

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H03B 5/04 (2006.01)

H03B 5/32 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610056897.5

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 100488027C

[22] 申请日 2006.3.9

[21] 申请号 200610056897.5

[30] 优先权

[32] 2005.3.9 [33] JP [31] 2005-066395

[73] 专利权人 爱普生拓优科梦株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 石川匡亨 清原厚

[56] 参考文献

EP0401919A1 1990.12.12

CN1136727A 1996.11.26

JP11251838A 1999.9.17

CN1364335A 2002.8.14

JP11261336A 1999.9.24

EP0998022A1 2000.5.3

审查员 梁 韬

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李 辉

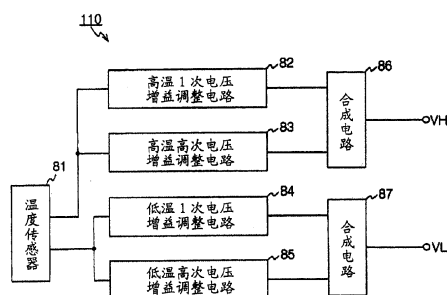
权利要求书 4 页 说明书 18 页 附图 11 页

[54] 发明名称

温度补偿型压电振荡器

[57] 摘要

为了使 MOS 型变容二极管的非线性的电容变化接近于理想的 3 次函数，提供了一种将高次函数特性与线性的控制电压的特性进行合成以提高温度补偿精度的温度补偿型压电振荡器。该温度补偿电压发生电路 (110) 包括：温度传感器 (温度检测部) (81)；高温 1 次电压增益调整电路 (高温 1 次电压生成单元) (82)；高温高次电压增益调整电路 (高温高次电压生成单元) (83)；合成电路 (高温电压合成单元) (86)；低温 1 次电压增益调整电路 (低温 1 次电压生成单元) (84)；低温高次电压增益调整电路 (低温高次电压生成单元) (85)；以及合成电路 (低温电压合成单元) (87)。



1、一种温度补偿型压电振荡器，由电流流过压电元件以进行激励的振荡电路、隔直流用固定电容元件、补偿因温度变化造成的振荡频率的变化的频率温度补偿电路、以及具备了受规定的频率激励的压电元件的压电振子串联连接而成，其特征在于：

所述频率温度补偿电路包括温度补偿用电压发生部，该温度补偿用电压发生部基于通过温度检测部变化了的参数来产生电压，该温度检测部的参数随环境温度而变化，

所述温度补偿用电压发生部包括低温控制电压发生部和高温控制电压发生部，该低温控制电压发生部产生以所述压电元件的温度特性的常温为中心，补偿低温侧的温度特性的电压，该高温控制电压发生部产生补偿高温侧的温度特性的电压，

所述低温控制电压发生部包括低温 1 次电压生成单元、低温高次电压生成单元和低温电压合成单元，该低温 1 次电压生成单元生成相对于温度呈线性变化的电压，该低温高次电压生成单元相对于由该低温 1 次电压生成单元所生成的电压的低温侧的温度生成具有高次次数的电压，该低温电压合成单元将由所述低温 1 次电压生成单元和低温高次电压生成单元所生成的电压进行合成，

所述高温控制电压发生部包括高温 1 次电压生成单元、高温高次电压生成单元和高温电压合成单元，该高温 1 次电压生成单元生成相对于温度呈线性变化的电压，该高温高次电压生成单元相对于由该高温 1 次电压生成单元所生成的电压的高温侧的温度生成具有高次次数的电压，该高温电压合成单元将由所述高温 1 次电压生成单元和高温高次电压生成单元所生成的电压进行合成，

所述低温控制电压发生部生成在高温部中其电压比常温附近恒定的电压，所述高温控制电压发生部生成在低温部中其电压比常温附近恒定的电压。

2、一种温度补偿型压电振荡器，由电流流过压电元件以进行激励的

振荡电路、隔直流用固定电容元件、补偿因温度变化造成的振荡频率的变化的频率温度补偿电路、以及具备了受规定的频率激励的压电元件的压电振子串联连接而成，其特征在于：

所述频率温度补偿电路包括温度补偿用电压发生部，该温度补偿用电压发生部基于通过温度检测部变化了的参数来产生电压，该温度检测部的参数随环境温度而变化，

所述温度补偿用电压发生部包括低温控制电压发生部和高温控制电压发生部，该低温控制电压发生部产生以所述压电元件的温度特性的常温为中心，补偿低温侧的温度特性的电压，该高温控制电压发生部产生补偿高温侧的温度特性的电压，

所述低温控制电压发生部包括第1低温1次电压生成单元、第2低温1次电压生成单元和低温电压合成单元，该第1低温1次电压生成单元生成相对于温度按第1斜率呈线性变化的电压，该第2低温1次电压生成单元生成相对于温度按第2斜率呈线性变化的电压，该低温电压合成单元将由所述第1低温1次电压生成单元和第2低温1次电压生成单元所生成的电压进行合成，

所述高温控制电压发生部包括第1高温1次电压生成单元、第2高温1次电压生成单元和高温电压合成单元，该第1高温1次电压生成单元生成相对于温度按第3斜率呈线性变化的电压，该第2高温1次电压生成单元生成相对于温度按第4斜率呈线性变化的电压，该高温电压合成单元将由所述第1高温1次电压生成单元和第2高温1次电压生成单元所生成的电压进行合成，

所述低温控制电压发生部生成在高温部中其电压比常温附近恒定的电压，所述高温控制电压发生部生成在低温部中其电压比常温附近恒定的电压。

3、一种温度补偿型压电振荡器，由电流流过压电元件以进行激励的振荡电路、隔直流用固定电容元件、补偿因温度变化造成的振荡频率的变化的频率温度补偿电路、以及具备了受规定的频率激励的压电元件的压电振子串联连接而成，其特征在于：

所述频率温度补偿电路包括温度补偿用电压发生部，该温度补偿用电压发生部基于通过温度检测部变化了的参数来产生电压，该温度检测部的参数随环境温度而变化，

所述温度检测部包括第 1 传感器电压发生电路、第 2 传感器电压发生电路和第 3 传感器电压发生电路，该第 1 传感器电压发生电路产生从低温起随温度上升而线性上升的电压，第 2 传感器电压发生电路产生从低温起随温度上升而线性下降的电压，第 3 传感器电压发生电路产生与由所述第 1 传感器电压发生电路所产生的电压具有同一斜率并加上规定的箝位电压而得到的电压，

所述温度补偿用电压发生部包括低温控制电压发生部和高温控制电压发生部，该低温控制电压发生部产生以所述压电元件的温度特性的常温为中心，补偿低温侧的温度特性的电压，该高温控制电压发生部产生补偿高温侧的温度特性的电压，

所述低温控制电压发生部包括低温 1 次电压生成单元、低温高次电压生成单元和低温电压合成单元，该低温 1 次电压生成单元基于所述第 2 传感器电压生成呈线性变化的电压，该低温高次电压生成单元基于所述第 2 传感器电压和所述第 3 传感器电压，相对于由所述低温 1 次电压生成单元所生成的电压的低温侧的温度生成具有高次次数的电压，该低温电压合成单元将由所述低温 1 次电压生成单元和低温高次电压生成单元所生成的电压进行合成，

所述高温控制电压发生部包括高温 1 次电压生成单元、高温高次电压生成单元和高温电压合成单元，该高温 1 次电压生成单元基于所述第 2 传感器电压生成呈线性变化的电压，该高温高次电压生成单元基于所述第 1 传感器电压和所述第 2 传感器电压，相对于由所述高温 1 次电压生成单元所生成的电压的高温侧的温度生成具有高次次数的电压，该高温电压合成单元将由所述高温 1 次电压生成单元和高温高次电压生成单元所生成的电压进行合成。

4、按照权利要求 3 所述的温度补偿型压电振荡器，其特征在于：

所述低温高次电压生成单元和高温高次电压生成单元可变更具有高

次次数的电压的次数。

5、按照权利要求3所述的温度补偿型压电振荡器，其特征在于：

所述低温控制电压发生部生成在高温部中其电压比常温附近恒定的电压，所述高温控制电压发生部生成在低温部中其电压比常温附近恒定的电压。

温度补偿型压电振荡器

技术领域

本发明涉及使用了石英等压电元件的振荡器，特别是涉及可用简单的电路构成进行频率的温度补偿、并且适合于 IC 化的温度补偿型压电振荡器。

背景技术

近年来，在使用了压电元件，例如石英振子的振荡器中，频率稳定度自不待言，而随着小型化、低价格化等的要求趋严，更随着通信方式的数字化取得进展，希望提高以往不成为问题的噪声比特性（C/N 特性）。振荡器的输出频率出于种种原因发生变化，但即使对频率的稳定度较高的石英振荡器而言，频率随环境温度、电源电压和输出负载等条件的变化而发生变动，与这些对应的方法可以说有各种各样。例如，有一种温度补偿石英振荡器（以下，称为 TCXO），就温度变化而言，将温度补偿电路加到石英振荡器中去，使振荡环路中的负载电容改变，针对温度变化来控制上述负载电容以抵消石英振子固有的温度-频率特性。

图 15（a）是由同一申请人研究出的 TCXO 的电路图。本例中示出的 TCXO 是将隔直流用固定电容元件 C3、温度补偿电路 61 和石英振子 X 与科尔皮兹振荡电路 60 串联连接的电路。该温度补偿电路 61 由低温部补偿用 MOS 电容元件 ML 与灵敏度调整用固定电容元件 C4 的串联连接电路跟高温部补偿用 MOS 电容元件 MH 并联连接而成，低温用 MOS 电容元件 ML 与高温用 MOS 电容元件 MH 形成互不相同极性的方向。另外，在低温用 MOS 电容元件 ML 的阳极端子侧与固定电容元件 C4 的连接中点，低温部控制电压信号 VL 经输入电阻 R4 供给，在高温用 MOS 电容元件 MH 的栅极端子侧经输入电阻 R5 供给高温部控制电压信号 VH。而且，在该低温用 MOS 电容元件 ML 的栅极端子侧和高温用 MOS 电容

元件 MH 的阳极端子侧经输入电阻 R6 供给基准电压信号 VREF。

图 15 (b) 是 TCXO 的温度补偿电压的图。本发明的 TCXO 的温度补偿利用 MOS 变容二极管 (varactor) 进行振子 X 的频率温度补偿。由于 MOS 型变容二极管的电容相对于温度变化的变化接近于 3 次函数, 所以仅仅在加到 MOS 型变容二极管的电压相对于温度变化呈 1 次函数变化的情况下可实现温度补偿。但是, 由于石英振子的频率温度特性在固体间有分散性, 所以 MOS 电容变化进行温度补偿时不一定是理想的补偿曲线, 由于温度补偿精度不太好, 所以需要具有高的频率稳定度的基准振荡源, 例如作为 GPS 接收机用的基准振荡器就没有足够的性能。

图 16 (b) 是表示图 15 的 TCXO 的温度特性的图。图 16 (a) 的实线 62 表示石英振子 X 的温度特性, 虚线 63 表示用 15 (b) 所示的控制电压控制温度补偿电路 61 时的相对于温度变化的频率可变特性。从该图可知, 在用图 15 (b) 所示的控制电压控制温度补偿电路 61 时, 由于无法对使频率的曲线状的变化成为必需的部分中的曲率进行微调, 所以为了对石英振子 X 的温度特性 62 进行补偿, 无法实现理想的补偿控制 (得不到补偿曲线), 温度补偿后的温度特性的精度仅为 $\pm 2\text{ppm}$ 。

