



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102292648 B

(45) 授权公告日 2015.06.03

(21) 申请号 201080005267.X

(22) 申请日 2010.02.08

(30) 优先权数据

12/392,638 2009.02.25 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011.07.25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/023444 2010.02.08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/098967 EN 2010.09.02

(73) 专利权人 艾沃思宾技术公司

地址 美国亚利桑那

(72) 发明人 P·G·马泽 J·M·斯劳特

(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 11038

代理人 刘偶

(51) Int. Cl.

G01R 33/05(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101300640 A, 2008.11.05, 全文.

US 7054188 B2, 2006.05.30, 全文.

CN 101233421 A, 2008.07.30, 说明书第34-36段, 第38段, 第52段, 第58段, 第62段, 第64段, 图1, 4, 19, 24, 26, 27.

蔡建旺. 磁电子学器件应用原理. 《物理学进展》. 2006, 第26卷(第2期), 180-227页.

审查员 姜楠

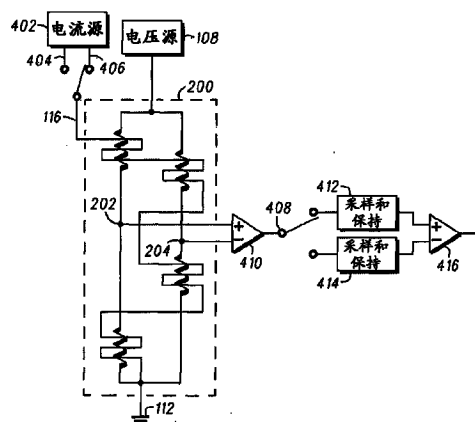
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

磁场感测器件

(57) 摘要

一种用于确定磁场强度的磁场感测器件, 包括被配置成电桥(200)的四个磁隧道结元件或者元件阵列(100)。电流源耦合到设置在四个磁隧道结元件(100)中的每个附近的电流线路(116), 用于选择性地提供在时间上间隔开的第一和第二电流。耦合到电流源的采样电路(412、414)在第一和第二电流期间对电桥输出进行采样, 并根据第一和第二值的差确定磁场值。



1. 一种用于感测磁场的传感器,包括:
至少一个感测元件,其包括铁磁感测层,并且具有至少一个感测元件输出端子;
电压源,被配置用于跨所述感测元件施加电压;
至少一个电流线路,其邻近所述至少一个感测元件;
电流源,其被配置用于将可变稳定电流提供给所述至少一个电流线路以调整所述传感器的灵敏度,所述可变稳定电流包括第一电流值和第二电流值;以及
测量电路,其耦合到所述至少一个感测元件输出端子,并被配置用于测量分别对于所述第一电流值和第二电流值的第一输出值和第二输出值,从而确定所述磁场的强度。
2. 根据权利要求 1 所述的传感器,其中所述至少一个感测元件中的每一个包括磁隧道结元件的阵列。
3. 根据权利要求 1 所述的传感器,其中所述至少一个电流线路被邻近地设置在所述至少一个感测元件的相反的侧,从而从其通过的电流在所述相反的侧上在两个相反的方向上流动。
4. 根据权利要求 1 所述的传感器,其中
所述至少一个电流线路包括:
设置在每个感测元件附近的两个正交电流线路;并且
所述测量电路包括:
采样电路,所述采样电路耦合在所述至少一个感测元件输出端子之间,用于在通过第一和第二电流线路施加转换脉冲序列之前和之后对所述输出进行采样。
5. 根据权利要求 1 所述的传感器,其中
所述至少一个感测元件包括:
第一、第二、第三和第四感测元件,其被配置为具有一对电压源端子的惠斯通电桥;并且
所述至少一个感测元件输出端子包括:
一对输出端子,用于提供所述输出。
6. 根据权利要求 5 所述的传感器,其中所述第一、第二、第三和第四感测元件中的每一个包括第一、第二、第三和第四磁隧道结阵列。
7. 根据权利要求 4 所述的传感器,其中所述感测电路进一步包括:
输出电路,其耦合到所述采样电路,用于计算对于所述第一和第二电流值的第一和第二输出值的差,并用于产生表示所感测的磁场的幅值的传感器输出。

