



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113454423 A

(43) 申请公布日 2021. 09. 28

(21) 申请号 202080015710.5

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2020.01.20

代理人 郭毅

(30) 优先权数据

102019202326.6 2019.02.21 DE

(51) Int.Cl.

G01C 19/5776 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.08.20

B81B 7/00 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2020/051225 2020.01.20

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/169283 DE 2020.08.27

(71) 申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72) 发明人 L·瓦利 A·维斯孔蒂

F·迪亚齐

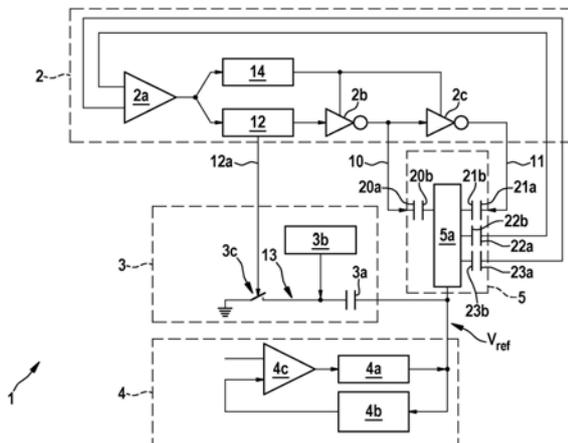
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

用于运行电容式MEMS传感器的方法和电容式MEMS传感器

(57) 摘要

本发明涉及一种用于运行电容式MEMS传感器的方法,包括步骤:在所述MEMS传感器的可偏转布置的震动质量上提供定义的电势;借助时钟控制的控制电压电容式激励所述震动质量的振动运动;通过相应于所述时钟控制的控制电压的时钟的、连接到所述震动质量上的电存储元件的有针对性的充电和/或放电,补偿由所述时钟控制的控制电压决定的、在所述震动质量上所提供的电势的波动。



1. 一种用于运行电容式MEMS传感器(1)的方法,所述方法包括步骤:
 - 在所述MEMS传感器(1)的可偏转地布置的震动质量(5a)上提供(S1)定义的电势;
 - 借助时钟控制的控制电压(10,11)电容式地激励(S2)所述震动质量(5a)的振动运动;
 - 通过相应于所述时钟控制的控制电压(10,11)的时钟对连接到所述震动质量(5a)上的电存储元件(3a)进行有针对性的充电和/或放电,补偿(S5)由所述时钟控制的控制电压(10,11)决定的、在所述震动质量(5a)上所提的电势的波动。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,监测所述震动质量(5a)的振动运动,并且如此匹配所述时钟控制的控制电压(10,11),以维持所述震动质量(5a)的定义的振动运动。
3. 根据权利要求1至2中任一项所述的方法,其中,检测所述震动质量(5a)的振动运动的相位和/或幅度,其中,调节所述时钟控制的控制电压(10,11)的相位和/或幅度,以提供所述震动质量(5a)的定义的振动运动。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,产生与所述时钟控制的控制电压(10,11)的相位耦合的控制信号(12a),通过所述控制信号发动所述电存储元件(3a)的有针对性的充电和/或放电。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,将在所述震动质量(5a)上的待补偿的电荷确定为所述震动质量(5a)的振动运动的幅度、所述时钟控制的控制电压(10,11)的大小与所述电容的与偏转相关的操纵敏感度的乘积,其中,将对于所述电存储元件(3a)的充电电流确定为所述震动质量(5a)的振荡器的双倍谐振频率与所述待补偿的电荷的乘积。
6. 一种电容式MEMS传感器(1),所述电容式MEMS传感器包括
 - 震动质量(5a),所述震动质量能够偏转地布置;
 - 电路装置(4),所述电路装置用于在所述震动质量(5a)上提供定义的电势;
 - 激励装置(20a,21a),所述激励装置用于电容式地激励所述震动质量(5a)进行振动运动;
 - 驱动装置(2),所述驱动装置用于提供时钟控制的控制电压(10,11),以借助所述激励装置(20a,21a)电容式地激励(S2)所述震动质量(5a)的振动运动;
 - 补偿装置(3),所述补偿装置具有电存储元件(3a),所述电存储元件与所述震动质量(5a)连接,且所述电存储元件构造用于通过相应于所述时钟控制的控制电压(10,11)的时钟对所述电存储元件(3a)进行有针对性的充电和/或放电来补偿由所述控制电压(10,11)引起的、所述震动质量(5a)上的电势的波动。
7. 根据权利要求6所述的MEMS传感器,其中,所述电路装置(4)包括至少一个电荷泵(4a),所述至少一个电荷泵与所述震动质量(5a)连接。
8. 根据权利要求6或7所述的MEMS传感器,其中,所述电路装置(4)构造用于(4):监测所述震动质量(5a)上的电势,并且相应于预给定的参考电压(V_{ref})对所述电势进行调节。
9. 根据权利要求6至8中任一项所述的MEMS传感器,其中,用于提供所述时钟控制的控制电压(10,11)的驱动装置(2)包括用于监测所述震动质量(5a)的振动运动的电路装置,尤其用于求取所述震动质量(5a)的振动运动的幅度和/或相位的变化的电路装置。
10. 根据权利要求9所述的MEMS传感器,其中,所述驱动装置(2)包括用于调节所述时钟控制的控制电压(10,11)的幅度和/或相位的至少一个幅度调节器(14)和/或相位调节器(12),以维持所述震动质量(5a)的定义的振动运动。