[专利文献 1] 特愿 2003-122420

在专利文献 1 公开的现有技术中, 由于 MOS 型变容二极管的非线性的电容变化接近于 3 次函数, 所以加到 MOS 型变容二极管的电压只用简单的 1 次函数即可实现温度补偿, 但由于不是理想的补偿曲线, 所以温度补偿精度不太好。

另外, 高温部的 MOS 变容二极管 MH 在低温下没有频率灵敏度, 是理想的, 但实际上稍具频率灵敏度, 高温的控制电压 VH 在低温部也会受到影响。从而, 在要求高精度的频率稳定度的产品的情况下, 存在必须筛选具有特定的频率温度特性的石英振子等使频率调整变得复杂的问题。

发明内容

本发明是鉴于这样的课题而进行的, 其目的在于, 提供一种由于利

用 MOS 型变容二极管的非线性的电容变化,使温度补偿电路的补偿电容曲线接近于理想曲线,从而将高次函数特性与线性控制电压的特性进行合成,以提高温度补偿精度的 TCXO。

另一目的是,为了使低温部和高温部的控制电压不互相影响,令低温部的控制电压在常温以上为恒定值,高温部的控制电压在常温以下为恒定值,即使是高精度产品的情况,频率的调整也变得容易。

为了解决这样的课题,本发明的第一方面是一种温度补偿型压电振荡器,由电流流过压电元件以进行激励的振荡电路、隔直流用固定电容元件、补偿因温度变化造成的振荡频率的变化的频率温度补偿电路、以及具备了受规定的频率激励的压电元件的压电振子串联连接而成,其特征在于:所述频率温度补偿电路包括温度补偿用电压发生部,该温度补偿用电压发生部基于通过温度检测部变化了的参数来产生电压,该温度检测部的参数随环境温度而变化,所述温度补偿用电压发生部包括低温控制电压发生部和高温控制电压发生部,该低温控制电压发生部产生以所述压电元件的温度特性的常温为中心,补偿低温侧的温度特性的电压,该高温控制电压发生部产生补偿高温侧的温度特性的电压,所述低温控制电压发生部包括低温 1 次电压生成单元、低温高次电压生成单元和低温电压合成单元,该低温 1 次电压生成单元生成相对于温度呈线性变化的电压,该低温高次电压生成单元相对于由该低温 1 次电压生成单元所生成的电压的低温侧的温度生成具有高次次数的电压,该低温电压合成单元将由所述低温 1 次电压生成单元和低温高次电压生成单元所生成的电压进行合成,所述高温控制电压发生部包括高温 1 次电压生成单元、高温高次电压生成单元和高温电压合成单元,该高温 1 次电压生成单元生成相对于温度呈线性变化的电压,该高温高次电压生成单元相对于由该高温 1 次电压生成单元所生成的电压的高温侧的温度生成具有高次次数的电压,该高温电压合成单元将由所述高温 1 次电压生成单元和高温高次电压生成单元所生成的电压进行合成,所述低温控制电压发生部生成在高温部中其电压比常温附近恒定的电压,所述高温控制电压发生部生成在低温部中其电压比常温附近恒定的电压。

对于用线性的控制电压进行温度补偿的现有方式而言,为了尽可能

使 MOS 型变容二极管的特性接近于石英振子的特性，本发明将线性的控制电压与具有高次次数的电压进行合成。即，分别包括既针对低温侧在低温侧的温度下生成具有高次次数的电压，又针对高温侧在高温侧的温度下生成具有高次次数的电压的高次电压生成单元，通过与线性的控制电压进行合成，生成低温侧和高温侧的控制电压，施加到温度补偿电路上。

本发明的第二方面是一种温度补偿型压电振荡器，由电流流过压电元件以进行激励的振荡电路、隔直流用固定电容元件、补偿因温度变化造成的振荡频率的变化的频率温度补偿电路、以及具备了受规定的频率激励的压电元件的压电振子串联连接而成，其特征在于：所述频率温度补偿电路包括温度补偿用电压发生部，该温度补偿用电压发生部基于通过温度检测部变化了的参数来产生电压，该温度检测部的参数随环境温度而变化，所述温度补偿用电压发生部包括低温控制电压发生部和高温控制电压发生部，该低温控制电压发生部产生以所述压电元件的温度特性的常温为中心，补偿低温侧的温度特性的电压，该高温控制电压发生部产生补偿高温侧的温度特性的电压，所述低温控制电压发生部包括第 1 低温 1 次电压生成单元、第 2 低温 1 次电压生成单元和低温电压合成单元，该第 1 低温 1 次电压生成单元生成相对于温度按第 1 斜率呈线性变化的电压，该第 2 低温 1 次电压生成单元生成相对于温度按第 2 斜率呈线性变化的电压，该低温电压合成单元将由所述第 1 低温 1 次电压生成单元和第 2 低温 1 次电压生成单元所生成的电压进行合成，所述高温控制电压发生部包括第 1 高温 1 次电压生成单元、第 2 高温 1 次电压生成单元和高温电压合成单元，该第 1 高温 1 次电压生成单元生成相对于温度按第 3 斜率呈线性变化的电压，该第 2 高温 1 次电压生成单元生成相对于温度按第 4 斜率呈线性变化的电压，该高温电压合成单元将由所述第 1 高温 1 次电压生成单元和第 2 高温 1 次电压生成单元所生成的电压进行合成，所述低温控制电压发生部生成在高温部中其电压比常温附近恒定的电压，所述高温控制电压发生部生成在低温部中其电压比常温附近恒定的电压。

对于用线性的控制电压进行温度补偿的现有方式而言，为了尽可能使 MOS 型变容二极管的特性接近于石英振子的特性，本发明将 2 种线性

的控制电压进行合成。即，既生成针对低温侧斜率不同的 2 种线性的控制电压，又生成针对高温侧斜率不同的 2 种线性的控制电压，通过分别合成这 2 种线性的控制电压，生成低温侧和高温侧的控制电压，并施加到温度补偿电路上。

本发明的第三方面是一种温度补偿型压电振荡器，由电流流过压电元件以进行激励的振荡电路、隔直流用固定电容元件、补偿因温度变化造成的振荡频率的变化的频率温度补偿电路、以及具备了受规定的频率激励的压电元件的压电振子串联连接而成，其特征在于：所述频率温度补偿电路包括温度补偿用电压发生部，该温度补偿用电压发生部基于通过温度检测部变化了的参数来产生电压，该温度检测部的参数随环境温度而变化，所述温度检测部包括第 1 传感器电压发生电路、第 2 传感器电压发生电路和第 3 传感器电压发生电路，该第 1 传感器电压发生电路产生从低温起随温度上升而线性上升的电压，第 2 传感器电压发生电路产生从低温起随温度上升而线性下降的电压，第 3 传感器电压发生电路产生与由所述第 1 传感器电压发生电路所产生的电压具有同一斜率并加上规定的箝位电压而得到的电压，所述温度补偿用电压发生部包括低温控制电压发生部和高温控制电压发生部，该低温控制电压发生部产生以所述压电元件的温度特性的常温为中心，补偿低温侧的温度特性的电压，该高温控制电压发生部产生补偿高温侧的温度特性的电压，所述低温控制电压发生部包括低温 1 次电压生成单元、低温高次电压生成单元和低温电压合成单元，该低温 1 次电压生成单元基于所述第 2 传感器电压生成呈线性变化的电压，该低温高次电压生成单元基于所述第 2 传感器电压和所述第 3 传感器电压，相对于由所述低温 1 次电压生成单元所生成的电压的低温侧的温度生成具有高次次数的电压，该低温电压合成单元将由所述低温 1 次电压生成单元和低温高次电压生成单元所生成的电压进行合成，所述高温控制电压发生部包括高温 1 次电压生成单元、高温高次电压生成单元和高温电压合成单元，该高温 1 次电压生成单元基于所述第 2 传感器电压生成呈线性变化的电压，该高温高次电压生成单元基于所述第 1 传感器电压和所述第 2 传感器电压，相对于由所述高温 1 次电压生成单元所生成的电压的高温侧的温度生成具

有高次次数的电压，该高温电压合成单元将由所述高温 1 次电压生成单元和高温高次电压生成单元所生成的电压进行合成。

为了生成更准确的高次电压，本发明通过将 3 种传感器电压输入到高次电压生成单元（差分放大器）中，生成高次电流，并将该电流变换成电压，与 1 次电压生成单元所生成的电压进行合成来产生控制电压。

本发明的第四方面的特征在于：上述低温高次电压生成单元和高温高次电压生成单元可变更具有高次次数的电压的次数。

低温、高温高次电压生成单元在由差分放大器构成的情况下，通过变更插入到差分放大器中的电阻器的值来改变放大率。其结果是，电流的放大率曲线发生变化，最终电流特性相对于温度发生变化，可看上去使高次次数发生变化。

本发明的第五方面的特征在于：上述低温控制电压发生部生成在高温部中其电压比常温附近恒定的电压，上述高温控制电压发生部生成在低温部中其电压比常温附近恒定的电压。

由于高温部的 MOS 变容二极管在低温下没有频率灵敏度，因此即使控制电压发生变动也没有问题，但实际上稍具频率灵敏度，高温的控制电压 V_H 在低温部也会受到影响。从而，为了使低温部和高温部的控制电压不互相影响，令低温部的控制电压在常温以上为恒定值，高温部的控制电压在常温以下为恒定值。

按照本发明的第一方面，由于将高次次数的控制电压与低温和高温时各自的 1 次控制电压进行合成，生成低温控制电压、高温控制电压，所以可使 MOS 型变容二极管的特性接近于石英振子的特性。

另外，在本发明的第二方面，由于准备 2 种 1 次的控制电压，并将它们合成，生成低温控制电压、高温控制电压，所以在简化控制的同时，可使 MOS 型变容二极管的特性接近于石英振子的特性。

另外，在本发明的第三方面，由于准备 3 种由温度传感器产生的传感器电压，基于这些传感器电压的组合，通过生成低温、高温时的 1 次控制电压和高次次数的电压并进行合成，生成低温部和高温部的控制电压，所以可使 MOS 型变容二极管的特性更接近于石英振子的特性。

另外,在本发明的第四方面,由于低温高次电压生成单元和高温高次电压生成单元可变更具有高次次数的电压的次数,所以可从外部对次数进行调整,可将 MOS 型变容二极管的特性微调成石英振子的特性。

另外,在本发明的第五方面,由于使低温部的控制电压在常温以上为恒定值,高温部的控制电压在常温以下为恒定值,所以可使低温部和高温部的控制电压的影响度减少。

附图说明

图 1 是构成本发明第一实施方式的温度补偿型压电振荡器的一部分的温度补偿电压发生电路的功能方框图。

图 2 (a) ~ (h) 是表示温度 (temp) 与控制电压 (V) 的关系的图。

图 3 (a) ~ (c) 是表示图 2 的温度补偿电压发生电路 100 的温度特性的图。

图 4 (b)、(f)、(k)、(m) 是表示进一步改善了图 3 的合成电路 6、7 的输出的温度 (temp) 与控制电压 (V) 的关系的图, (A) 是构成本发明第一实施方式的温度补偿型压电振荡器的一部分的频率温度补偿电路的变形功能方框图, (B) 是表示 MOS 变容二极管的电压-电容特性的图。

