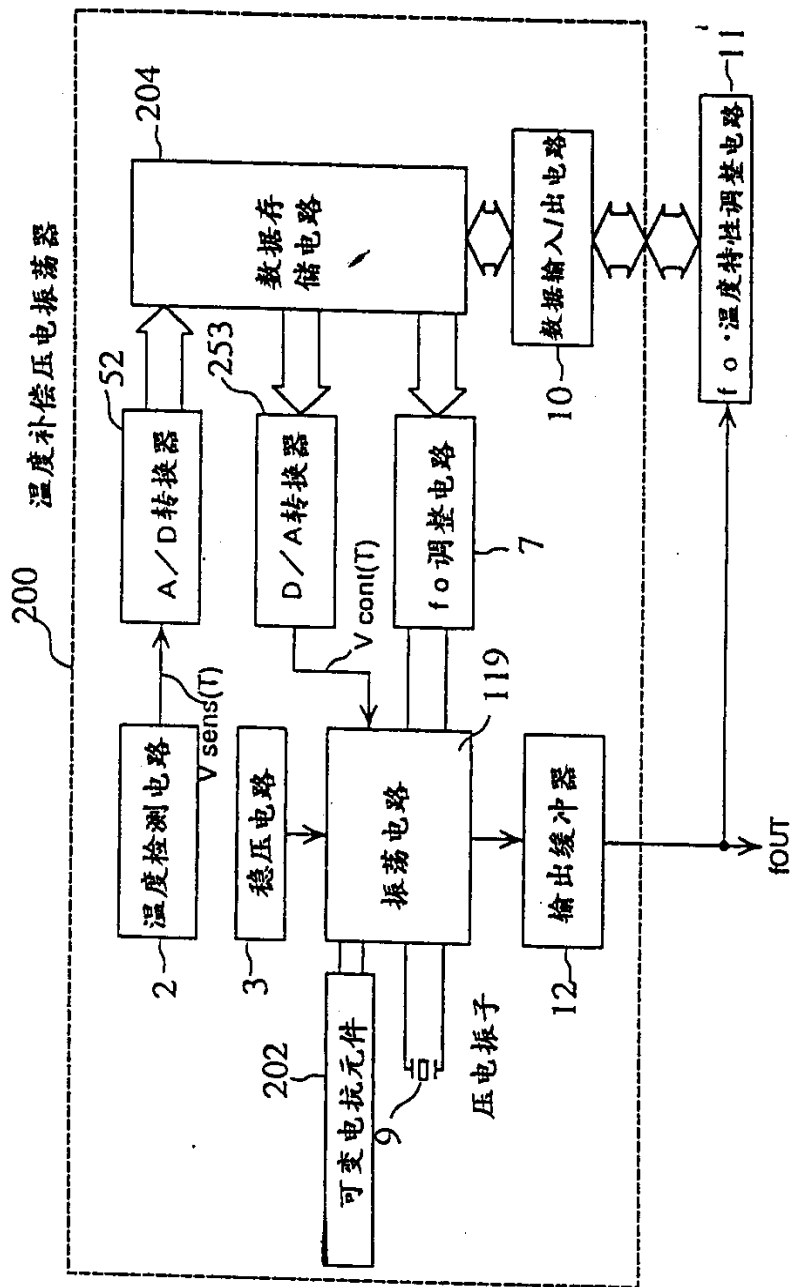
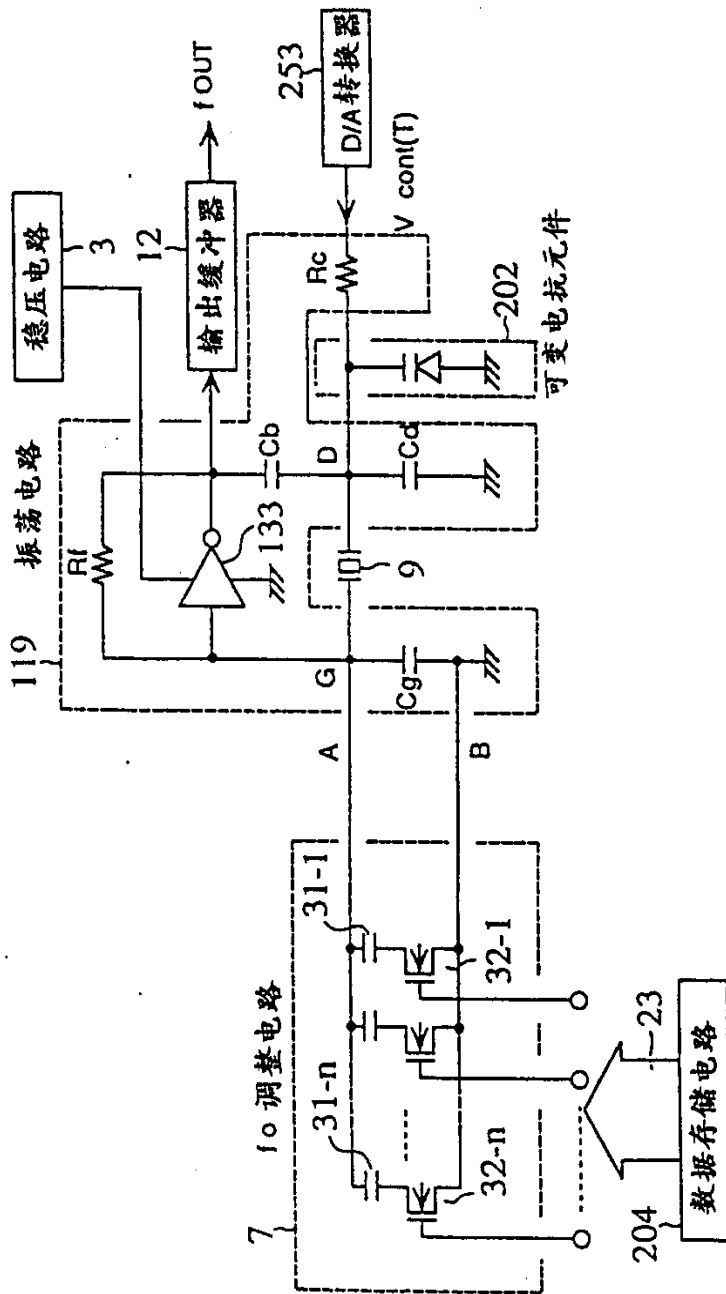