11. 根据权利要求6至10中任一项所述的MEMS传感器,其中,所述驱动装置(2)与所述补偿装置(3)连接,并且所述驱动装置构造用于相应于所述控制电压(10,11)的时钟向所述补偿装置(3)传递控制信号(12a),其中,所述补偿装置(3)构造用于相应于所述控制信号(12a)对所述存储元件(3a)进行有针对性的充电和/或放电。

12. 根据权利要求11所述的MEMS传感器,其中,所述补偿装置(3)包括至少一个电流源(3b)和至少一个开关(3c),其中,所述至少一个电流源用于对所述电存储元件(3a)进行充电,且所述至少一个开关用于对所述电存储元件(3a)进行放电,其中,通过所述驱动装置(2)的控制信号(12a)能够操纵所述至少一个开关(3c)。

13. 根据权利要求6至12中任一项所述的MEMS传感器,其中,所述电存储元件(3a)以无源的电存储元件(3a)的形式、尤其以电容器的形式构造。

14. 根据权利要求6至13中任一项所述的MEMS传感器,其中,所述至少一个电流源(3b)包括具有电流输出端的数/模转换器(3b),其构造用于提供多个可选择的电流发生器。

15. 根据权利要求6至14中任一项所述的MEMS传感器,其中,所述MEMS传感器(1)以陀螺仪的形式构造。

用于运行电容式MEMS传感器的方法和电容式MEMS传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于运行电容式MEMS传感器的方法。

[0002] 本发明还涉及一种电容式MEMS传感器。

[0003] 尽管本发明通常能够应用于任何电容式MEMS传感器,但本发明参照以陀螺仪形式的MEMS传感器进行阐述。

背景技术

[0004] 在陀螺仪中,通过专用集成电路(简称ASIC)的相应控制电路来激励可运动地布置的质量——震动质量(seismische Masse)——进行振动,更准确地说,优选以相应传感器元件的谐振频率进行振动。借助电极将电能传输到震动质量上,电极中的一个在震动质量上,一个是静止的,它们共同形成电容。在此,给电极施加可变电压。为此,例如可以使用与进行振动的震动质量的谐振频率相对应的时钟控制(getaktet)的电压。

[0005] 例如通过高压调节电路提供电压信号,以提高电荷敏感度并在低电流下能够降低噪声。电压的大小在此通常高于网络运营商提供的电压,使得在此使用相应的电荷泵。

[0006] 例如由US 9,006,832 B2已知这种高压调节电路。在US 9,006,832 B2中示出一种与低压半导体工艺技术兼容的高压MEMS系统,其包括与高压偏压发生器(Hochspannungs-Biasgenerator)耦合的MEMS器件,高压偏压发生器使用扩展的电压绝缘,该电压绝缘布置在半导体衬底中。该系统省去使用高压晶体管,使得省略特殊的高压处理步骤,从而降低工艺成本和复杂性。MEMS的检验可能性是通过自测电路实现的,该自测电路能够实现偏置电压(Vorspannung)和电流的调制,从而能够省去外部的高压连接和与之连接的静电放电保护电路。