图 5 (a) ~ (d) 是表示通过计算机仿真计算了本发明第一实施方式的温度补偿电压发生电路 100 的补偿特性的结果的图。

图 6 是构成本发明第二实施方式的温度补偿型压电振荡器的一部分的温度补偿电压发生电路的功能方框图。

图 7 (a) ~ (e) 是表示图 6 的功能方框图的电压 A、B、vh、VH 的各波形的图。

图 8 (a) ~ (d) 是表示图 6 的温度补偿型压电振荡器 200 的温度特性的图。

图 9 是表示通过计算机仿真计算了本发明第二实施方式的频率温度补偿电路 200 的补偿特性的结果的图。

图 10 (b)、(e)、(d)、(f) 是表示进一步改善了图 6 的合成电路 31、32 的输出的温度 (temp) 与控制电压 (V) 的关系的图。

图 11 是构成本发明第三实施方式的温度补偿型压电振荡器的一部分的温度补偿电压发生电路的功能方框图。

图 12 (a) 是表示温度传感器 51 的传感器输出电压的一例的图, (b) 是表示产生各传感器电压的电路的一例的图。

图 13 是说明图 11 的高温高次电流发生电路 52 和低温高次电流发生电路 56 的工作的图。

图 14 是表示高温高次电流的次数调整后的特性例的图。

图 15 (a)、(b) 是作为专利文献 1 由同一申请人申请的温度补偿型压电振荡器的电路图。

图 16 是表示图 15 的温度补偿型压电振荡器的温度特性的图。

其中, 符号说明为:

1 温度传感器; 2 高温 1 次电压增益调整电路; 3 高温高次电压增益调整电路; 4 低温 1 次电压增益调整电路; 5 低温高次电压增益调整电路; 6 合成电路; 7 合成电路; 8 高温箝位电压; 9 低温箝位电压; 10 二极管; 11 二极管; 81 温度传感器(温度检测部); 82 高温 1 次电压增益调整电路(高温 1 次电压生成单元); 83 高温高次电压增益调整电路(高温高次电压生成单元); 84 低温 1 次电压增益调整电路(低温 1 次电压生成单元); 85 低温高次电压增益调整电路(低温高次电压生成单元); 86 合成电路(高温电压合成单元); 87 合成电路(低温电压合成单元); 100 温度补偿电压发生电路; 110 温度补偿电压发生电路

具体实施方式

以下, 应用图示的实施方式详细地说明本发明。但是, 本实施方式中所述的构成要素、种类、组合、形状、其相对配置等除非特定的记述, 本发明的范围并非仅仅限定于此, 仅不过是说明例而已。

图 1 是构成本发明第一实施方式的温度补偿型压电振荡器的一部分的温度补偿电压发生电路的功能方框图。该温度补偿电压发生电路 110 包括: 参数随环境温度变化的温度传感器(温度检测部) 81; 生成相对

于温度呈线性变化的电压的高温 1 次电压增益调整电路（高温 1 次电压生成单元）82；生成相对于由该高温 1 次电压增益调整电路 82 所生成的电压的高温侧的温度具有高次次数的电压的高温高次电压增益调整电路（高温高次电压生成单元）83；将由高温 1 次电压增益调整电路 82 和高温高次电压增益调整电路 83 所生成的电压进行合成的合成电路（高温电压合成单元）86；生成相对于温度呈线性变化的电压的低温 1 次电压增益调整电路（低温 1 次电压生成单元）84；生成相对于由该低温 1 次电压增益调整电路 84 所生成的电压的低温侧的温度具有高次次数的电压的低温高次电压增益调整电路（低温高次电压生成单元）85；以及将由低温 1 次电压增益调整电路 84 和低温高次电压增益调整电路 85 所生成的电压进行合成的合成电路（低温电压合成单元）87。

图 2 是表示温度（temp）与控制电压（V）的关系的图。再有，本发明的控制电压是用于控制图 15 所示的结构频率温度补偿电路 61，下同。图 2（a）、（e）是现有技术的高温侧控制电压和低温侧控制电压，图 2（b）、（f）是本发明的高温侧控制电压和低温侧控制电压。即，作为高温侧的控制电压 V_H ，由高温 1 次电压增益调整电路 82 生成图 2（d）的 1 次电压（相对于温度上升呈 1 次函数上升的电压），由高温高次电压增益调整电路 83 生成图 2（c）的高次电压（相对于温度上升呈指数函数上升的电压），由合成电路 86 将这些电压进行合成，如图 2（b）所示， V_H 被合成为当温度在高温侧时在 1 次电压上叠加有（i）那样的高次电压（相对于温度上升呈 1 次函数+指数函数上升的电压）。另外，作为低温侧的控制电压 V_L ，由低温 1 次电压增益调整电路 84 生成图 2（h）的 1 次电压（相对于温度下降呈 1 次函数上升的电压），由低温高次电压增益调整电路 85 生成图 2（g）的高次电压（相对于温度下降呈指数函数上升的电压），由合成电路 87 将这些电压进行合成，如图 2（f）所示， V_L 被合成为当温度在低温侧时在 1 次电压上叠加有（j）那样的高次电压（相对于温度下降呈 1 次函数+指数函数上升的电压）。

图 3 是说明包括了图 1 的温度补偿电压发生电路 110 作为 V_H 、 V_L 的发生源的图 16 所示的温度补偿型石英振荡器的温度特性的图。图 3（a）

所示的实线 13 表示石英振子 X 的频率温度特性，虚线 12 表示温度补偿电压发生电路 110 的频率控制的特性。从该图可知，在对石英振子 X 的频率温度特性的曲线部分严格地进行温度补偿时，在基于 MOS 变容二极管的电容—电压特性的频率控制量中，产生不足频率控制量的部分，此时在温度补偿电压发生电路 110 中通过利用上述的高次电压来控制补偿电压的可变量，可补足其不足部分，从而如图 3 (a) 所示，为了抵消石英振子 X 的频率温度特性 13，得到充分的频率控制特性 12，按照仿真的结果，温度补偿后的温度特性的精度在 $\pm 0.5\text{ppm}$ 的范围内，得到频率稳定度高的 TCXO。

再有，在图 1 所示的频率温度补偿电路的情况下，由于如图 2 (b)、(f) 所示，在整个温度范围内，高温侧的控制电压 V_H 和低温侧的控制电压 V_L 是可变的，故即使在 25°C 以下的低温侧的温度范围内，高温侧 MOS 变容二极管 MH 的可变电容器特性相对于电压变化也有轻微灵敏度特性，由此，高温侧的控制电压 V_H 的电压变化造成的影响尽管轻微，但还是发生了，而如果加进因该高温侧的控制电压 V_H 的可变而生成的频率变动来设定低温高次电压增益调整电路，则对因石英振子 X 以外的影响造成的频率温度特性，也可通过低温侧的控制电压 V_L 所作的频率控制来补偿。

即，使高温侧的控制电压 V_H 所作的频率控制成为必要的温度范围在常温以上，如图 2 (b) 所示，当常温时的高温侧的控制电压 V_H 的值为 $V_1' = V_1 + V_{\text{ref}}$ 时，如果是在图 3 (c) 所示的高温侧补偿用的 MOS 变容二极管 MH 的电压—电容特性在电压 V_1 以下的范围内为恒定值的理想情形，则即使在常温以下的温度范围内高温侧的控制电压 V_H 发生变动，MOS 变容二极管 MH 的电容在电压 V_1 以下的电压范围（为电压 V_1 以下的温度范围）内也不变，从而低温时的高温侧的温度补偿电压 V_H 的可变造成的影响消失，但在实际的 MOS 变容二极管 MH 的电压—电容特性中，即使在电压 V_1 的附近，由于具有轻微的电容变化特性（图 3 (c) 所示的 Δc ），故即使在低温时，高温侧的控制电压 V_H 的电压变化造成的频率可变也轻微地发生。

从而,此时,只要在低温时,就加进在石英振子 X 的频率温度特性以外,高温侧的控制电压 V_H 的可变所产生的频率变动也得到补偿的情况,设定低温高次电压增益调整电路,另外,在高温时,加进低温侧的控制电压 V_L 的可变所产生的频率变动得到补偿的情况,设定高温高次电压增益调整电路,由此,可使 TCXO 的频率温度特性高度稳定。

图 4(A)是本发明的另一实施例的频率温度补偿电路的功能方框图,图 4(k)、(m)是表示温度(temp)与控制电压(V)的关系作为图 4(A)所示的温度补偿电压发生电路 100 的合成电路 6、7 的输出特性的图。图 4(b)、(f)表示图 2(b)、(f)所示的合成电路 6、7 的输出特性,图 4(k)是表示用高温箝位电压 8 和二极管 10 从常温附近箝住低温侧的控制电压的特性的图,图 4(m)是表示用低温箝位电压 9 和二极管 11 从常温附近箝住高温侧的控制电压的特性的图。

图 4(A)是产生对本发明第二实施方式的温度补偿型压电振荡器供给的补偿电压的温度补偿电压发生电路的变形功能方框图。该温度补偿电压发生电路 100 包括:参数随环境温度变化的温度传感器(温度检测部)1;生成对温度呈线性变化的电压的高温 1 次电压增益调整电路(高温 1 次电压生成单元)2;生成相对于由该高温 1 次电压增益调整电路 2 所生成的电压的高温侧的温度具有高次次数的电压的高温高次电压增益调整电路(高温高次电压生成单元)3;高温 1 次电压增益调整电路(高温电压合成单元)6;将合成电路 6 的输出箝位在规定的电平的高温箝位电压(发生电路)8;二极管 10;生成相对于温度呈线性变化的电压的低温 1 次电压增益调整电路(低温 1 次电压生成单元)4;生成相对于由该低温 1 次电压增益调整电路 4 所生成的电压的低温侧的温度具有高次次数的电压的低温高次电压增益调整电路(低温高次电压生成单元)5;将由低温 1 次电压增益调整电路 4 和低温高次电压增益调整电路 5 所输出的电压进行合成的合成电路(低温电压合成单元)7;将合成电路 7 的输出箝位在规定的电平的低温箝位电压(发生电路)9;以及二极管 11。

接着,说明图 4(A)所示的温度补偿电压发生电路 100 的工作。

图 4(A)所示的温度补偿电压发生电路 100 中的高温 1 次电压增益

调整电路 2 接受温度传感器 1 的温度信息, 输出图 2 (d) 所示的 1 次函数电压, 另外, 高温高次电压增益调整电路 3 接受温度传感器 1 的温度信息, 输出图 2 (c) 所示的高温用高次函数电压。

此外, 合成电路 6 对高温 1 次电压增益调整电路 2 的输出电压与高温高次电压增益调整电路 3 的输出电压进行合成, 输出图 4 (b) 所示的输出电压 V_H' 。

此时, 输出电压 V_H' 在常温下的电压值为 V_1' , 在常温以下, 随着温度的降低, 电压值呈 1 次函数降低, 另外, 在常温以上, 呈现随着温度的上升, 具有呈指数函数上升的部分的变化特性。

