



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102410848 B

(45) 授权公告日 2015.02.04

(21) 申请号 201110213647.9

US 5834709 A, 1998. 11. 10,

(22) 申请日 2011.07.28

US 2002/0005717 A1, 2002. 01. 17,

(30) 优先权数据

US 6831456 B2, 2004. 12. 14,

10171416.0 2010.07.30 EP

JP 特开 2004-14012 A, 2004. 01. 15,

(73) 专利权人 NXP 股份有限公司

审查员 张瀛

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 金·范乐

弗雷德里克·W·M·凡黑尔蒙特

亚普·鲁伊戈罗克

安德烈亚斯·B·M·扬斯曼

罗伯特·H·M·范费尔德温

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.

G01D 5/12(2006.01)

H01L 43/08(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101663564 A, 2010.03.03,

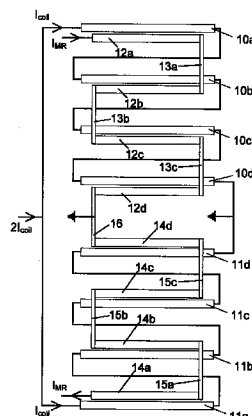
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

磁阻传感器

(57) 摘要

公开了一种磁阻传感器,包括第一和第二磁阻元件。每个磁阻元件在各自的第一端处耦接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d,14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d,11a-11d)上面。第一和第二磁阻元件中每一个的磁阻段(12a-12d,14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同。



1. 一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括第一和第二磁阻元件,每个磁阻元件在各自的第一端处耦接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d,14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d,11a-11d)上面,其中,第一和第二磁阻元件中每一个磁阻元件的磁阻段(12a-12d,14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同,其特征在于,每一个磁阻元件通过隔离层与载体衬底分离,选择隔离层的厚度,使得所述磁阻元件的总电阻与所述磁阻元件和衬底之间的电容的乘积小于激励线圈所承载的激励电流的频谱中最高频率的倒数。

2. 一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括第一和第二磁阻元件,每个磁阻元件在各自的第一端耦接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d,14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d,11a-11d)上面,其中,第一和第二磁阻元件中每一个磁阻元件的磁阻段(12a-12d,14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同,其特征在于,所述激励线圈包括电并联连接的第一和第二激励线圈元件,第一和第二磁阻元件的磁阻段(12a-12d,14a-14d)分别位于第一和第二激励线圈元件中的相应的激励线圈元件上面,其中每一个磁阻元件通过隔离层与载体衬底相分离,选择隔离层的厚度,使得所述磁阻元件的总阻抗与所述磁阻元件和衬底之间的电容的乘积小于由激励线圈承载的激励电流的频谱中最高频率的倒数。

3. 一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括第一和第二磁阻元件,每个磁阻元件在各自的第一端耦接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d,14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d,11a-11d)上面,其中,第一和第二磁阻元件中每一个磁阻元件的磁阻段(12a-12d,14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同,其特征在于,第一和第二磁阻元件中每一个包括相同数目的磁阻段(12a-12d,14a-14d),这些磁阻段配置为使得相同磁阻元件中的相邻磁阻段(12a-12d,14a-14d)在使用中沿着相反方向传导偏置电流,并且所述激励线圈配置为使得激励线圈的每个段(10a-10d,11a-11d)在使用中沿着相同方向传导激励电流。

4. 根据任一前述权利要求所述的磁阻传感器,其中第一和第二磁阻元件相同。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的磁阻传感器,其中第一和第二磁阻元件中的每一个的第二端耦接至相应的第一和第二输出端子。

6. 根据权利要求5所述的磁阻传感器,其中用于在第一和第二磁阻元件中提供偏置电流的偏置电流源(23)耦接在第一和第二输出端子之间。

7. 根据权利要求5所述的磁阻传感器,其中在第一和第二磁阻元件中的每一个中分别提供偏置电流的第一和第二偏置电流源(44a、44b)分别耦接在公共接地端子与第一和第二输出端子中相应的输出端子之间。

8. 根据权利要求1至3或6、7中任一项所述的磁阻传感器,其中所述激励线圈在每一端均与用于在激励线圈中提供激励电流的激励电流源(41)耦接。

9. 根据权利要求1至3或6、7中任一项所述的磁阻传感器,其中所述激励线圈在沿其长度的中点处耦接至接地端子。

10. 根据权利要求 9 所述的磁阻传感器,其中用于在激励线圈中提供激励电流的第一和第二激励电流源 (41a、41b) 分别耦接在接地端子和激励线圈的相应端之间。