发明内容

[0007] 在一种实施方式中,本发明提供一种用于运行电容式MEMS传感器的方法,所述方法包括以下步骤:

[0008] -在MEMS传感器的可偏转布置的震动质量上提供定义的电势;

[0009] -借助时钟控制的控制电压来电容式地激励震动质量的振动运动;

[0010] -通过相应于时钟控制的控制电压的时钟对连接到震动质量上的电存储元件进行有针对性的充电和/或放电,补偿由时钟控制的控制电压决定的、在震动质量上所提供的电势的波动。

[0011] 在另一实施方式中,本发明提供一种电容式MEMS传感器,其包括:

[0012] -震动质量,其可偏转地布置;

[0013] -电路装置,其用于在震动质量上提供定义的电势;

[0014] -激励装置,其用于电容式地激励震动质量进行振动运动;

[0015] -驱动装置,其用于提供时钟控制的控制电压,以借助激励装置电容式地激励震动质量的振动运动;

[0016] -补偿装置,其具有电存储元件,该电存储元件与震动质量连接并且构造用于:通过相应于时钟控制的控制电压的时钟对电存储元件进行有针对性的充电和/或放电,补偿由控制电压引起的、震动质量上的电势的波动。

[0017] 步骤“电容式地激励震动质量的振动运动”尤其在权利要求中、优选在说明书中应理解为对震动质量进行发动(initiieren)、激励、驱动等,使得震动质量执行振动运动。在此,未布置在震动质量上的尤其一个或多个电极与布置在震动质量上的一个或多个电极共同作用。在此,震动质量自身尤其能够构造成电极。通过一方面布置在震动质量上的电极、另一方面未布置在震动质量上的电极的相互作用形成一个或多个电容。因此,术语“电容”尤其应如此理解:通过一个或多个电容的变化、借助电极上的电压进行或至少发动震动质量的振动运动。

[0018] 术语关于电势的“波动”优选在权利要求中、尤其在说明书中应理解为电势大小随时间的任何变化。波动尤其应理解为震动质量上的电势的减小或增加。在此,波动尤其不应仅理解为与预给定的平均值的偏差。术语“波动”因此应最广泛地来理解,并且优选在权利要求中、尤其在说明书中涉及任何改变、偏差、变化等。

[0019] 术语关于震动质量的振动运动的“监测”应在最广泛的意义上理解,这尤其在权利要求中、优选在说明书中涉及:对描述或表征振动运动的变量(例如位置、速度、加速度或震动质量的运动的其他时间上导出的变量)至少部分连续地进行探测、求取、感测等。此外,术语关于振动运动的“监测”同样尤其在权利要求中、优选在说明书中应如此理解:如果探测到或求取或出现可预给定的或预给定的变化,则进行执行动作等。

[0020] 术语关于振动运动的相位或幅度的“调节”尤其在权利要求中、优选在说明书中应理解为至少暂时地(zeitweise)、尤其连续地匹配相位和/或幅度,以提供和/或维持震动质量的期望的、定义的或预给定的振动运动。

[0021] 术语关于控制电压的相位的信号的“耦合”尤其在权利要求中、优选在说明书中应理解为与控制电压的相位对应的产生的信号。术语关于控制电压的相位的“耦合”尤其不应理解为通过相位耦合器的相位耦合。

[0022] 借此实现的优点之一是,借此能够借助相应的时钟电压以直接方式使震动质量上的电势保持恒定。这降低高压调节电路对带宽的要求,整体上降低电容式MEMS传感器的结构空间并减少电流消耗。可偏转布置的震动质量尤其可以弹性地支承。

[0023] 下面描述或由此公开本发明的其他特征、优点和其他实施方式。

[0024] 根据一种有利的扩展方案,监测震动质量的振动运动并且如此匹配时钟控制的控制电压,以维持震动质量的定义的振动运动。借此实现的优点之一是:简单且快速地对变化作出反应地调节震动质量的振动运动。