而且, 通过将高温箝位电压 (发生电路) 8 的输出电压的值设定为 V_1' 的值, 在合成电路 6 的输出电压的值低于 V_1' 的状态 (低于常温的低温条件) 下, 由于二极管 10 的端子间为正向偏置, 故高温箝位电压 (发生电路) 8 的输出电压的值 V_1' 为高温侧的控制电压 V_H 的值。

从而, 高温侧的控制电压 V_H 的值如图 4 (k) 所示, 在常温以下的温度范围内为 V_1 , 在常温以上的温度范围内, 从常温至所希望的温度呈 1 次函数上升, 并且从所希望的温度至更高的温度呈现指数函数的电压上升特性。

另一方面, 图 4 (A) 所示的温度补偿电压发生电路 100 中的低温 1 次电压增益调整电路 4 接受温度传感器 1 的温度信息, 输出图 2 (h) 所示的 1 次函数电压, 另外, 低温高次电压增益调整电路 5 接受温度传感器 1 的温度信息, 输出图 2 (g) 所示的低温用高次函数电压。

此外, 合成电路 7 对低温 1 次电压增益调整电路 4 的输出电压与低温高次电压增益调整电路 5 的输出电压进行合成, 输出图 4 (f) 所示的输出电压 V_L' 。

此时, 输出电压 V_L' 在常温下的电压值为 V_2' , 在常温以上, 随着温度的上升, 电压值呈 1 次函数降低, 另外, 在常温以下, 呈现随着温度的降低, 具有呈指数函数上升的部分的变化特性。

而且, 通过将低温箝位电压 (发生电路) 9 的输出电压的值设定为 V_2' 的值, 在合成电路 7 的输出电压的值高于 V_2' 的状态 (高于常温的高

温条件)下,由于二极管 11 的端子间为正向偏置,故低温箝位电压(发生电路)9 的输出电压的值 $V2'$ 为高温侧的控制电压 V_L 的值。

从而,低温侧的控制电压 V_L 的值如图 4 (m) 所示,在常温以上的温度范围内为 $V2'$,在常温以下的温度范围内,从常温至所希望的温度呈 1 次函数上升,并且从所希望的温度至更低的温度呈现指数函数的电压上升特性。

如上所述,由于例如在低温状态下无需 MOS 变容二极管 MH 所作的温度补偿,故按照图 4 (B) 所示的 MOS 变容二极管的电压—电容特性稳定的点来设定 MOS 变容二极管 MH 端子间电压 $V1 = V_H - V_{ref}$,但即使是该电压—电容特性稳定的点,实际上还是具有轻微的温度灵敏度特性。

因此,在图 1 所示的实施例,由这样的 MOS 变容二极管 MH 的不良的温度灵敏度特性造成的频率变动与低温侧的温度补偿功能相对应,而在图 4 (A) 所示的实施例,通过在常温以下使高温部的控制电压 V_H 为恒定值,可减少低温下的高温部的控制电压的影响度,从而在低温时在低温侧的温度控制中可简化调整工序等,并且在高温时如果有的话,可简化高温侧的温度控制中的调整工序等。

图 5 (d) 是表示对具备了图 4 (A) 所示的温度补偿电压发生电路 100 的 TCXO 的补偿特性进行计算机仿真的结果的图,图 5 (b) 是表示对具备了现有的温度补偿电路的 TCXO 的频率温度特性进行计算机仿真的结果的图。从这些图可知,采取图 5 (b) 的现有的温度补偿电路,在 $-30^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 的范围内,变动在 $\pm 2\text{ppm}$ 内,与此相对照,在本发明中,如图 5 (d) 所示,在相同的温度范围内,频率偏差量落在 $\pm 0.5\text{ppm}$ 内,可得到高的频率稳定度。

再有,图 5 (a)、(c) 是应进行温度补偿的石英振子 X 的频率温度特性。

图 6 是构成本发明第三实施方式的温度补偿型压电振荡器的一部分的温度补偿电压发生电路的功能方框图。该频率温度补偿电路 200 包括:输出与环境温度的变化对应的电信号的温度传感器(温度检测部)21;

基于温度传感器 21 的温度检测信息生成与温度成正比关系的呈线性变化的电压的第 1 高温 1 次电压增益调整电路 (第 1 高温 1 次电压生成单元) 24; 基于温度传感器 21 的温度检测信息生成与温度上升成正比关系的呈线性变化的电压的第 2 高温 1 次电压增益调整电路 (第 2 高温 1 次电压生成单元) 23; 经二极管 28 对第 2 高温 1 次电压增益调整电路 23 的规定的温度以下的范围的电压进行箝位的第 2 高温电压增益箝位电压 (第 2 高温 1 次电压生成单元) 22; 合成第 1 高温 1 次电压增益调整电路 24 的输出电压和由第 2 高温 1 次电压生成单元 22 控制的第 2 高温 1 次电压增益调整电路 23 的输出电压的高温合成电路 (高温电压合成单元) 31; 在所希望的温度以下的范围内经二极管 34 将高温合成电路 31 的输出箝位在规定的电平的高温箝位电压发生部 30; 生成与温度上升成反比关系的呈线性变化的电压的第 1 低温 1 次电压增益调整电路 (第 1 低温 1 次电压生成单元) 25; 生成与温度上升成反比关系的呈线性变化的电压的第 2 低温 1 次电压增益调整电路 (第 2 低温 1 次电压生成单元) 26; 经二极管 29 对第 2 低温 1 次电压增益调整电路 26 的规定的温度以上的范围的电压进行箝位的第 2 低温电压增益箝位电压 (第 2 低温 1 次电压生成单元) 27; 合成第 1 低温 1 次电压增益调整电路 25 的输出电压和由第 2 低温 1 次电压生成单元 27 控制的第 2 低温 1 次电压增益调整电路 26 的输出电压的低温合成电路 (低温电压合成单元) 32; 以及经二极管 35 将低温合成电路 32 的输出箝位在规定的电平的低温箝位电压 33。

图 7 是表示对图 6 的功能方框图的第 1 高温 1 次电压增益调整电路 24 的输出电压 A、受第 2 高温 1 次电压生成单元 22 控制的第 2 高温 1 次电压增益调整电路 23 的输出电压 B、高温合成电路 31 的输出电压 v_h 、受高温箝位电压发生部 30 控制的高温合成电路 31 的输出电压 V_H 的各温度变化的电压特性波形的图。如上所述, 图 7 (a) 的电压 A 是与温度上升成正比关系的呈线性增加的电压。输出电压 B 是用第 2 高温电压增益箝位电压 22 和二极管 28 把在来自第 2 高温 1 次电压增益调整电路 23 的整个使用温度中呈 1 次函数的上升特性的输出电压在 $T_A^{\circ}\text{C}$ ($T_A > 25$) 以下的范围内箝位成第 2 高温 1 次电压生成单元 22 的输出电压值的电压

特性。由于图 7 (b) 所示的输出电压 v_h 是将图 7 (a) 所示的输出电压 A 和 B 进行了合成的功率特性, 所以至 $T_A^\circ\text{C}$ 为止, 为输出电压 A 的 1 次函数特性与电压 B 的 1 次函数特性之和的电压特性, 在 $T_A^\circ\text{C}$ 以下, 为输出电压 A 的 1 次函数特性与电压 B 的 0 次函数特性之和的电压特性。图 7 (c) 所示的电压 V_H 是将电压 v_h 的 25°C 以下的范围内的电压箝位成高温箝位电压发生部 30 的输出电压值的电压特性。再有, 低温部处于第 2 低温 1 次电压生成单元 27 进行的箝位控制不足 25°C 的温度点 (T_B) 以下的范围, 由于电压 V_1 和图 7 (d) 所示的电压 V_L 呈现图 7 (e) 所示的电压特性, 故省略其说明。

图 9 (a) 是表示具备了图 6 所示的温度补偿电压发生电路 200 的 TCXO 的频率温度特性的图。实线 41 表示石英振子 X 的频率温度特性, 虚线 42 表示温度补偿电压发生电路 200 和 MOS 变容二极管的频率可变特性。从该图可知, 由于温度补偿电压发生电路 200 可将输出电压特性区隔为多个温度范围并加以调整, 故可有效地调整用于补偿石英振子 X 的频率温度特性的虚线 42 所示的频率可变特性, 其结果是, 可使温度补偿后的温度特性的精度稳定在 $\pm 0.5\text{ppm}$ 以内。

再有, 图 9 (b) 是表示具备了本发明第二实施方式的温度补偿电压发生电路 200 的 TCXO 的补偿特性的计算机仿真结果的图, 图 16 (b) 是表示由现有的温度补偿电压进行的频率温度校正的 TCXO 的频率温度特性的计算机仿真结果的图。从该图可知, 图 16 (b) 的温度补偿结果在 $\pm 2\text{ppm}$ 内变动, 与此相对照, 在本发明中, 由图 9 (b) 可知, 频率偏差落在 $\pm 0.5\text{ppm}$ 内, 因而得到改善。

图 11 是用于产生对本发明第四实施方式的温度补偿型压电振荡器供给的控制电压的温度补偿电压发生电路的功能方框图。该温度补偿电压发生电路 300 包括: 通过参数随环境温度变化, 产生第 1~第 3 传感器电压 (A、B、C) 的温度传感器 (温度检测部) 51; 基于第 2 传感器电压 B 生成与温度上升成正比关系的呈线性变化的电压的高温 1 次电压增益调整电路 (高温 1 次电压生成单元) 54; 以第 1 传感器电压 A 和第 2 传感器电压 B 为输入电压, 相对于高温侧的温度上升输出具有高次次数 (呈

指数函数的增加特性)的电流的高温高次电流发生电路(高温高次电流生成单元)52;将该输出电流变换成电压的增益调整电路(高温高次电压生成单元)53;将高温1次电压增益调整电路54和增益调整电路53的输出电压进行合成的高温合成电路(高温电压合成单元)58;经二极管61将高温合成电路58的输出电压箝位在规定的电平的高温箝位电压发生电路60;基于第2传感器电压B生成与温度上升成反比关系的呈线性变化的电压的低温1次电压增益调整电路(低温1次电压生成单元)55;以第3传感器电压C和第2传感器电压B为输入电压,相对于低温侧的温度下降输出具有高次次数(增加特性呈指数函数)的电流的低温高次电流发生电路(低温高次电流生成单元)56;将该输出电流变换成电压的增益调整电路(低温高次电压生成单元)57;将低温1次电压增益调整电路55和增益调整电路57的输出电压进行合成的低温合成电路(低温电压合成单元)59;以及经二极管63将低温合成电路59的输出电压箝位在规定的电平的低温箝位电压62。

图12(a)是表示传感器电压A、B、C相对于温度传感器51的传感器的温度的一例的图,图12(b)是表示产生各传感器电压的温度传感器(温度检测部)51的一例的电路图。