磁场感测器件

技术领域

[0001] 本发明通常涉及磁场感测器件,更具体地,涉及能够准确地感测小磁场的磁隧道结器件。

背景技术

[0002] 传感器广泛地用在现代系统中以测量或检测诸如位置、运动、力、加速度、温度、压力等物理参数。尽管存在用于测量这些和其他参数的多种不同的传感器类型,但是它们均受到各种限制。例如,诸如用在电子罗盘和其他类似的磁感测应用中的廉价的低场传感器通常包括基于各向异性磁电阻 (AMR) 的器件。为了达到所需的灵敏度和与 CMOS 配合良好的合理的电阻,这些传感器的感测单元通常在尺寸上在平方毫米量级。此外,典型地需要约 10mA 的来自大线圈的大的重置脉冲。对于移动应用,在费用、电路面积和功耗方面,AMR 传感器配置过于昂贵。

[0003] 诸如磁隧道结 (MTJ) 传感器和巨磁电阻 (GMR) 传感器的其他类型的传感器已被用于提供较小外形的传感器,但是这些传感器具有它们自身的问题,诸如灵敏度不够以及受温度改变的影响。为了解决这些问题,以惠斯通电桥 (Wheatstone bridge) 结构使用 MTJ、GMR 和 AMR 传感器以增加灵敏度并消除依赖温度的电阻改变。对于最小的传感器尺寸和成本,MTJ 或 GMR 元件是优选的。

[0004] 作为制造工艺变化的结果,这些低场的基于惠斯通电桥的磁传感器可能呈现小的但是可变的残余失调 (residual offset)。温度漂移、机械应力和器件老化可能加剧该失调。此外,传统的磁传感器具有由诸如感测层厚度、形状和通量集中器几何特征的因素而内建到器件中的灵敏度,从而限制了可用范围和线性范围。

[0005] 因此,期望提供一种廉价的低场传感器,其提供用于低场测量的分辨率,是 CMOS 兼容的,使失调最小化,并且扩大动态范围。此外,结合附图和本发明的背景,通过随后的本发明的具体实施方式和所附权利要求,本发明的其他期望的特征和特性将变得明显。

发明内容

[0006] 用于确定磁场强度的磁场感测器件包括至少一个感测元件,所述感测元件包括铁磁的感测层并且具有至少一个感测元件输出端子。至少一个电流线路设置在所述至少一个感测元件附近。电流源将可变电流提供给所述至少一个电流线路以调整传感器的灵敏度,并且测量电路耦合到感测元件输出端子,用于测量对于可变电流的输出并确定磁场强度。

[0007] 磁场感测器件的另一实施例包括被配置为惠斯通电桥的四个磁隧道结元件。电流源耦合到设置在四个磁隧道结感测元件中的每个附近的电流线路,用于有选择地提供在时间上间隔开的第一和第二电流。耦合到电桥输出信号的采样电路在第一和第二电流中的每一个处对电桥信号采样,并且根据第一和第二样本的差来确定磁场值。用于感测磁场的方法包括向电流线路提供第一电流,向电流线路提供第二电流,对于第一和第二电流中的每一个对电桥输出处的值采样,确定所述第一和第二电流期间的输出的采样之间的差,并基

于所确定的差确定测量的磁场。

附图说明

[0008] 下面将结合附图描述本发明,其中相同的附图标记表示相同的元件,并且

[0009] 图 1 是根据示例性实施例的磁隧道结器件的横截面;

[0010] 图 2 是包括四个图 1 的磁隧道结器件的惠斯通电桥;

[0011] 图 3 是图 2 的惠斯通电桥的灵敏度对稳定电流的曲线图;

[0012] 图 4 是根据示例性实施例的磁场感测器件的框图;以及

[0013] 图 5 是图 4 的示例性实施例的输出信号相对时间的曲线图。

具体实施方式

[0014] 下面的本发明的详细描述在本质上仅是示例性的,并非旨在限制本发明或者本发明的应用和使用。此外,不受前文的背景中呈现的任何理论或者下文的本发明的详细描述的约束。