[0025] 根据另一有利的扩展方案,检测震动质量的振动运动的相位和/或幅度,并且调节时钟控制的控制电压的相位和/或幅度,以提供震动质量的定义的振动运动。借此能够以特别简单且可靠的方式调节震动质量的振动运动。

[0026] 根据另一有利的扩展方案,产生与时钟控制的控制电压的相位耦合的控制信号,通过该控制信号发动电存储元件进行有针对性的充电和/或放电。借此能够以简单且同时可靠的方式提供相应于时钟的、有针对性的充电和/或放电。

[0027] 根据另一有利的扩展方案,将在震动质量上的待补偿的电荷确定为震动质量的振

动运动的幅度、时钟控制的控制电压的大小与电容的与偏转相关的操纵敏感度的乘积,并且将对于电存储元件的充电电流确定为震动质量的振荡器的双倍谐振频率与待补偿的电荷的乘积。借此实现的优点之一是:简单地确定待补偿的电荷和存储元件的充电电流。

[0028] 根据MEMS传感器的一种有利的扩展方案,电路装置包括与震动质量连接的至少一个电荷泵。借此能够以可靠的方式在震动质量上提供电荷并因此提供定义的电势。

[0029] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,电路装置构造用于:监测震动质量上的电势,并且相应于预给定的参考电压对其进行调节。借此能够以简单的方式确定震动质量上的电势,并在必要时进行匹配。

[0030] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,用于提供时钟控制的控制电压的驱动装置包括用于监测震动质量的振动运动的电路装置,尤其是用于求取震动质量的振动运动的幅度和/或相位的变化的电路装置。借此实现的优点之一是可靠地匹配时钟控制的控制电压。

[0031] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,驱动装置包括用于调节时钟控制的控制电压的幅度和/或相位的至少一个幅度调节器和/或相位调节器,以维持震动质量的定义的振动运动。借此实现的优点之一是灵活地匹配时钟控制的控制电压。

[0032] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,驱动装置与补偿装置连接,且驱动装置构造用于相应于控制电压的时钟向补偿装置传递控制信号,其中,补偿装置构造用于相应于控制信号对存储元件进行有针对性的充电和/或放电。对此的优点是快速、可靠和简单地补偿震动质量上的电势波动。

[0033] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,补偿装置包括用于对电存储元件进行充电的至少一个电流源和用于对电存储元件进行放电的至少一个开关,并且其中,可以通过驱动装置的控制信号来操纵至少一个开关。对此的优点是简单地实现补偿装置。

[0034] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,电存储元件构造成无源的电存储元件的形式,尤其构造成电容器。对此的优点是能够实现特别成本有利且简单的电能储存。

[0035] 根据MEMS传感器的另一有利的扩展方案,至少一个电流源包括具有电流输出端的数/模转换器,其构造用于提供多个可选择的电流发生器。对此的优点是在成本有利的结构的情况同时对存储元件进行可靠且快速的充电。

[0036] 根据另一有利的扩展方案,MEMS传感器以陀螺仪的形式构造。对此的优点是,提供可特别可靠运行的且成本有利的陀螺仪。

[0037] 本发明的其他重要特征和优点从从属权利要求、附图和所属的附图描述中得出。

[0038] 可以理解,在不脱离本发明的范畴的情况下,上面提到的特征和下面还要阐述的特征不仅能够以相应的指定的组合使用,而且能够以其他组合使用或单独使用。

附图说明

[0039] 本发明的优选实施方式在附图中示出并且在以下说明书中更详细地阐述,其中,相同的附图标记表示相同、相似、或功能上相同的部件或元件。

[0040] 在此示出:

[0041] 图1示出根据本发明的一种实施方式的MEMS传感器;