温度传感器51按如下方式构成:在经电阻将作为传感器65的二极管元件的阳极端与运算放大器(放大器)66的反相输入端子连接的同时,将该二极管元件的阴极端接地,将基准电压发生电路70的输出端与放大器66的非反相输入端子连接,在经反馈电阻连接放大器66的输出端与反相输入端的同时,将二极管D2的阳极端与放大电路66的输出端连接,经由电阻R1和电阻R2构成的串联电路将二极管D2的阴极端接地,以电阻R1与电阻R2的连接点为第1传感器电压A的输出端子A,进而将电阻R3的一端与放大电路66的输出端连接,在电阻R3的另一端与接地之间进行串联连接以形成2个二极管D3的正向连接,以二极管D3与电阻R3的连接点为第2传感器电压B的输出端子B,进而将电阻R4的一端与放大器66的输出端连接,将电阻R5的一端与电阻R4的另一端连接,将二极管D1正向连接在电阻R5的另一端与接地之间,以电阻R4与电

阻 R5 的连接点为第 3 传感器电压 C 的输出端子 C。

以下,说明温度传感器 51 的工作。

由于图 12 所示的传感器 65 是二极管元件,所以流过传感器 65 的电流进行随温度的上升按照成反比关系的呈 1 次函数下降的方式工作,故在放大器 66 的反相输入端施加随温度的上升成反比关系的呈 1 次函数下降的电压(至少在使用温度范围内,施加于反相输入端的电压的绝对值比基准电压值小),随之在放大器 66 的输出端发生呈现随温度的上升成正比关系的呈 1 次函数上升的特性的输出电压。

而且,在端子 A 上产生基于二极管 D2 和电阻 R1 的串联电路与电阻 R2 的分压比的电压,在端子 B 上产生基于电阻 R3 与二极管 D3 的分压比的电压,在端子 C 上产生基于电阻 R5 和二极管 D1 的串联电路与电阻 R4 的分压比的电压。

此时,对于二极管 D2、D1 而言,通过利用进行随温度的上升端子间电流减少那样的工作(二极管 D2、D1 的端子间的阻抗增大)的二极管元件特有的温度特性,例如使随温度变化二极管 D2 和电阻 R1 的串联电路与电阻 R2 的电阻比随温度变化而变动,相应地微调放大器 66 的输出电压(传感器电压 A)的变动特性(变动率)而备有的结构,但在电阻的只是设定条件下可进行调整时,不特别备有这些结构也没有关系。

另一方面,对于二极管 D3 而言,随温度上升使端子 B 的电位急剧下降,例如由于是串联连接了多个二极管的结构,因此通过适当地设定该二极管的连接数,可从输出端子 B 得到相对于图 12(a)所示的温度上升其电压变化率具有负的斜率的传感器电压 B。

而且,如果适当地设定电阻 R1~R5 和二极管 D1~D3 及其它电路元件,则如图 12(a)所示,在不到 25°C 的温度 TL 下,传感器电压 B 与 C 的值一致,在高于 25°C 的温度 TH 下,可得到传感器电压 A、B、C,使得传感器电压 A 与 B 的值一致。

图 13 是说明图 11 的高温高次电流发生电路 52 和低温高次电流发生电路 56 的电路图。现参照 12(a)进行说明。高温高次电流发生电路 52 在高温侧利用了 A、B 的传感器电压。在比常温低的低温部,由于 B 的

电压比 A 大得多，所以在电阻 R4 侧不流过电流，输出电流 15thH 为零。随着温度上升，传感器 A、B 间的电位差趋于消失，在 R4 侧电流开始流过，产生高温高次电流发生电路 52 的输出电流 15thH。此时产生的电流可以以常温附近为中心近似成高次的函数。另外，进行调整，使得传感器 A、B 的电压变得相同时的温度 TH 在温度补偿范围的高温侧的端部。至于低温侧，也与高温侧同样地工作，进行调整，使得传感器 B、C 的交点 TL 在温度补偿范围的低温侧的端部。此处，通过使电阻 R1~R4 的电阻值发生变化，使电流特性相对于温度也发生变化，看上去函数的次数发生了变化，所以通过该电阻变化可调整高次次数。由此，可将 MOS 变容二极管的特性微调成石英振子的特性。

图 14 是表示高温高次电流的次数调整后的特性例的图。从该图可知，通过使电阻 R1~R4 的电阻值发生变化，使电流特性 71 相对于温度也发生变化，看上去函数的次数发生了变化。在该图中，示出了当改变为箭头的方向时，看上去的次数减少。