[0015] 小“足印”磁传感器典型地以惠斯通电桥配置布置,其中对于电桥必须维持电路元件的电阻之间的精确平衡以在零磁场中产生最小响应。因制造工艺而出现的任何非零响应(电桥失调)必须被校准或调零掉,以产生没有错误的信号。这些失调可能响应于温度改变、机械应力或者其他效应而随部件的寿命漂移。在具有 1.0 至 5.0mV/V/Oe 的典型场响应的罗盘应用中,维持小于一度的精度意味着必须移除或校准掉错误信号当中小于 10 μ V 的失调漂移。如这里所述的,这通过设置得与惠斯通电桥的四个铁磁隧道结感测元件中的每个紧邻或邻近的电流承载线路来实现。调整通过该电流承载线路的可变稳定电流改变了对外部磁场的传感器响应。在两个不同的在时间上间隔开的稳定电流值处对传感器输出采样,并且使这两个值彼此相减以减少或消除通过感测元件电阻失衡而出现的失调和 1/f 噪声。在没有磁场的情况下的传感器输出中的失调和变化(1/f 噪声)可以被视为有效低频信号。当采样电路在高于该不需要的(并且可能是时变的)信号的频率下操作时,通过高灵敏度传感器一起感测磁场的值(强度)以及不期望的低频信号,并且在短时间后通过低灵敏度传感器再次对此两者采样。随后进行的两个值的减法将产生没有直流(DC)和时变失调(1/f 噪声)的信号,其在采样频率之下的频率处呈现。选择电流值和占空周期以使信噪比最大并且使功耗(电压)需要最小。

[0016] 结合上文概述的技术,或者在单独的 DC 测量应用中,可能存在如下的场值,对于该场值,对于稳定电流值中的一个或两者传感器响应饱和。在该情况下,可以增加稳定电流以增加感测位的整体 H_k 并且使传感器响应脱离饱和。控制电路可以检测该饱和条件,应用增加的稳定电流值,并且可以通知后续的下游电路按比例减小灵敏度校准。因此通过调整稳定电流值,较之对于 DC 或相关双采样(CDS)测量,稳定电流固定于一个或两个值的可能情况,可以提供较大的动态范围而不丧失对于低场响应的分辨率。

[0017] 在另一实施例中,参考层可以由非钉扎的合成反铁磁(SAF)层形成而非由传统的钉扎的 SAF 参考层形成。该非钉扎的 SAF 可能遭受来自在感测层上方和下方紧邻地路由的两个正交电流线路的转换(toggle)脉冲序列,以使其方向反转。在该情况下,两个电流线路将被取向为相对于参考层成约 45 度。第一转换电流脉冲将沿第一电流线路通过,并且与

该脉冲重叠地,第二转换电流脉冲将沿第二电流线路通过。第一转换电流脉冲在第二脉冲之前开始,并且第二转换电流脉冲在第一脉冲完成之后结束。结果,传感器参考层在转换脉冲序列之前和之后旋转 180 度。在两个参考层取向向下对传感器输出采样,并且使这两个值彼此相减。在该情况下,第一测量产生具有第一信号值和失调+低频项的电桥响应。随后对于参考层的相反取向再次对响应采样,产生第二信号值和相同的失调+低频项。由于磁隧道结的特质,两个信号值在符号上将是相反的但是幅值相等。于是减法产生了两倍的信号值而失调被移除。

[0018] 参照图 1,在电介质材料 118 中形成示例性磁隧道器件 100,并且磁隧道器件 100 包括通过隧道阻挡物 (barrier) 106 分隔的铁磁感测层 102 和固定铁磁性区 104。感测层 102 通过通孔 (via) 110 连接到第一传导线路 108,并且固定区 104 通过通孔 114 连接到第二传导线路 112。电流承载线路 116 位于传感器层 102 和固定区 104 两者附近的磁隧道器件 100 的相对两侧。电流 115 的方向通过 X 表示为进入纸面,并通过点 113 表示为从纸面出来,但是该方向也可以反转。尽管根据优选实施例电流承载线路 116 被示出为在感测层 102 和固定区 104 两者附近,但是应当理解,其可以仅位于感测层 102 和固定区 104 中的一个附近。在非钉扎的 SAF 实施例的情况中,电流承载线路可以由不互连的两个垂直线路组成,一个在 SAF 层上方并且一个在 SAF 层下方。在该情况下,测量期间的电流将是在如下的方向上流过一个线路的单个值,该方向使得所得到的场的投射 (projection) 是沿感测层的易轴或难轴。这些电流线路优选地与参考层钉扎方向成 45 度。为了切换参考层的方向,两个脉冲的转换序列被下发送到每个电流线路。这些脉冲中的第一个在第二个之前开始,并且存在至少 3.0 纳秒的时间重叠,之后第一脉冲被移除。第二脉冲保持略长,并且随后也被移除。