11. 根据权利要求 1、2、6、7 中任一项所述的磁阻传感器,其中第一和第二磁阻元件 (30a、30b) 包括相同偶数个数的排列成对的磁阻段 (32a-32d, 34a-34d), 所述磁阻段 (32a-32d, 34a-34d) 配置为使得成对磁阻段中的每一个磁阻段 (32a-32d, 34a-34d) 在使用中沿彼此相反的方向传导偏置电流, 并且所述激励线圈 (31) 配置为使得相对于与第二磁阻元件 (30b) 的磁阻段 (34a-34d) 相对应的段 (38c、38d), 与第一磁阻元件 (30a) 的磁阻段 (32a-32d) 相对应的段 (38a、38b) 在使用中沿相反的方向传导激励电流。

12. 根据权利要求 5 所述的磁阻传感器,其中第一和第二磁阻元件 (30a、30b) 包括相同偶数个数的排列成对的磁阻段 (32a-32d, 34a-34d), 所述磁阻段 (32a-32d, 34a-34d) 配置为使得成对磁阻段中的每一个磁阻段 (32a-32d, 34a-34d) 在使用中沿彼此相反的方向传导偏置电流, 并且所述激励线圈 (31) 配置为使得相对于与第二磁阻元件 (30b) 的磁阻段 (34a-34d) 相对应的段 (38c、38d), 与第一磁阻元件 (30a) 的磁阻段 (32a-32d) 相对应的段 (38a、38b) 在使用中沿相反的方向传导激励电流。

13. 根据权利要求 12 所述的磁阻传感器,其中第一磁阻元件 (30a) 的第一端经由第一镇流电阻器 (36) 与公共接地端子相连, 并且第二磁阻元件 (30b) 的第二端经由第二镇流电阻器 (37) 与第二输出端子相连。

14. 根据权利要求 13 所述的磁阻传感器,其中第一和第二镇流电阻器 (36、37) 具有相同的电阻值。

15. 一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括磁阻元件,所述磁阻元件在第一端处与接地端子相连, 并且包括一对或多对磁阻段 (50a、50b), 每一个磁阻段位于激励线圈的相应段 (51a、51b) 上面, 其中每一对磁阻段 (50a、50b) 配置为使得在使用中, 偏置电流在该对磁阻段的每一个磁阻段 (50a、50b) 中沿彼此相反的方向流动, 其特征在于所述激励线圈配置为使得在使用中激励电流沿相同的方向流过所述激励线圈的每一个段 (51a、51b)。

16. 根据权利要求 3、6、7、10 或 12 至 15 中任一项所述的磁阻传感器,其中每一个磁阻元件通过隔离层与载体衬底相分离, 选择隔离层的厚度, 使得所述磁阻元件的总阻抗与所述磁阻元件和衬底之间的电容的乘积小于由激励线圈承载的激励电流的频谱中最高频率的倒数。

磁阻传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及磁阻传感器。

背景技术

[0002] 各向异性磁阻 (AMR), 或简单地说, 磁阻 (MR) 传感器, 用于多种机动应用中。例如, 这些传感器用作节流阀中的角度传感器、自动刹车系统 (ABS) 中的转速传感器、自动化或自动传动系统、以及安全系统中的运动传感器。

[0003] 近年来, 存在使传感器小型化并且降低传感器成本的要求, 同时提高与大型磁阻 (GMR) 技术竞争的性能。传统 AMR 转速传感器最大的元件是粘合在封装外部的偏置磁体 (biasing magnet)。该偏置磁体的成本相当高。偏置磁体用于向传感器提供偏置磁场, 稳定磁畴, 以及防止磁化反转 (flipping)。AMR 传感器通常还配置有在元件上延伸的金属线, 金属线被称作螺旋条纹体, 用于使传感器信号线性化。

[0004] 存在执行这些功能而无需偏置磁体的多种提议。这些提议包括超外差和差分超外差原理, 在这些原理中, 将由沿着与传感器条垂直的方向 (Y 方向) 由集成线圈产生的交流 (a. c.) 激励场与使用磁阻传感器元件的非线性特性的 a. c. 外场 (要测量的) 进行混合。线圈是直接位于磁阻元件之上的、通过薄的非磁绝缘层分离的直的导体层。线圈沿着与磁阻传感器元件纵轴垂直的方向在磁阻传感器元件平面中产生磁场。

[0005] 图 1 示出了这种传感器, 包括: 下层, 具有三个平行的行, 每行三个与连接 2 电串联的磁阻段 1; 以及上层 (与下层分离), 其中形成线圈 3。线圈所产生的磁场由标记为“H”的箭头示出, 并且在截面中可以清楚看到。为了产生磁场, 使 a. c. 激励电流通过线圈 3。磁阻元件的一端耦接至地, 另一端耦接至输出端子。