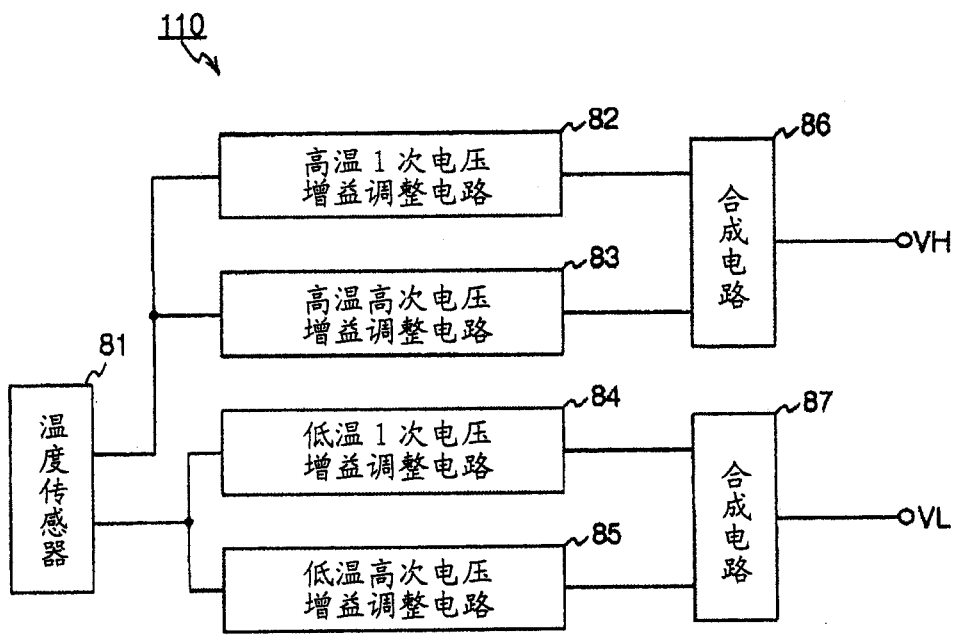


图 1

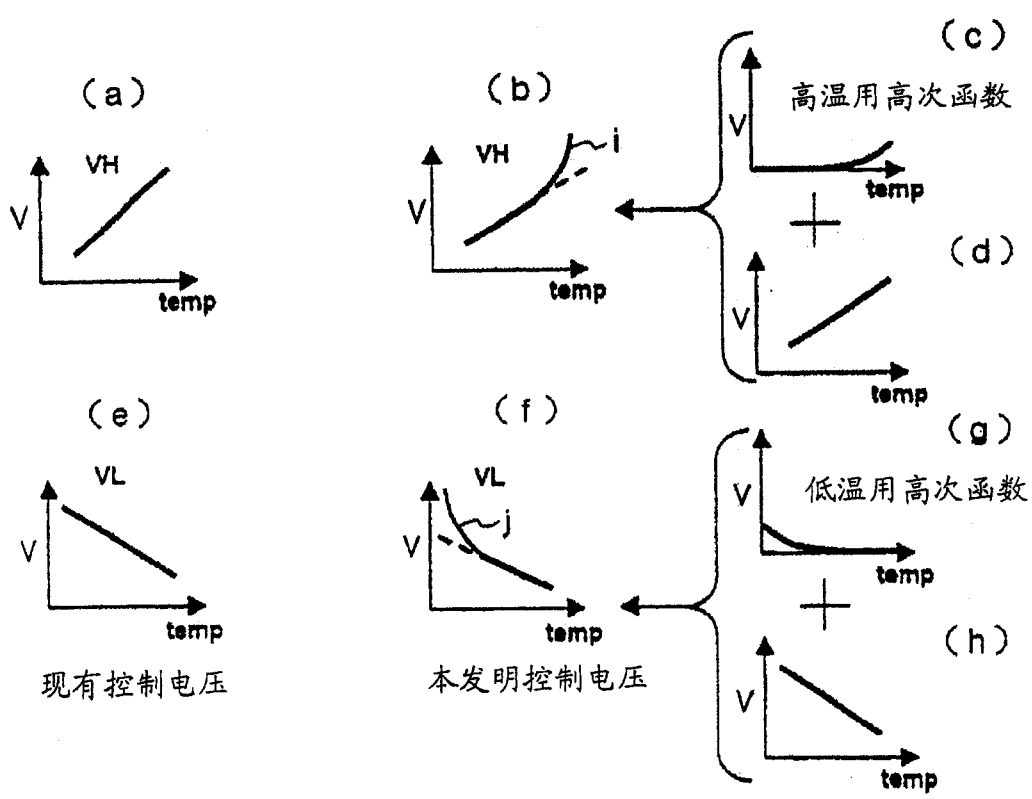


图 2

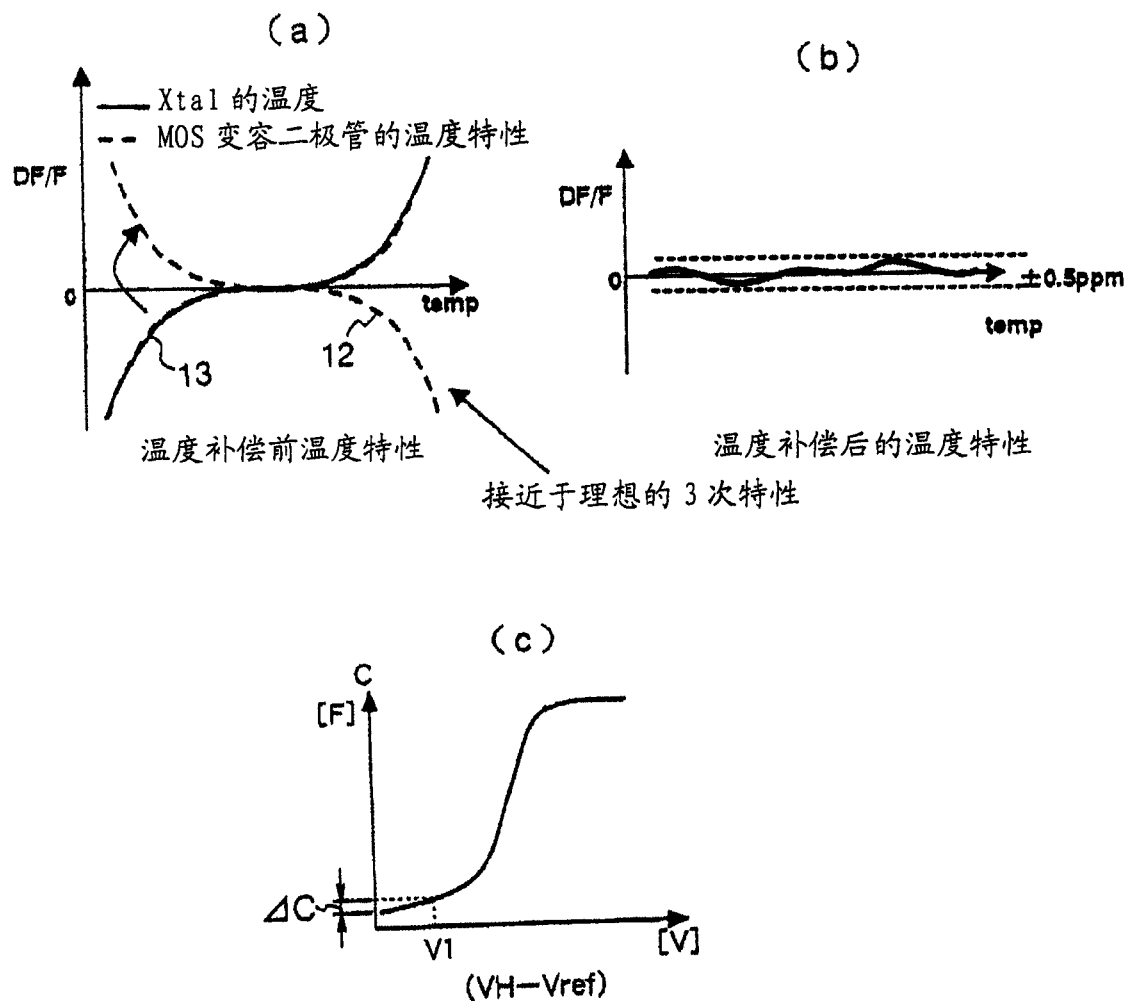


图 3

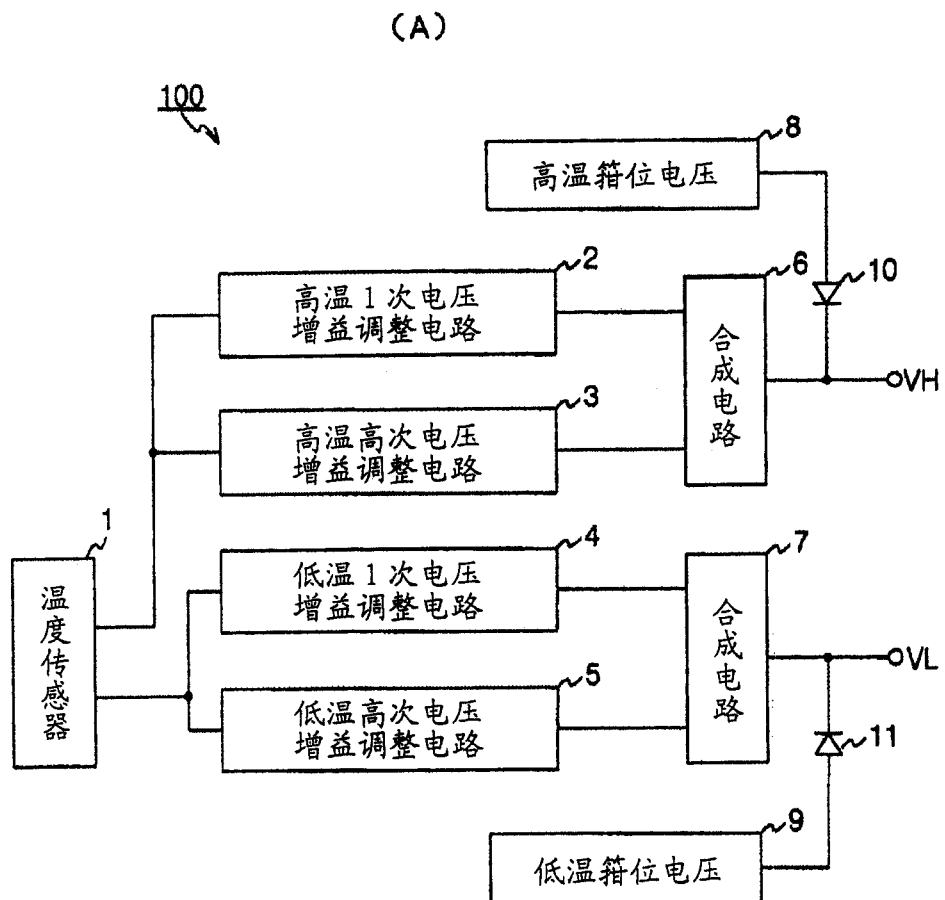
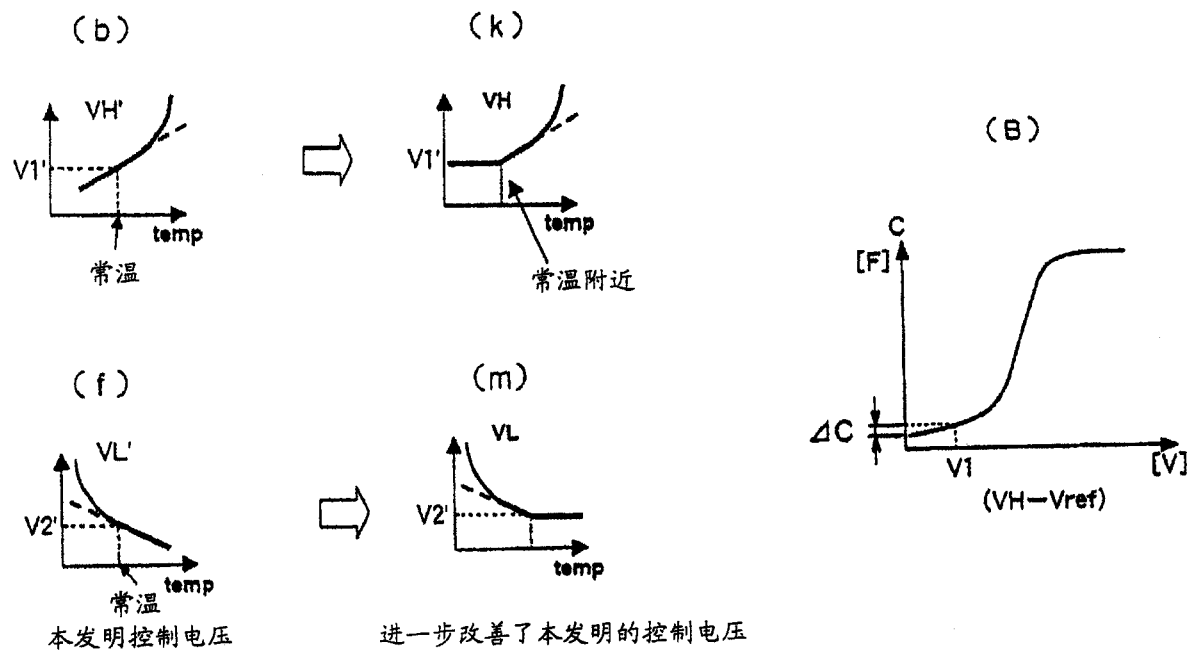
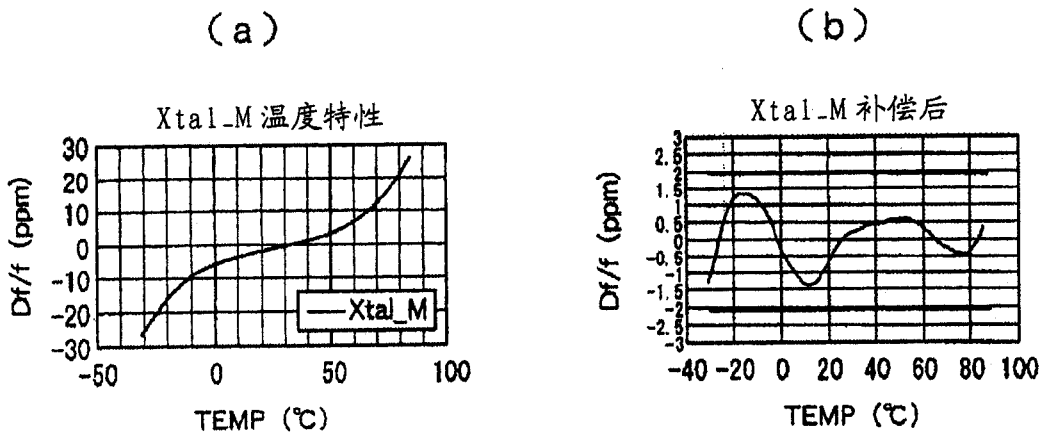