[0019] 固定磁性区 104 在本领域中是公知的,并且典型地包括设置在隧道阻挡物和反铁磁耦合间隔物层 (未示出) 之间的固定层 (未示出)。反铁磁耦合间隔物层由任何适当的非磁材料形成,例如元素 Ru、Os、Re、Cr、Rh、Cu 或者它们的组合中的至少一种。被钉扎层 (未示出) 被设置在反铁磁耦合间隔物层和可选的钉扎层之间。在非钉扎的 SAF 实施例中钉扎层被省略。感测层 102 和固定层可以由任何适当的铁磁材料形成,诸如下列中的至少一种:元素 Ni、Fe、Co、B 或者它们的合金,以及所谓的半金属铁磁体,诸如 NiMnSb、PtMnSb、 Fe_3O_4 或 CrO_2 。隧道阻挡物 106 可以是诸如 AlOx 、 MgOx 、 RuOx 、 HfOx 、 ZrOx 、 TiOx 或者这些元素的氮化物和氧氮化物的绝缘体材料。

[0020] 在示例性实施例中,电介质材料 118 可以是氧化硅、氮化硅 (SiN)、氧氮化硅 (SiON)、聚酰亚胺、或者它们的组合。传导线路 108、112,通孔 110、114,以及电流承载线路 116,优选地是铜,但是将理解,它们可以是其他材料,诸如钽、氮化钽、银、金、铝、铂、或者其他适当的传导材料。

[0021] 铁磁的固定和被钉扎层每一均具有磁矩矢量,其通常通过反铁磁耦合间隔物层保持反平行,导致所得到的磁矩矢量 132 不能自由旋转,并且其用作参考层。感测层 102 具有在存在磁场的情况下自由旋转的磁矩矢量 134。在没有施加磁场的情况下,磁矩矢量 134 沿感测层的各向异性易轴取向。

[0022] 在磁隧道器件 100 的制造期间,顺序地淀积或者以其他形式形成每个随后的层,并且可以使用半导体行业中已知的任何技术,来通过有选择的淀积、光刻加工、刻蚀等来形

成每个磁隧道器件 100。在至少铁磁传感器 102 和固定区 104 的淀积期间,提供磁场以设定优选的各向异性易轴(感生的本征各向异性)。所提供的磁场创建关于磁矩矢量 132、134 的优选的各向异性易轴。除了本征各向异性之外,具有大于 1 的高宽比(aspect ratio)的感测元件可以具有形状各向异性,并且该形状和本征各向异性的组合限定了优选地与感测元件的长轴平行的易轴。该易轴还可以被选择为与参考磁化 132 成约 30 至 90 度角。在没有通量集中器的电桥实施例中,优选在约 45 度角。

[0023] 组合四个磁隧道感测元件 100 以形成惠斯通电桥 200(图 2)。磁隧道器件 100 中的呈现的每个电阻器可以是磁隧道结感测元件的阵列,以提高可靠性和信噪比。在每个桥臂(leg)中保持流过感测元件的电流的方向如同从电压输入端 108 沿电桥的任一路径前进,电流从磁隧道结叠层的顶部流到底部或者从底部流到顶部。设置电流承载线路 116 以在四个磁隧道器件 100 中的每一个的附近提供电流。尽管电流承载线路 116 可以被设置在磁隧道器件 100 的仅一侧,但是其优选地也设置在磁隧道器件 100 的相反侧,从而使对于给定的电流施加的有效场倍增。例如,图 1 示出了进入纸面(由 X 表示)并且从纸面出来(由点表示)的电流。图 2 通过跨每个磁隧道器件 100 的电流承载线路 116 的 Z 字形样式示出了相反的电流方向。在电压源端子 108 和 112 之间电桥被提供以恒压偏置。在节点或输出 202 和 204 处跨电桥的中部以差分方式测量传感器响应。这里描述的相关双采样可以应用于各种电桥取向,在美国专利申请 No. 12/055,482 中可以找到一个示例,该申请被受让于本申请的受让人。