[0006] 在超外差原理中, 使激励电流 (频率是要检测的外场的频率的大约 10 倍) 流经线圈, 以在磁阻传感器元件上创建 a. c. 激励场。该场在磁阻元件内部与外场混合 (通过它们的二次传递函数 - 电阻变化是沿着 Y 方向所施加的磁场的二次函数)。

[0007] 在混合之后, 得到的信号的频谱具有 d. c. 分量和在频率 $\omega_{exc} - \omega_{ext}$ 、 $\omega_{exc} + \omega_{ext}$ 和 $2\omega_{exc}$ 处的分量 (其中, ω_{ext} 和 ω_{exc} 分别表示要检测的外场和线圈所创建的激励场的频率)。在滤除 $2\omega_{exc}$ 的频率分量之后, 信号包含 $\omega_{exc} - \omega_{ext}$ 和 $\omega_{exc} + \omega_{ext}$ 处传达有用信息的频谱分量。然后, 该信号再次与适合频率上的信号相混合, 以使这两个分量之一达到基带频率范围内, 然后可以容易地提取与外场相对应的信号。

[0008] 在差分超外差原理中, 与超外差原理的那些传感器结构相同的两个传感器结构彼此靠近地放置, 并且在两个线圈中流过的激励电流方向相反, 以便在激励磁场中创建 180 度的相位差。在磁阻元件中混合之后, 减去来自两个传感器结构的信号, 以得到只包含两个边带分量 $\omega_{exc} - \omega_{ext}$ 和 $\omega_{exc} + \omega_{ext}$ 以及直流 (d. c.) 分量的信号。可以与超外差原理中相同的方式 (即, 通过混频) 来提取有用信息, 而不必使用带通滤波器。

[0009] 对于超外差和差分超外差方法而言, 有用信息被两个分量 $\omega_{exc} - \omega_{ext}$ 和 $\omega_{exc} + \omega_{ext}$ 传达。非常重要的一点是, 不应该有任何干扰频率分量进入或接近该带宽。

[0010] 这些方法具有许多优点。例如,这些方法是高度灵敏的,不需要偏置磁体或螺旋条纹体,输出信号没有偏移,这些方法与温度无关,并且具有宽动态范围的输入场幅度。

[0011] 然而,利用超外差和差分超外差方法存在问题。具体地,在 ω_{exc} 处存在较强频率分量,该较强频率分量位于两个有用频率分量 $\omega_{exc} - \omega_{ext}$ 和 $\omega_{exc} + \omega_{ext}$ 的中间,并且不包含有用信息。这种干扰分量由于线圈与磁阻元件之间的不期望电容性和/或电感性耦合而出现。

[0012] 在图 2 中示出了导致电容性耦合机制的示意性说明。源 4 通过线圈 3 发送 a. c. 激励电流,并且源 5 通过磁阻元件发送 d. c. 偏置电流。线圈 3 中的 a. c. 信号经由线圈 3 与磁阻元件(为了便于说明,在图 2 中示为三个分立电容器,而非分布式电容)之间的电容耦合,在磁阻元件中引起 a. c. 泄漏电流。这种电流通过流经磁阻段 1 的电阻而到达地,对输出端子处的输出电压 V_A 给出了不期望的 a. c. 电压贡献。

[0013] 在图 3 中示出了引起电感性耦合机制的示意图。由于线圈 3 与磁阻元件之间的互感,线圈中的 a. c. 信号在整个磁阻元件中引起 a. c. 电压贡献。这种不期望的 a. c. 电压添加到磁阻元件输出端子处的期望信号,并且干扰该期望信号。

[0014] 差分超外差原理中另一问题是线圈之间的电失配。该原理仅在两个线圈所创建的激励磁场的相位正好反相时才起作用。然而,实际上,由于线圈之间的阻抗失配,难以满足这种要求。

[0015] 已经提出了利用与线圈中激励电流相同频率和相位的 a. c. 电流来驱动磁阻传感器。原理上,这能够抵消电容性耦合,因为在沿着线圈和磁阻元件的相应点处不存在电势差。然而实际上,因为线圈与磁阻元件的阻抗不相同,很难提供良好的相位匹配。