图 4

■ 现有（只是1条直线的温度补偿结果）



■ 本发明（将5次函数用于高次的次数的情况的温度补偿结果）

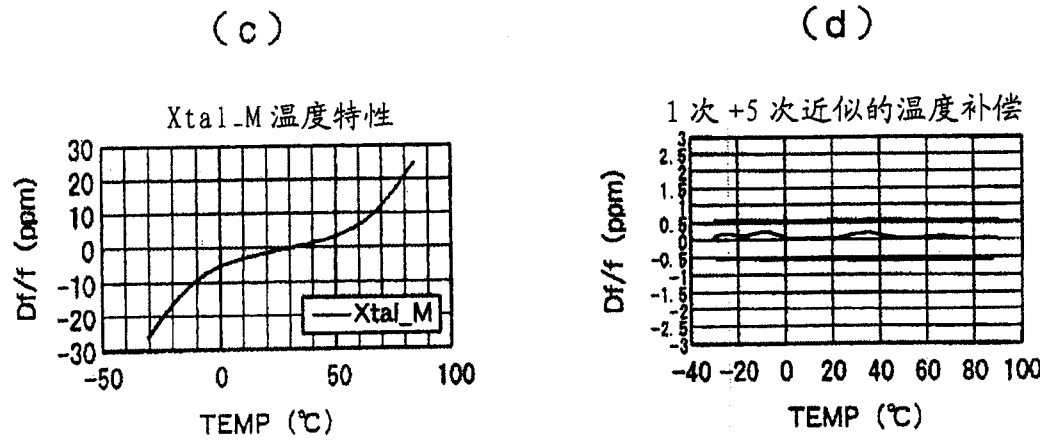


图 5

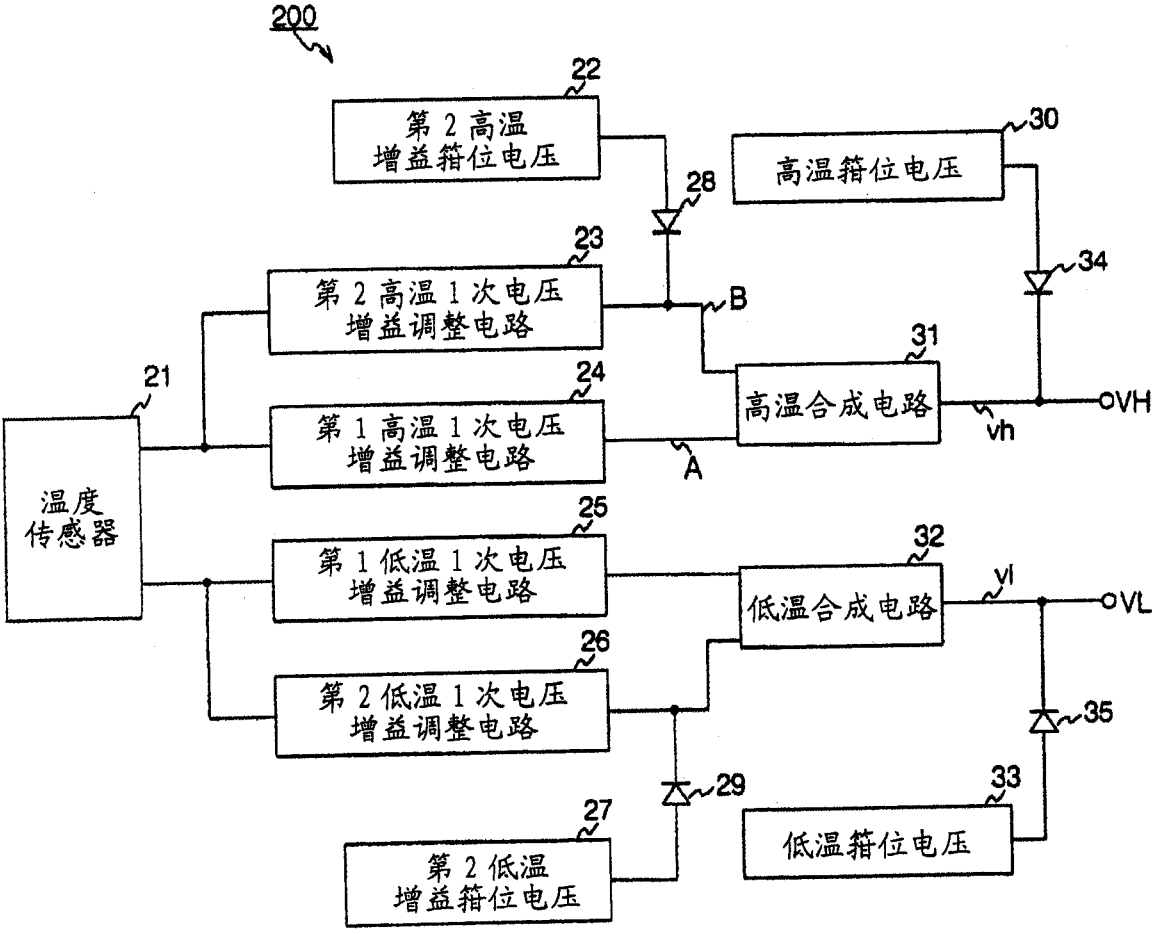


图 6

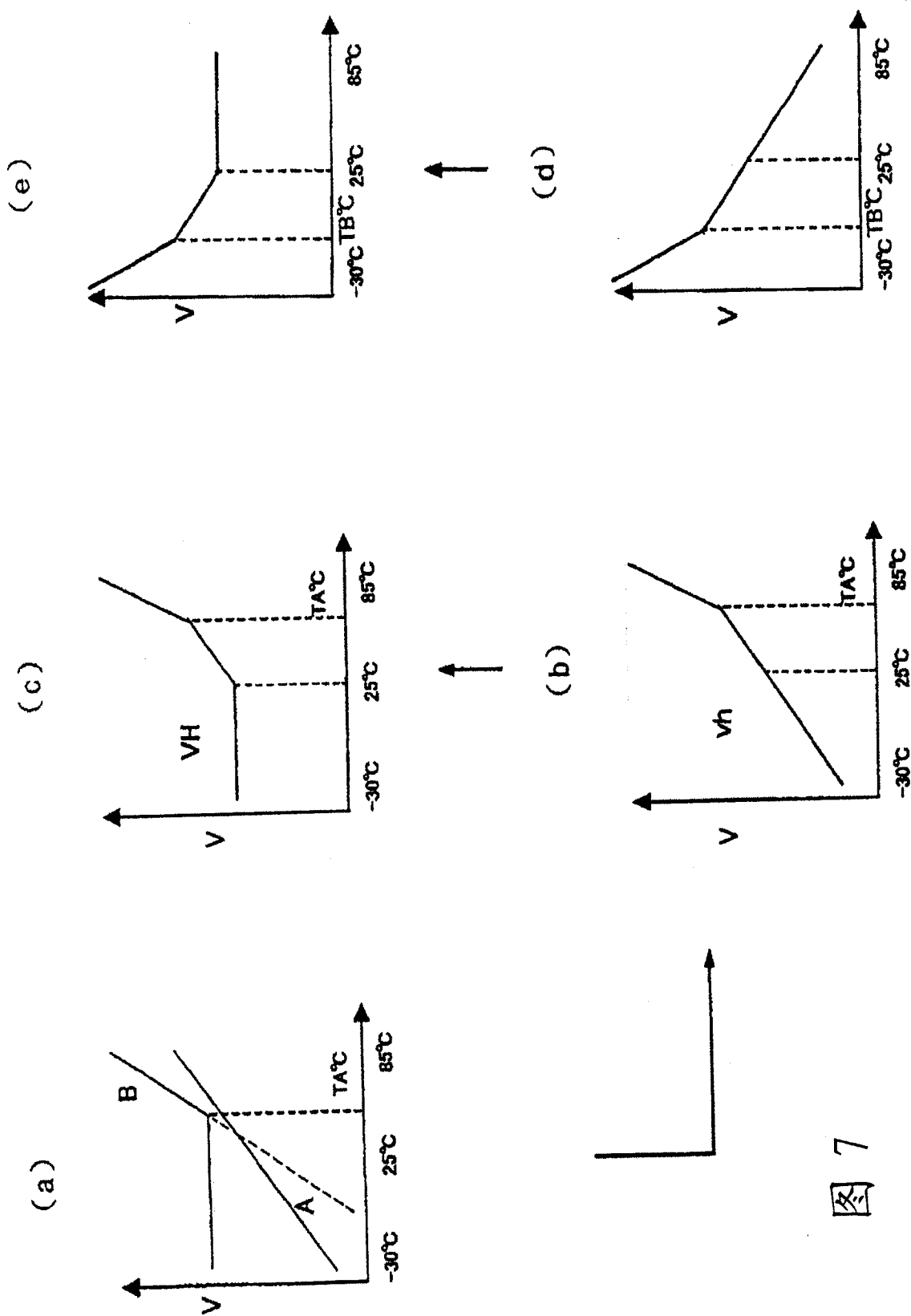


图 7

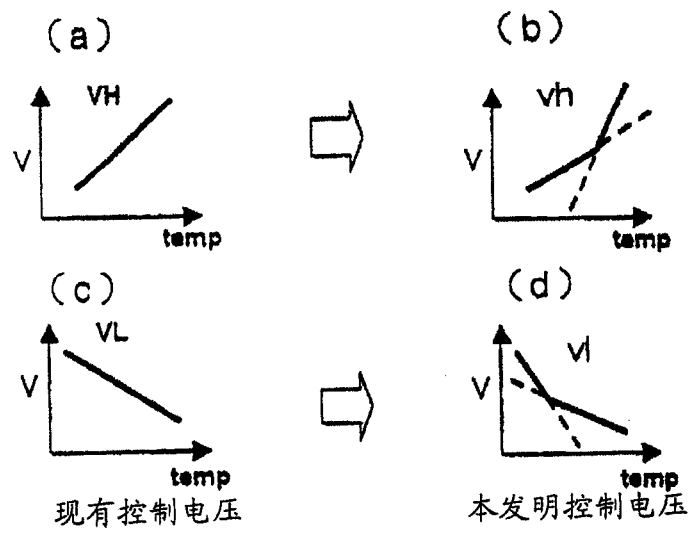


图 8

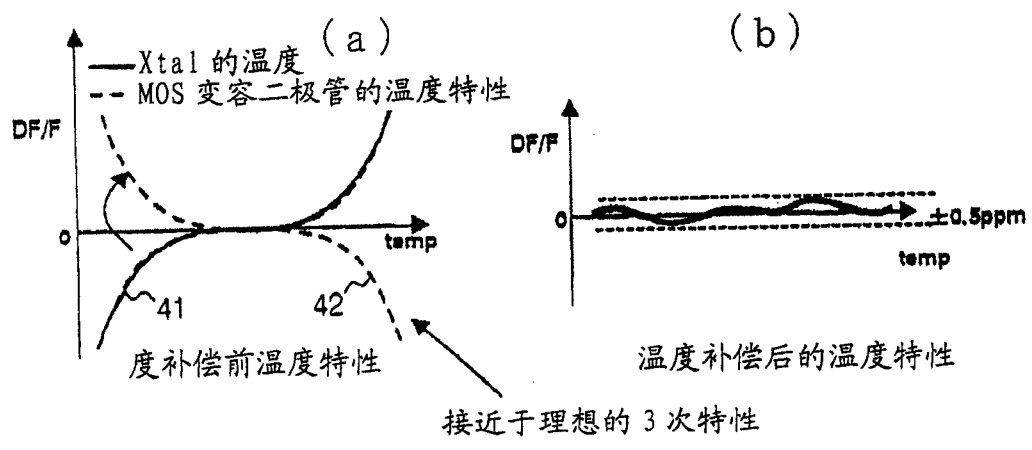


图 9

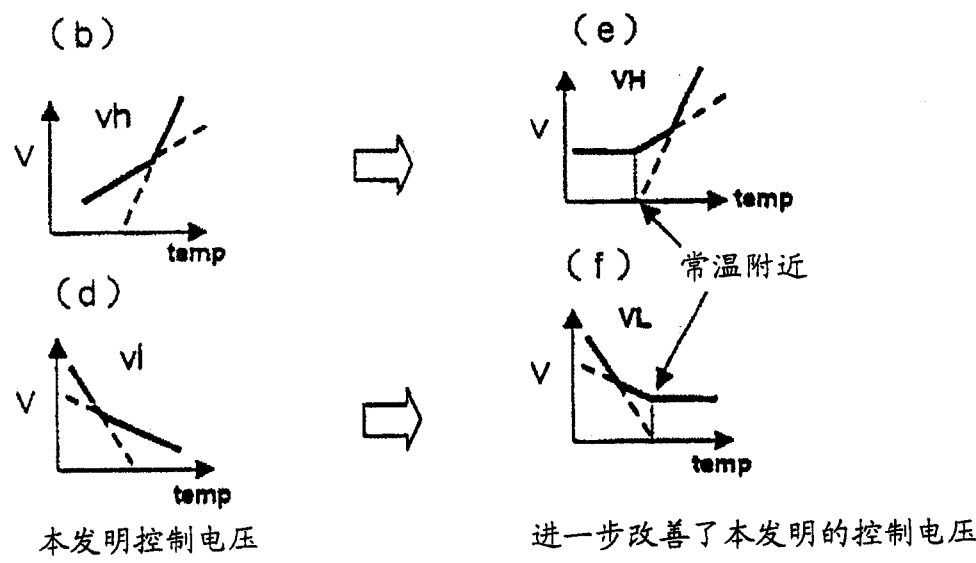


图 10