[0042] 图2示出根据本发明的一种实施方式的MEMS传感器中不同位置处的不同形式的电

压信号；

[0043] 图3示出根据本发明的一种实施方式的方法的步骤。

具体实施方式

[0044] 图1示出根据本发明的一种实施方式的MEMS传感器。

[0045] 在图1中示意性地示出对于阐述本发明至关重要的、MEMS传感器1的部件。MEMS传感器1包括可偏转布置的、在此弹性地支承的震动质量5a,所述震动质量可以被激励在至少一个第一空间方向上进行振动运动,且所述震动质量的偏转在至少一个第二空间方向上能够被电容式地检测到。第一空间方向和第二空间方向在此也可以相同。此外, MEMS传感器1包括:电路装置4,其用于在震动质量5a上提供定义的电势;激励装置,其包括用于对震动质量5a进行电容式激励的驱动电极20a、21a,所述驱动电极与震动质量5a上的对电极(Gegenelektroden) 20b、21b共同作用,以借助时钟控制的控制电压10、11进行振动运动;驱动装置2,其用于提供时钟控制的控制电压10、11;和补偿装置3,其具有电存储元件3a。补偿装置3与震动质量5a连接并且如此构造,使得通过相应于时钟控制的控制电压10、11对存储元件3a进行有针对性的充电和/或放电,补偿由控制电压10、11引起的震动质量5a上的电势的波动。

[0046] 驱动装置2在此包括具有电流/电压转换器2a和其他电构件2b、2c的测量电路。驱动装置2一方面与驱动电极20a、21a连接,所述驱动电极与震动质量5a上的相应的对电极20b、21b形成相应的电容。这用于借助相应的电压激励震动质量5a尤其进行谐振振动。驱动装置2还与测量电极22a、23a连接,所述测量电极又与在震动质量5a上的相应的测量对电极22b、23b分别形成电容并且用于测量或检测MEMS元件5的震动质量5a的位置或者偏转。该位置信息或偏转信息由相位控制装置12和幅度控制装置14使用,以便产生合适的时钟控制电压10、11,借助该时钟控制电压可以产生或者维持震动质量5a的定义的振动运动。在此,幅度控制装置14构造用于提供可变的电压,以便匹配震动质量5a的振动的幅度。

[0047] 相位控制装置12用于以预给定的时钟保持振动运动。借助幅度控制装置14和相位控制装置12产生时钟控制的矩形的控制电压信号10、11,其被施加到电极20a、21a上。此外,相位控制装置12提供信号,尤其脉冲信号12a,该信号被传递给补偿装置3。

[0048] 补偿装置3具有与具有电流输出端的数/模转换器3b连接的电容器3a。数/模转换器3b尤其具有用于选择电流发生器以对电容器3a进行充电的接口。由用作电流源的数/模转换器3b提供的电流(在下文中称为I_DAC)有利地与通过震动质量5a及其激励装置形成的振荡器的各种参数匹配,例如匹配于目标平衡幅度运动(Zielgleichgewichtsamplitudenbewegung)、谐振频率、激励敏感度、品质因数等。此外,布置有开关3c,借助该开关能够实现电容器3a的放电。在此通过相位控制装置12的脉冲信号12a如此控制开关3c,使得电容器3a与用于驱动电极20a、21a的时钟控制的——在此为矩形的——控制电压同步地进行放电。

[0049] 电路装置4在此构造为闭环调节回路并且包括电荷泵4a,电荷泵在输入侧与误差放大器4c连接。该闭环调节回路4如此构造,使得在震动质量5a上提供通过参考电压V_{ref}预给定的、定义的电势。如上所述,震动质量5a上的对电极20b、21b与驱动电极20a、21a相互作用,且震动质量5a上的测量对电极22b、23b与测量电极22a、23a相互作用。误差放大器4c产生用于电荷泵4a的控制信号,该电荷泵在MEMS元件5的震动质量5a上提供高电压,并且通过

分压器4b和误差放大器4c获得相应的反馈。在另一实施方式中,电路装置4可以构造为具有仅一个电荷泵4a的开放系统。

[0050] 驱动装置2、补偿装置3和闭环调节回路4现在如此合作:当给驱动电极20a、20b通过驱动装置2相应地时钟控制地施加电压Vdrive时,通过补偿装置3使电容器3a上的电荷Qcg在控制电压的一个时钟期间等于为了使震动质量5a上电势保持恒定所需的电荷Qdrive。为此,可以相应地匹配通过数/模转换器3b提供的用于对电容器3a进行充电的电流I_DAC:

$$[0051] \quad Q_{cg} = I_{DAC} / (f_{dr} * 2) = Q_{drive} = x_{dr} * V_{drive} * S_a$$

[0052] 在此有

[0053] I_{DAC} = 数/模转换器的电流强度,单位[A];