[0024] 图 3 的曲线图图示了作为流过电流承载线路 116 的稳定电流的函数的传感器响应(灵敏度)。如果在利用具有 0.01mV 的分辨率的 12 位模数转换器(ADC)感测传感器输出,则 500e 信号 302 将使对于约 40mA 之下的稳定电流的响应饱和。然而,在 40mA 的稳定电流的情况下,仅使用 11 位来表示 200e 场 304,因此处于这样的场水平的分辨率不是尽可能高的。此外,对于低稳定电流,感测元件响应将较早饱和,并且因此,可测场范围将随稳定电流下降。对于最优响应,控制磁感测电路的电路(未示出)将检测何时接近饱和(分辨率限制)点,并切换到较高(较低)的稳定电流,并且提供适当的输出信号到测量场的比例因子转换。在另一实施例中,可以通过施加两个不同的稳定电流来检测依赖于稳定电流的场响应,并且可以通过使两个采样值相减来确定场值。

[0025] 参照图 4,由电流源 402 在输入端 404、406 处在两个预设值之间切换施加到惠斯通电桥 200 的电流承载线路 116 的稳定电流,并且将其提供给包括放大器 410、416 以及采样和保持(S 和 H)电路 412、414 的输出电路。在每一值处,对差分放大器 410 的输出(输出端子 408)采样。这些值优选地约为 2.5mA 和 20mA,但是依赖于几何特征,并且可以针对最优功耗进行调整。利用公知的 S 和 H 技术保持相应的值直至两个值均出现。优选地,在选择每个 S 和 H 电路 412、414 之前约 2 毫秒选择电流值 502(图 5),并且在切换电流源之前约 0.5 毫秒将每个 S 和 H 电路 412、414 断开连接。在 t_1 和 t_2 (图 5)处对传感器响应(例如,对于 100e 场的 504 和对于 -100e 场的 506)进行采样,并且通过差分放大器 420 使用通过差分放大器 416 测量的所得到的差来确定测量的场值。该方法具有减除电桥响应中存在的任何失调(由于在两个信号中均存在失调)的优点。由于采样频率可以被设定为仅受传感器 RC 时间常数限制的高频值,因此可以快速地(100KHz)获取两个信号,并且还将减除任何低频噪声。该性质对于基于隧道结的磁传感器特别重要,这种磁传感器的噪声具有

强的 $1/f$ 特性,其具有 1-10KHz 处的转角,其后噪声响应变换为依赖于频率的约翰逊噪声 (Johnson noise)。只要采样频率在 $1/f$ 噪声转角之上,则信噪比将仅受约翰逊噪声限制。在期望低频或 DC 场的测量的情况下,这变得极为有用,作为使测量移到磁传感器的更无噪声的高频率响应区中的手段。此外,对于 DC 场的测量,通常更新速率是相当低的(典型地,在 10Hz 的范围内),因此,简短的测量可以导致非常低的占空周期,并且使功耗减少 1000 倍或更多。所述两个值处的稳定电流可以是单极性的 (20mA、5mA) 或者双极性的 (+5mA、-5mA 或 -5、+20mA),但是单极性设计是优选的,原因在于存在较好的失调减除,并且在电路中实现起来更简单,并且更能容忍参考层钉扎中的工艺变化。替代地,或者在电流源的以及 S 和 H 的切换之间的延迟之外,可以使用 RC 滤波器来抑制瞬态现象。

[0026] 尽管前面的本发明的详细描述已经呈现了至少一个示例性实施例,但是应认识到,存在大量的变型。还应认识到,示例性实施例仅是示例,并不意图以任何方式限制本发明的范围、适用性或配置。相反,前面的详细描述将向本领域的技术人员提供用于实现本发明的示例性实施例的便利的路线图,应当理解,可以对在示例性实施例中描述的元件的功能和布置进行各种改变而不偏离如所附权利要求中阐述的本发明的范围。