[0016] 在 US 2002/0005717 中,提出了一种基于多功能有源固态磁电回旋阀(transpinnor)的磁力计,具有桥式配置的呈现了 GMR 的 4 个电阻元件。对该桥施加偏置电流,如果由于 GMR 电阻器的变化而引起桥不平衡,则获得输出。以电感方式对 GMR 电阻器施加振荡磁场,振荡磁场将 GMR 电阻器交替地驱动在饱和磁状态之间。物理地布置驱动导体,使得外磁场与两个电阻器中所施加的场相反,并且辅助另外两个电阻器中所施加的场。只有当所施加的场与外场之和超过一对 GMR 膜的 GMR 矫磁力(coercivity)、且不超过另一对 GMR 膜的 GMR 矫磁力时,输出才非零。可以通过切换偏置电流的极性且控制相对于驱动电流的相位,来改变输出信号的频率。

发明内容

[0017] 根据本发明的第一方面,提出了一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括第一和第二磁阻元件,每个磁阻元件在各自的第一端处耦接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d, 14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d, 11a-11d)上面,其中,第一和第二磁阻元件中每一个的磁阻段(12a-12d, 14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同,其特征在于,每个磁阻元件通过隔离层与载体衬底分离,选择隔离层的厚度,使得该磁阻元件的总电阻与该磁阻元件和衬底之间的电容的乘积小于激励线圈所承载的激励电流的频谱中最高频率的倒数。

[0018] 根据本发明的第二方面,提出了一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括第一和第

二磁阻元件,每个磁阻元件在各自的第一端耦接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d,14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d,11a-11d)上面,其中第一和第二磁阻元件中每一个的磁阻段(12a-12d,14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同,其特征在于,所述激励线圈包括电并联连接的第一和第二激励线圈元件,第一和第二磁阻元件的磁阻段(12a-12d,14a-14d)位于第一和第二激励线圈元件的相应激励线圈元件上面。

[0019] 根据本发明的第三方面,提出了一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括包括第一和第二磁阻元件,每个磁阻元件在各自的第一端连接至公共接地端子,并且每个磁阻元件包括一个或多个磁阻段(12a-12d,14a-14d),每个磁阻段位于激励线圈的相应段(10a-10d,11a-11d)上面,其中,第一和第二磁阻元件中每一个的磁阻段(12a-12d,14a-14d)的电阻相同,并且与第一磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻和与第二磁阻元件相对应的激励线圈的段的电阻相同,其特征在于,第一和第二磁阻元件各自包括相同数目的磁阻段(12a-12d,14a-14d),这些磁阻段被配置为使得相同磁阻元件中的相邻磁阻段(12a-12d,14a-14d)在使用中沿着相反方向传导偏置电流,并且所述激励线圈配置为使得激励线圈的每个段(10a-10d,11a-11d)在使用中沿着相同方向传导激励电流。

[0020] 第一和第二磁阻元件和相应线圈段的电阻关于公共接地端子有效地对称分布。因此,对于第一磁阻元件上的每一点,在第二磁阻元件上存在相应点,所述相应点具有对于公共接地端子的有效地相同的阻抗。线圈与每个磁阻元件之间的每单位长度的局部电容也是相同的。在使用中,可以电驱动线圈,使得任何电容性耦合的电流在两个磁阻元件中的每一个中是相同的,并且对称地流至公共接地端子。因此,因为每个磁阻元件中的磁阻段的电阻相同,电容性耦合的电流在每个磁阻元件上引起相对于公共接地点的相同的电压降。因此,这两个电压降抵消。

[0021] 此外,每单位长度磁耦合有效地对称分布:对于第一磁阻元件上的每一点,在第二磁阻元件上存在相应的位置,该位置有效地具有相同程度的与线圈的每单位长度磁耦合。因此,由于互感而通过电感性耦合引起的电压降在每个磁阻元件中相同,并且将类似地抵消。

[0022] 公共接地点不必耦合至零伏特的 d. c. 电势,尽管也可以耦合至零伏特的 d. c. 电势。简单而言,该公共接地点是对于在线圈中流过的 a. c. 激励电流而言表示地的任何点。实际上,该公共接地点不必耦合至任何特定电势,而允许是浮置的,并且采用地电势,这是由于两个磁阻元件布局的对称性。

[0023] 对于位于激励线圈的相应段上面的磁阻段,无论磁阻段位于线圈之上还是之下,都与本发明的操作无关。术语“位于…上面”意欲涵盖这两种可能性。本质在于,通过线圈的电流感应出与要通过传感器测量的磁场平行的场。

[0024] 典型地,第一和第二磁阻元件相同。因此,第一和第二磁阻元件具有相同的布局。这是获得针对两个磁阻元件所要求的阻抗对称性以及两个磁阻元件与线圈之间的电容性和电感性耦合的对称性的有效方式。