[0054] f_{dr} = 通过震动质量形成的振荡器的MEMS谐振频率,单位[Hz];

[0055] S_a = 操纵敏感度电容/偏转,单位[F/m];

[0056] x_{dr} = 震动质量的运动的幅度,单位[m];

[0057] V_{drive} = 驱动器控制电压,单位[V]。

[0058] 通过以控制电压10、11的时钟闭合开关3c对电容器3a进行放电。在此,从震动质量5a分别流出与如下情况一样多的电荷:通过时钟控制的控制电压的激励脉冲短暂地附加地施加到震动质量5a上。在开关3c断开时,即在两个脉冲信号12a之间,对电容器3a分别再次进行充电,更准确地说,以通过控制电压10、11的控制脉冲待预期的电荷Qdrive进行充电。由此,通过控制电压10、11的控制脉冲决定的、震动质量5a上的电势变化能够被补偿,更准确地说,独立于闭环调节回路4。如果控制电压10、11的控制脉冲在震动质量5a的最大偏转处进行,则该电势波动特别强烈。在任何情况下,通过控制电压10、11的控制脉冲决定的、震动质量5a上的电势仅表现出短暂的扰动,然后恢复到目标电势。

[0059] 相应的电压的性能在下图2中示出。

[0060] 图2示出根据本发明一种实施方式的MEMS传感器中不同位置处的不同形式的电压信号。

[0061] 在图2中示出各种信号变化过程作为电压101随时间100的变化,其中,该图示还说明这些信号变化过程之间的时间关系。在上部区域中示出用于驱动电极20a的电压信号10的时间变化过程,其下方是用于驱动电极21a的电压信号11的时间变化过程。再次在其下方,示出相位控制装置12的控制信号12a的时间变化过程。在控制信号12a的变化过程的下方示出电容器3a的充电电压13的变化过程,并且再次在该变化过程的下方示出可偏转的震动质量5a上的电势的时间变化过程。电压信号10、11在此具有矩形的变化过程,其中,它们彼此相反,即电压信号10具有相对于电压信号11的180°的相位移动。在此,矩形的电压信号10、11的频率相应于震动质量5a的谐振频率。

[0062] 控制信号12a由确定大小的短时间的单个脉冲组成,单个脉冲对应于矩形的电压信号10、11的每个边沿变换。对电容器3a在控制信号12a的每个单个脉冲时进行放电并且在这些单个脉冲之间又进行充电。与此相应地,补偿装置3的电容器3a上的电压13分别在控制信号12a的单个脉冲之间相应地升高,以便在每个单个脉冲下又下降到零;总的来说,电压13的变化过程是锯齿形的。震动质量5a上的电势具有定义的大小,但在控制信号10和11的每个边沿变换时“峰型地(peakförmig)”地上升。借助补偿装置3,震动质量5a上的电势立

即又下降到其先前的大小,这在此用实线示出。虚线示出当补偿装置3关闭时震动质量5a上的电势变化过程。在这种情况下,震动质量5a上的电势在一定时间段之后才基本上呈指数下降,这受闭环调节回路4的带宽所限制。

[0063] 图3示出根据本发明的一种实施方式的方法的步骤。

[0064] 在图3中示出一种用于运行电容式MEMS传感器的方法。方法在此包括以下步骤:

[0065] 在第一步骤S1中,在MEMS传感器的可偏转布置的震动质量上提供定义的电势。

[0066] 在第二步骤S2中,借助时钟控制的控制电压来电容式激励震动质量的振动运动。

[0067] 在进一步的步骤S3中,通过相应于时钟控制的控制电压的时钟对连接到震动质量上的电存储元件进行有针对性的充电和/或放电,补偿由时钟控制的控制电压决定的、在震动质量上所提供的电势的波动。

[0068] 综上所述,本发明的实施方式中的至少一个具有以下优点中的至少之一:

[0069] • 高压调节电路不必通过其电荷泵立即进行电荷均衡;

[0070] • 高压调节电路的低功耗;

[0071] • 高压调节电路的较低的所需带宽;

[0072] • 简单的制造;