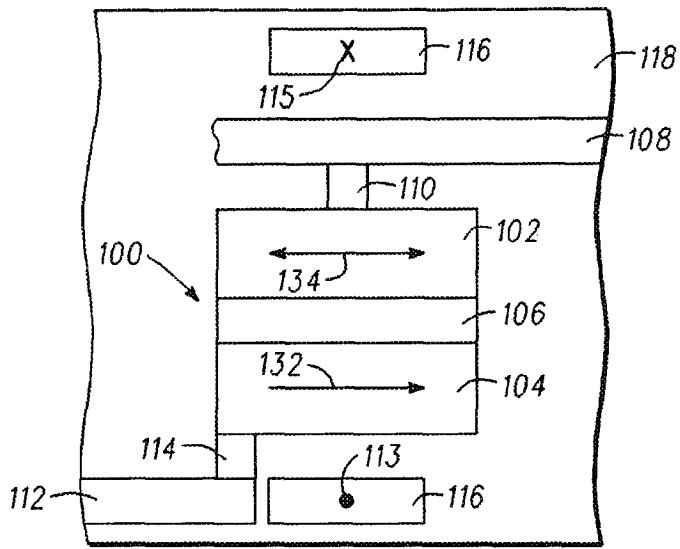


图 1

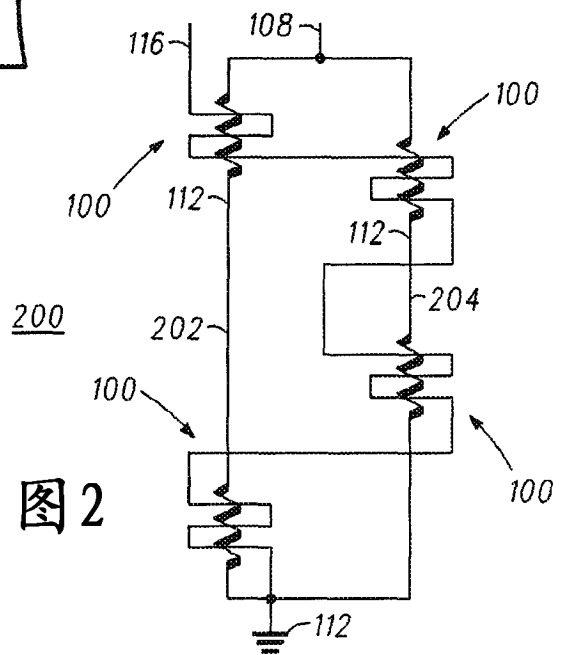


图 2

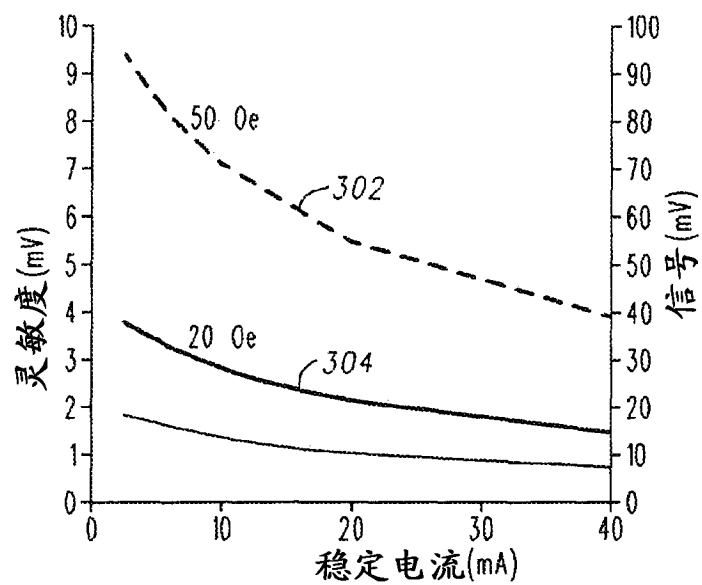