[0025] 通常,第一和第二磁阻元件中每一个的第二端分别连接至相应的第一和第二输出端子。

[0026] 在一个实施例中,用于在第一和第二磁阻元件中提供偏置电流的偏置电流源耦合在第一输出端子与第二输出端子之间。

[0027] 在另一实施例中,在第一和第二磁阻元件中的每一个中分别提供偏置电流的第一和第二偏置电流源分别连接在公共接地端子与第一和第二输出端子中相应的输出端子之间。

[0028] 除了本发明的第二方面之外,激励线圈可以包括单个激励线圈元件。因此,激励线圈的段将串联连接。

[0029] 激励线圈可以在每一端与用于在线圈中提供激励电流的激励电流源连接。这是一种方式,其中可以电驱动线圈,使得任何电容性耦合的电流将在两个磁阻元件的每一个磁阻元件中都相同并且对称地流至公共接地端子,如上所述。

[0030] 可选地,所述激励线圈可以在沿其长度的中点处连接至接地端子。在这种情况下,用于在线圈中提供激励电流的第一和第二激励电流耦合在接地端子和激励线圈的相应端之间。如果线圈包括电并联连接的第一和第二激励线圈元件,那么这些元件中每一个具有与接地端子相连的中点。

[0031] 在本发明的第四方面,(当第一和第二磁阻元件中每一个的第二端与相应的第一和第二输出端子相连时,)第一磁阻元件的第一端可以经由第一镇流电阻器与公共接地端子相连,并且第二磁阻元件的第二端可以经由第二镇流电阻器与第二输出端子相连。

[0032] 在这种情况下,第一和第二镇流电阻器优选地具有相同的电阻值。典型地使用以下公式计算镇流电阻器的值 $R_{ballast}$:

$$[0033] \quad R_{ballast} = \frac{2nRV_d}{V_{MR} - V_d}$$

[0034] 在这一公式中,n 是每一个磁阻元件中的成对的段的对数,R 是每一对中的一个段的阻抗, V_d 是线圈的一个段两端的电压降,而 V_{MR} 是磁阻元件的总长度上的电压差(即,偏置电流乘以第一和第二磁阻元件的阻抗之和)。

[0035] 根据本发明的第五方面,提出了一种磁阻传感器,所述磁阻传感器包括磁阻元件,所述磁阻元件在第一端处与接地端子耦接,并且包括一对或多对磁阻段,每一个磁阻段位于激励线圈的相应段上面,其中所述激励线圈配置为使得在使用中,激励电流沿相同的方向流过所述激励线圈的每一个段,并且每一对磁阻段配置为使得偏置电流在该对磁阻段的每一个磁阻段中沿相反的方向流动。

[0036] 通过确保激励电流沿相同的方向流过所述激励线圈的每一个段、并且偏置电流在成对磁阻段的每一个磁阻元件中沿相反的方向流动,由电感性耦合引起的在每一对磁阻段中的电压降具有相反的极性。因此,它们彼此抵消。

[0037] 在第二至第五方面的每一方面,磁阻元件或每一个磁阻元件可以通过隔离层与载体衬底相分离,选择隔离层的厚度,使得磁阻元件或每一个磁阻元件的总阻抗与该磁阻元件和衬底之间的电容的乘积小于由激励线圈承载的激励电流的频谱中最高频率的倒数。

附图说明

[0038] 现在将参考附图详细描述本发明的示例,其中:

[0039] 图 1 示出了使用超外差原理的现有技术传感器的布局;

- [0040] 图 2 示出了对于图 1 的现有技术传感器中的不希望电容性耦合的机制；
- [0041] 图 3 示出了对于图 1 的现有技术传感器中的不希望电感性耦合的机制；
- [0042] 图 4 示出了使用超外差原理的根据本发明第一实施例的传感器；
- [0043] 图 5 示意性地示出了图 4 的传感器中的电流流动；
- [0044] 图 6 示出了图 4 的传感器中电容性耦合抵消的机制；
- [0045] 图 7 示出了图 4 的传感器中电感性耦合抵消的机制；
- [0046] 图 8 示出了使用差分超外差原理的根据本发明第二实施例的传感器；
- [0047] 图 9 示出了使用差分超外差原理的根据本发明第三实施例的传感器；
- [0048] 图 10a 和 10b 示意性地示出了第三实施例的传感器中的电流流动；
- [0049] 图 11 示出了第三实施例的传感器中电容性耦合抵消的机制；
- [0050] 图 12 示出了第三实施例的传感器中电感性耦合抵消的机制；
- [0051] 图 13 示出了根据本发明第四实施例的传感器，引起电感性耦合的抵消。