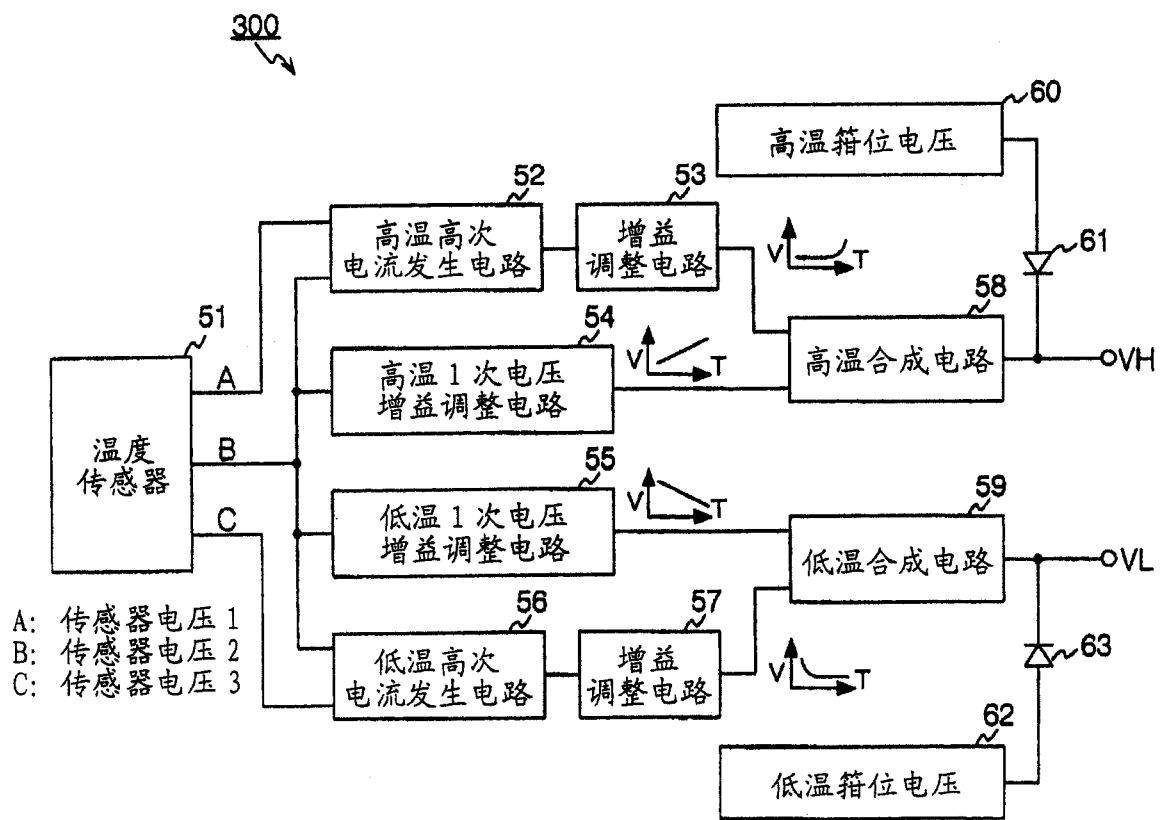


图 11

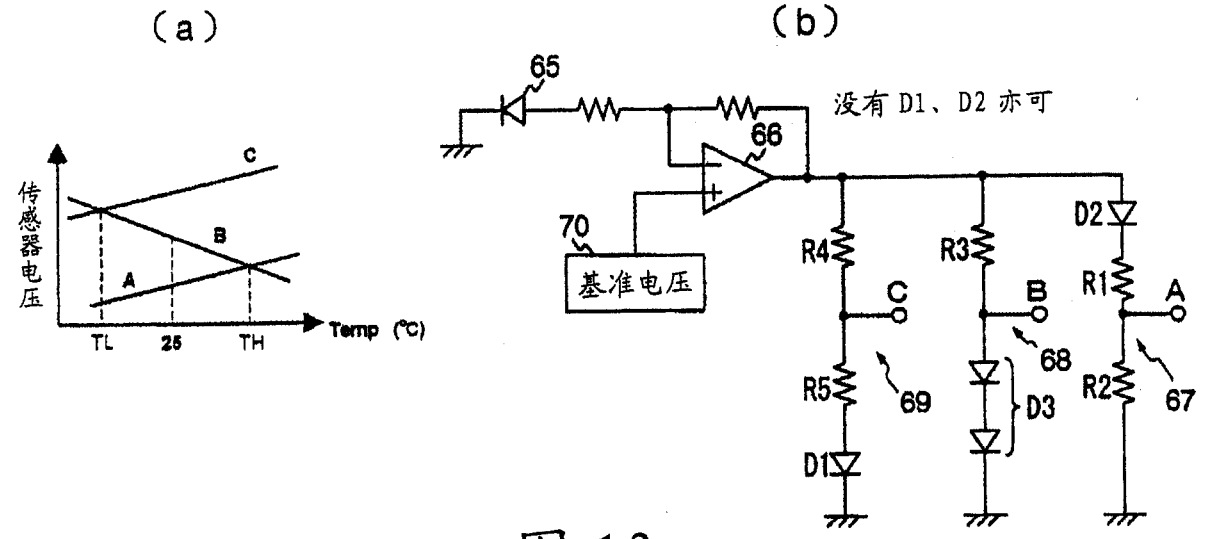


图 12

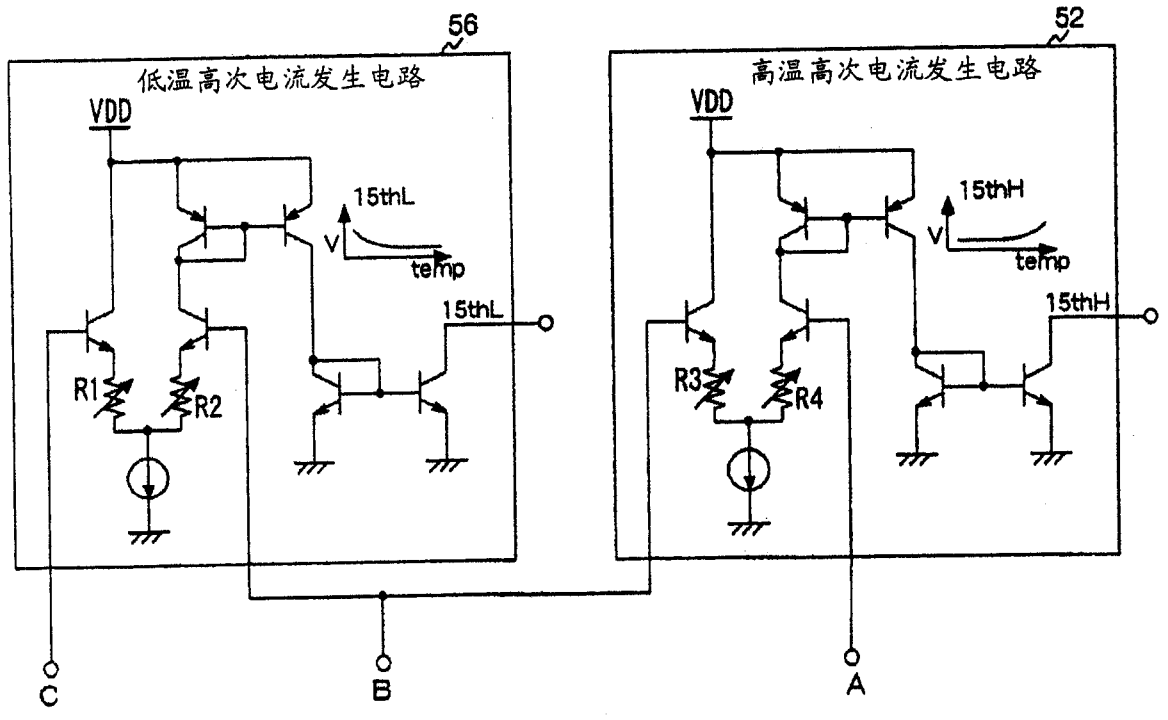


图 13

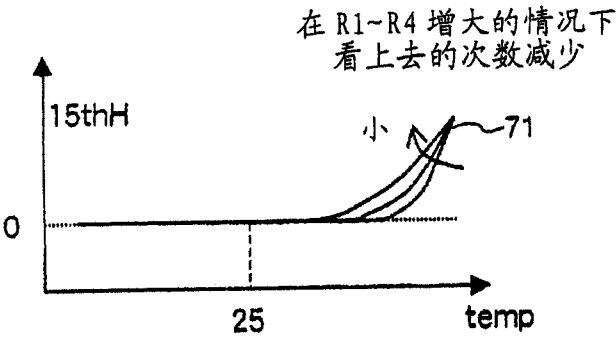
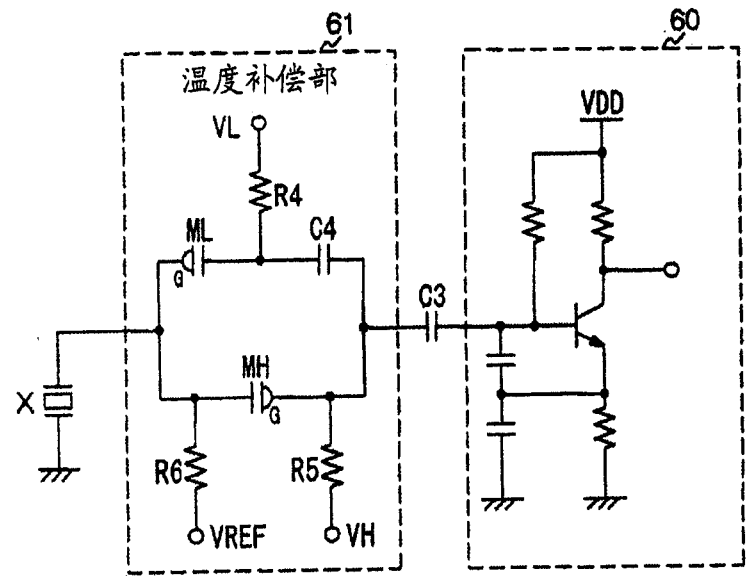


图 14

(a)



(b)

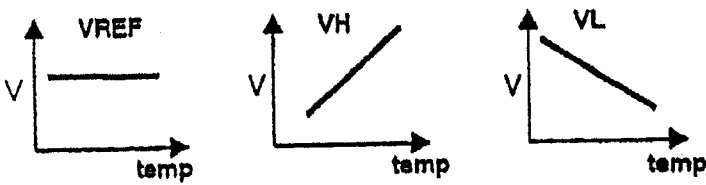


图 15

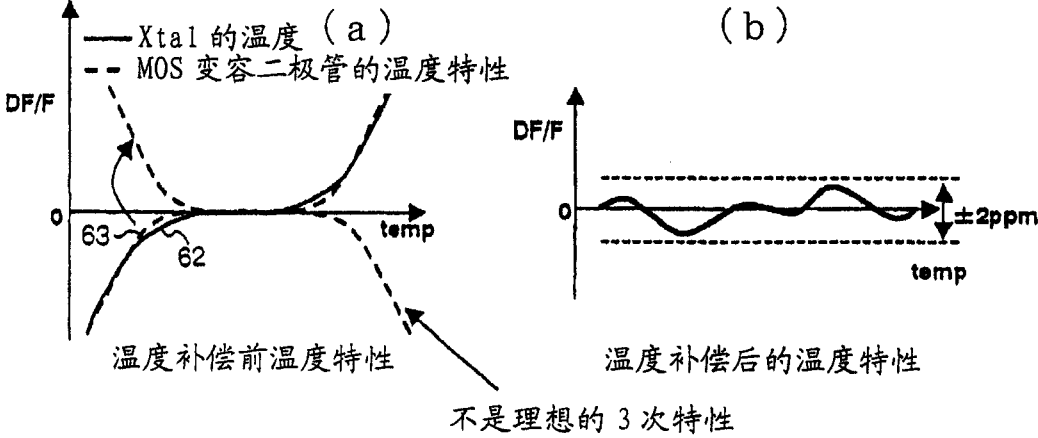


图 16