图 3

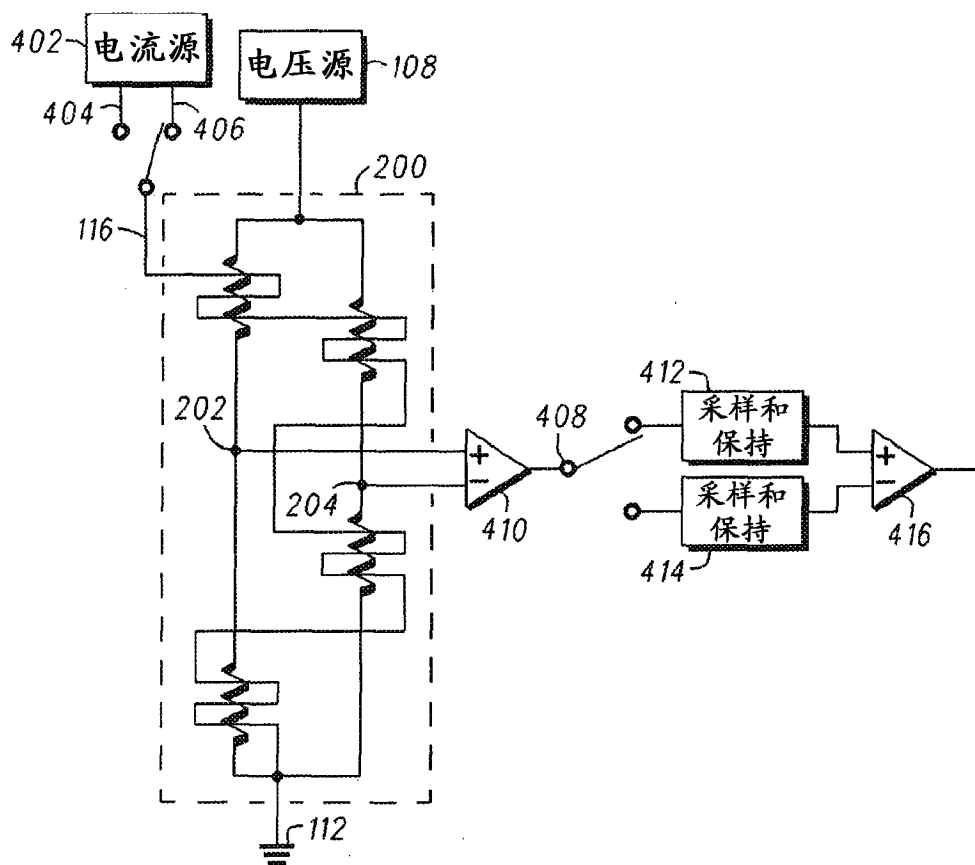


图 4

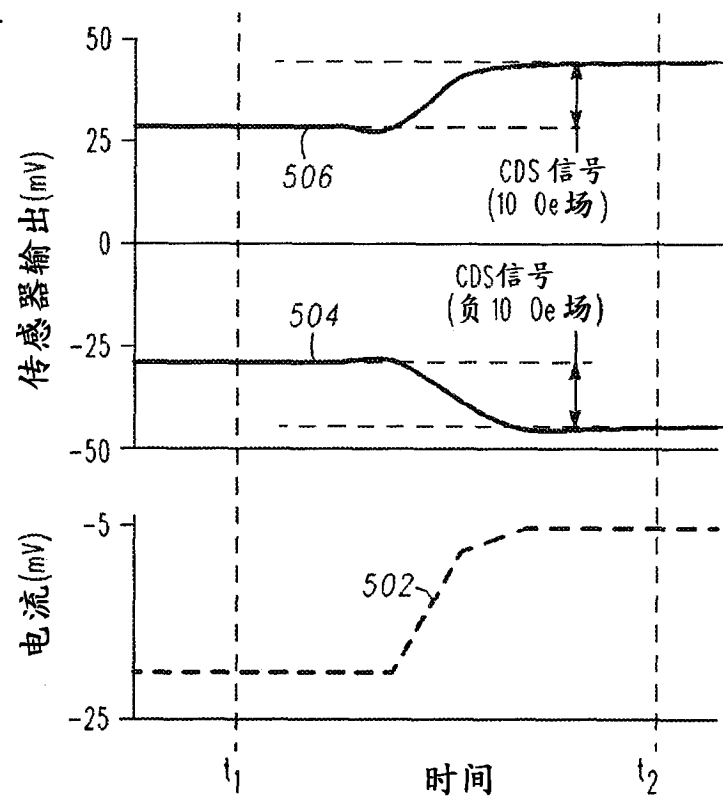


图 5