具体实施方式

[0052] 在图 4 中示出了根据本发明第一实施例的传感器的布局。在该图中为了易于说明和理解，将线圈段绘制为邻近传感器元件的相应磁阻段。应该理解，实际中这两行彼此位于相互之上，然而磁阻段位于线圈段之上或者线圈段位于磁阻段之上并非是实质性的。

[0053] 在图 4 的布局中，将线圈分为两个镜像的电流支路。这两个支路的每一个均配置为曲折的形式，并且承载相等的电流 I_{coil} ，这些电流在其交汇处流至公共接地端子。第一支路包括线圈段 10a、10b、10c 和 10d，并且第二支路包括线圈段 11a、11b、11c 和 11d。每一个支路中的段 10a-10d 和 11a-11d 分别耦接在一起，使得激励电流沿相同的方向（由标记为 I_{coil} 的箭头表示）流过每一个段。激励电流引起产生与磁阻元件所处平面平行的磁场。

[0054] 第一和第二磁阻元件的相应段位于每一个线圈段 10a-10d 和 11a-11d 上面。因此，第一磁阻元件的段 12a-12d 位于相应的段 10a-10d 的上面。段 12a-12d 通过连接元件 13a-13d 耦接在一起，使得偏置电流 I_{MR} 在第一磁阻元件的相邻段 12a-12d 的每一个中沿相反的方向流过。

[0055] 类似地，第二磁阻元件的段 14a-14d 位于相应的线圈段 11a-11d 的上面。段 14a-14d 通过连接元件 15a-15d 耦接在一起，使得偏置电流 I_{MR} 在第二磁阻元件的相邻段 14a-14d 的每一个中沿相反的方向流过。

[0056] 第一和第二磁阻元件通过连接元件 16 耦接在一起，连接元件 16 本身与 a. c. 接地点相连，所述 a. c. 接地点典型的是固定的 d. c. 电势，例如 0V。

[0057] 第一和第二磁阻元件以相反极性偏置，使得偏置电流在这两个元件的每一个中的相应磁阻段中沿相反的方向流过。例如，偏置电流在段 12d 和 14d 中沿相反的方向流过。

[0058] 为了简单起见，将第一和第二传感器元件的每一个段 12a-12d 和 14a-14d 绘制为单个段，但是实际上，每一个段可以包括通过短连接条相连的多于一个的子段。

[0059] 在图 5 中，示出了第一实施例的传感器的示意性表示。该拓扑结构包括如图 4 所示的两个支路。第一支路包括第一线圈元件 20a 和第一磁阻元件 22a，以及第二支路包括第二线圈元件 20b 和第二磁阻元件 22b。将线圈元件 20a、20b 以及第一和第二磁阻元件 22a、22b 示出为是彼此邻近，作为一行电阻器。通过电流源 21a 和 21b 提供激励电流，每一个电

流源提供电流 I_{coil} 。因此,相同的电流流过如图 4 所示的每一个支路。在图 5 中,两个支路中的电流发源于两个源,尽管在图 4 中电流是通过提供 $2I_{coil}$ 的单个源产生并划分到两个并联支路中。功能上来说,这不会产生任何差别。这两个线圈支路的每一个在一端与 a. c. 地相连。

[0060] 第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 在一端连接在一起,所述一端与 a. c. 地相连。a. c. 地不必是 0 伏 d. c. 电平。简单地要求:对于 a. c. 激励电流中存在的频率,可以将接地节点看作是位于 0 电压处。例如,如果该节点处于 10V 的恒定电压处,其对于高频 a. c. 激励电流而言仍然是接地的。此外,地无需耦接至固定电势点。如果地是浮置的,该节点也可以是 a. c. 地(例如,由于布局的对称性)。

[0061] d. c. 偏置电流的源 23 连接在第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 的另外两个端上,所述两个端表示传感器的输出端子。来自传感器的输出信号是这两个输出端子之间的电压差 $V_B - V_A$ 。

[0062] 超外差原理的要求是对于外场 H_y 以及由图 5 中的箭头所表示的来自线圈的激励场,第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 应该按照相同的方式作出反应。也就是说在这种情况下,两个元件 22a 和 22b 的电阻应该同步地变化。图 5 的拓扑结构满足了这种要求,因为对于两个线圈支路 20a 和 20b 而言,线圈电流沿相同的方向流过。这相对于外场 H_y ,在第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 中产生了相同方向的激励磁场。