[0073] • 更紧凑的结构空间。

[0074] 尽管已经基于优选的实施例描述本发明,但本发明不限于此,而是能够以多种方式修改。

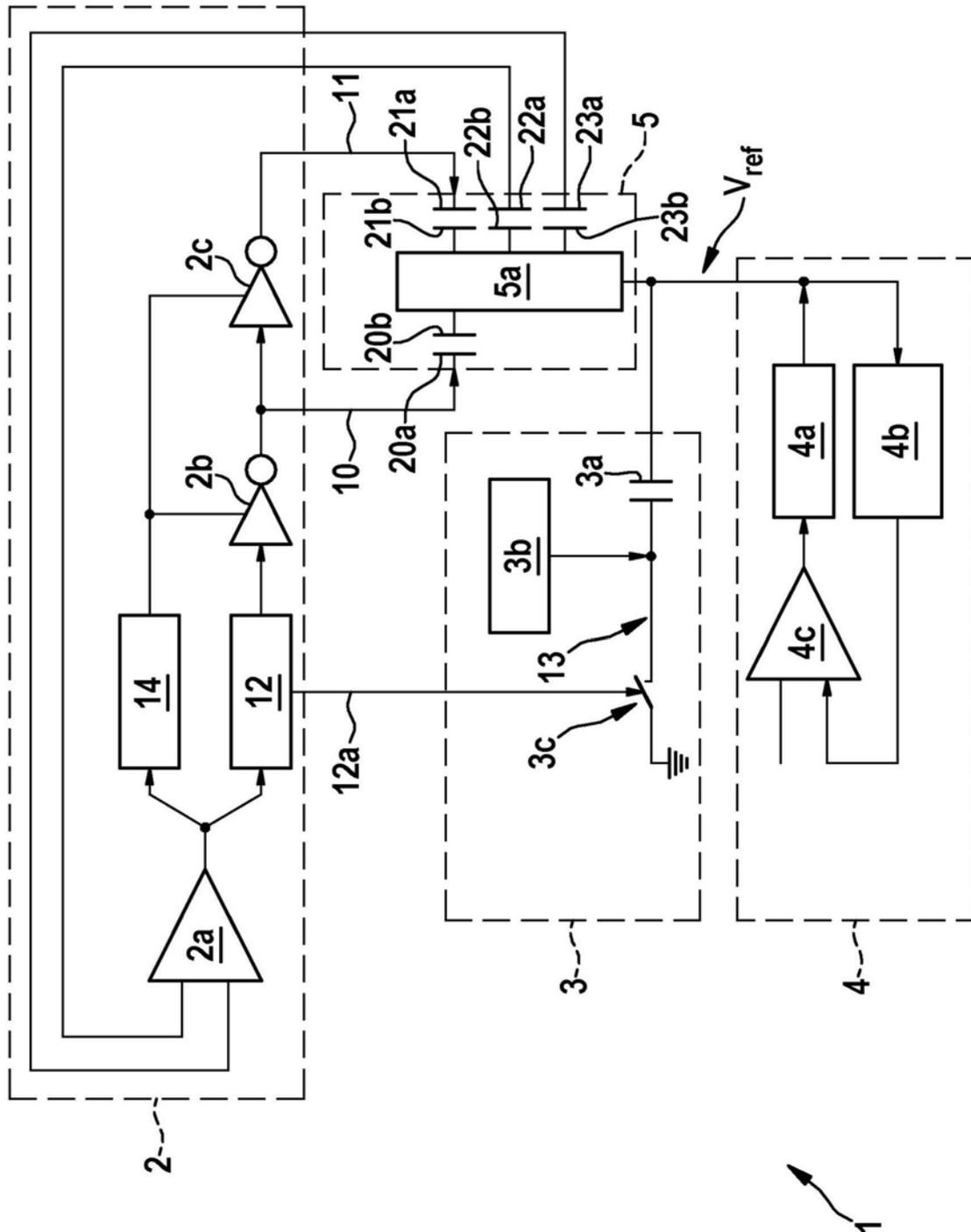