图24

图25



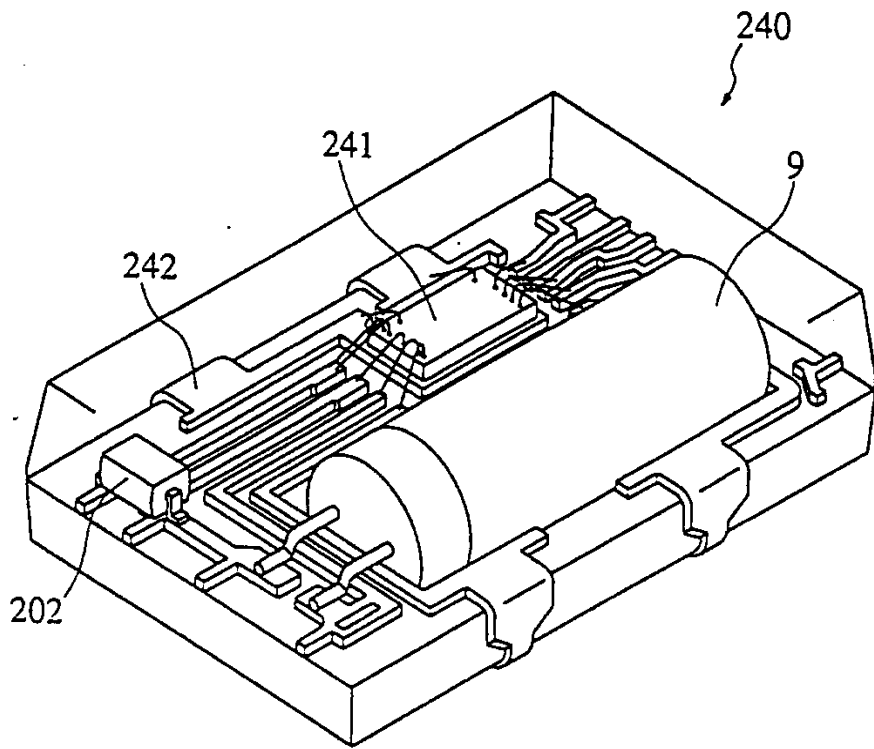


图26