[0063] 仿真结果示出了图 5 的电路的确对于所施加的磁场很灵敏。当没有施加外磁场时,输出电压简单的是正弦。然而当施加外磁场时,输出信号包括分别与 $\omega_{exc} - \omega_{ext}$ 和 $\omega_{exc} + \omega_{ext}$ 相对应的缓慢变化的信号和快速变化的信号。在 ω_{exc} 处不存在分量,显示出在线圈和磁阻元件之间的电容性和电感性耦合已经抵消这一效果。

[0064] 现在将参考图 6 解释抵消电容性耦合的机制,示出了与图 5 相同的电路,其中突出了寄生电容和关联的泄露电流(参见线圈支路 20a 和 20b 以及第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 之间的电容器和相邻的箭头)。

[0065] 由于线圈支路 20a、20b 和相应的磁阻元件 22a、22b 之间的 a. c. 电压差,位于线圈段 10a-10d、12a-12d 上面的磁阻段 12a-12d、14a-14d 中出现电容性泄漏电流。这些电流通过磁阻元件的电阻到达地,并且导致节点 a1-a5 和 b1-b5 之间的电压降。然而由于布局的对称性,节点 a1 和 a2 之间的电压降正好由 b1 和 b2 之间的电压降补偿。类似地,节点 a2 和 a3 之间的电压降与节点 b2 和 b3 之间的电压降抵消,以此类推。这样,完全抵消了电容性耦合,电容性耦合对于输出电压 $V_B - V_A$ 没有影响。

[0066] 通过电路仿真已经确认了电容性耦合的抵消。在这种仿真中,将所施加的场设置为 0,并且将电感性耦合的系数也设置为 0。因此任何的输出电压完全是由于电容性耦合。在每一个输出端子上都存在正弦电压摆动的同时(即 V_A 和 V_B 都是正弦的),电压差 $V_B - V_A$ 为 0,表示已经有效地抵消了电容性耦合。

[0067] 为了完全补偿,两个支路的对称性(即线圈支路和磁阻元件两者)是必要的。因此,接地端子与第一和第二磁阻元件的相应输出端子之间的电阻必须相同,并且磁阻元件的每一段必须位于相应线圈段的上面。这确保了任一侧的泄露电流相等。磁阻元件和线圈支路都应该相对于 a. c. 地对称地设置,并且每一个支路中的线圈电流应该相同。

[0068] 第一实施例的传感器也提供了对于电感性耦合的补偿。图 7 中示出了补偿机制。

电感性耦合由第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 中的局部电压源来表示。因为线圈支路 20a 和 20b 中的电流是同相的,所以通过电感性耦合在第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 中产生的电压也是同相的。因此,电感性产生的电压在第一和第二磁阻元件 22a 和 22b 的每一个中都是相同的。因此,它们在输出信号 $V_B - V_A$ 中相抵消。通过仿真已经确认了这种补偿。

[0069] 为了电感性耦合的有效补偿,两个线圈支路 22a 和 22b 中的电流应该幅度相等并且同相,并且在每一个线圈支路 20a 和 20b 与关联的磁阻元件 22a 和 22b 之间的耦合系数(即互感)应该相同。

[0070] 图 8 示出了第二实施例的布局,其使用差分超外差原理。这里存在如所示地彼此交错的两个传感器元件 30a 和 30b。通过使两个传感器元件 30a 和 30b 彼此交错,使得传感器所占据的总空间最小化,同时使传感器之间的(电阻)匹配最大化。将相同的线圈 31 用于产生对于传感器 30a 和 30b 两者的激励场。

[0071] 第一传感器元件 30a 包括由连接元件 33a、33b 和 33c 连接在一起的四个段 32a、32b、32c 和 32d。连接所述段 32a-32d,使得 d. c. 偏置电流在相邻的段中沿相反的方向流过。

[0072] 类似地,第二传感器元件 30b 包括由连接元件 35a、35b 和 35c 连接在一起的四个段 34a、34b、34c 和 34d。连接段 34a-34d,使得 d. c. 偏置电流在相邻的段中沿相反的方向流过。

[0073] 段 34a 的一端与 a. c. 接地端子相连,段 32a 的一端通过电阻器 36 与接地端子相连。在第一和第二传感器元件 30a、30b 的另一端处,段 32d 的一端与第一输出端子相连,段 34d 的一端通过电阻器 37 与第二输出端子相连。电阻器 36 和 37 的值相同,并且如下所述地选择电阻器 36 和 37 的值。

[0074] 电流从顶部到底部流过线圈 31。当电流这样流过时,电流在两个传感器元件 30a、30b 下面左右曲折。当电流通过线圈元件 38a、38b 时,这引起线圈 31 对于第一磁阻元件 30a 产生第一相位的磁场,当电流通过线圈元件 38c、38d 时,这引起线圈 31 对于第二磁阻元件 30b 产生正好 180° 异相的磁场。