图1

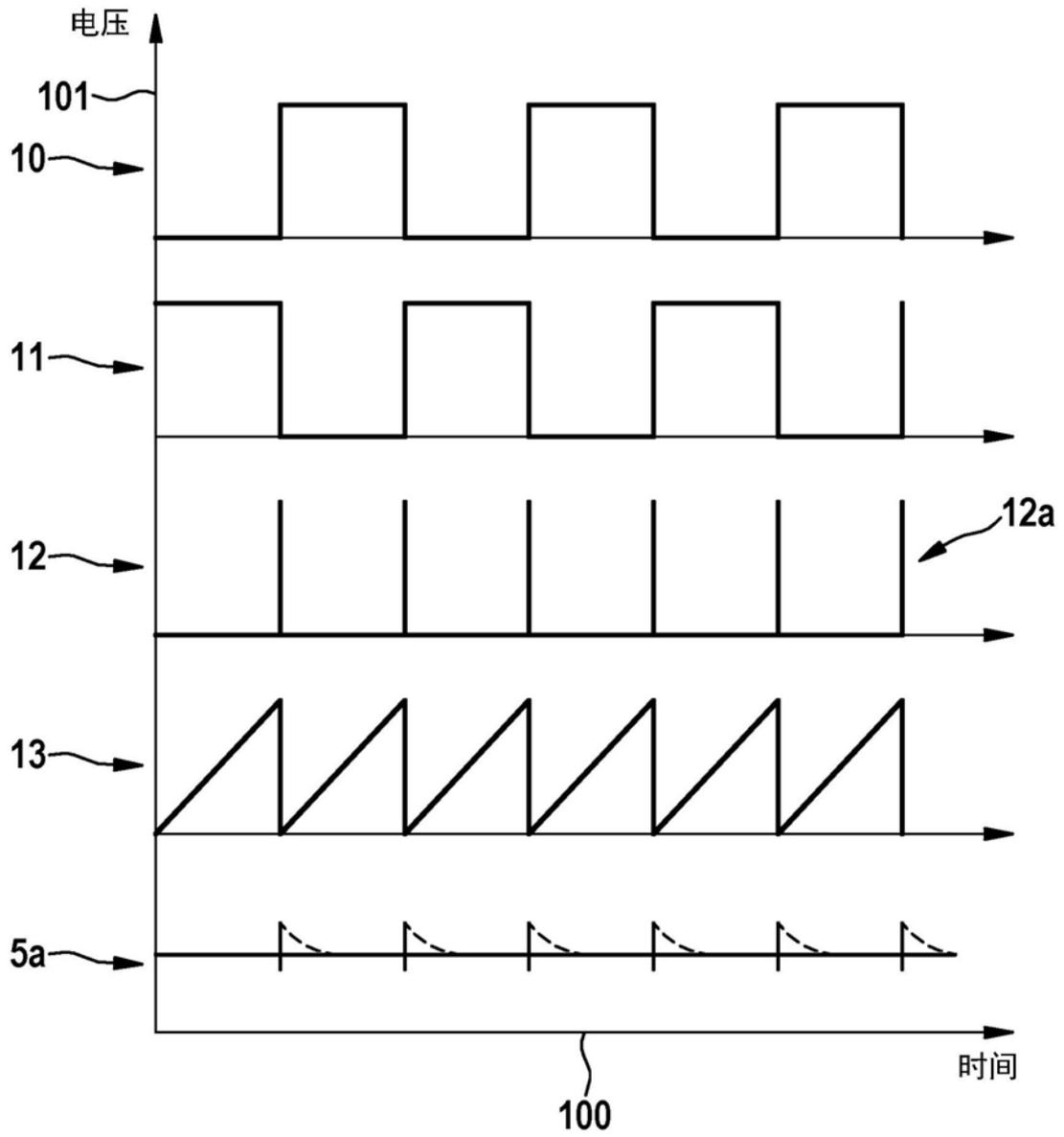


图2

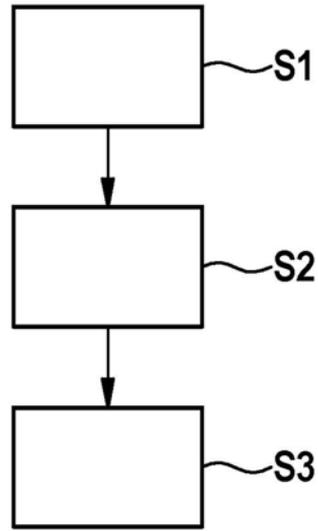


图3