[0075] 线圈 31 的这种布置具有两种优点。首先,通过相同的电流流动产生用于第一和第二磁阻元件 30a、30b 两者的场。因此,所产生的场之间的相位匹配是完美的。其次,使用线圈 31 的所有段,结果是与图 1 的线圈相比具有更好的功率效率,图 1 的线圈中没有使用由线圈的回程段所产生的场。

[0076] 为了确保完美抵消电容性耦合,提供具有相同值 $R_{ballast}$ 的两个镇流电阻器 36、37,如图 2 讨论和示出的。这两个镇流电阻器 36、37 可以集成到传感器管芯中,或者可以位于外部读出电路中。下面将陈述每一个这种电阻器在帮助补偿电容性耦合中的作用。

[0077] 作为示例,考虑线圈段的上部段 38a。如图 8 所示,线圈段的上部段 38a 的中点处的电势是 V_1 ,第一磁阻部件的相应段 32a 的中点处的电势是 V_{a1} 。在这一点处由于电容性耦合导致的从线圈到段 32a 的 a. c. 泄露电流是 $i_{a1} = (V_1 - V_{a1}) \omega C$,其中 ω 是线圈电流的频率,C 是耦合电容。

[0078] 沿线圈 31 进一步向下,在第二磁阻元件 34a 的第一段处,由于从线圈的段 38a 至段 38c 的电压降 V_d ,线圈的电势变低。这一点处的 a. c. 泄露电流是 $i_{b1} = (V_1 - V_d - V_{b1}) \omega C$ 。

[0079] 如果不存在镇流电阻器 36 和 37, V_{a1} 将等于 V_{b1} 。如果对第一和第二磁阻元件 30a

和 30b 的所有段 32a-32d 和 34a-34d 的所有泄露电流进行求和,来自两个传感器元件 30a 和 30b 的总泄露电流将是不平衡的。因此,补偿没有起作用。

[0080] 镇流电阻器 36 减小了线圈 31 的第一段 38a 和第一磁阻元件 30a 的段 32a 之间的电压差。为了使得这两个磁阻元件 30a、30b 的电阻相等(为了读出电路的平衡),如所示地,需要针对第二磁阻元件 30b 的另一个镇流电阻器 37。

[0081] 为了实现完美抵消,镇流电阻器 36 和 37 的值应该是:

$$[0082] \quad R_{ballast} = \frac{2nRV_d}{V_{MR} - V_d}$$

[0083] 其中 n 是每一个磁阻元件中的成对的段的对数,R 是成对段中一个段的电阻, V_d 是线圈的一个段两端的电压降,而 V_{MR} 是磁阻元件的总长度上的电压降(即,偏置电流乘以第一和第二磁阻元件的电阻之和)。

[0084] 在图 8 的布局中,将两个传感器元件 30a、30b 进行交错:它们彼此缠绕。在替代的布局中,可以将传感器元件放置为彼此相邻,这将有助于减少交叉(crossover)。然而,交错的布局是优选的,因为空间工艺变化将按照相同的方式影响传感器元件 30a、30b,所以维持了这两个元件 30a、30b 之间的对称性。

[0085] 为了减小线圈横贯放置该线圈的衬底宽度的次数,当电流通过传感器元件 30a、30b 的每一相邻对的段 32a-32d 和 34a-34d 时,将线圈电流划分。这是通过提供平行的线圈段 38a、38b、38c 和 38d 来实现的。在特殊情况下,当每一个传感器元件只由一对段组成时,不需要划分电流来最小化横贯次数。

[0086] 这种布局的优点在于:利用相同的电流,可以使所产生的场加倍,或者换句话说,为了产生相同的场,只需要一半的电流。在这种情况下,将线圈的功耗减小了一半(电流减小了一半,电阻增加了一倍,因此功耗 I^2R 总共减小了一半)。仍然需要两个镇流电阻器。

[0087] 另外对于这种小器件,可以考虑将这两个曲折体放置为彼此相邻来代替交错布局,因为空间工艺变化在这些小维度上较小。

[0088] 在图 9 中示出了使用差分超外差原理的替代传感器布局。所述拓扑结构与图 4 的拓扑结构类似,不同之处在于电路下半部分中线圈和磁阻元件中电流的方向。

[0089] 图 9 的传感器包括顶部的线圈段 100a、100b、100c 和 100d 的组和底部的线圈段 101a、101b、101c 和 101d 的组。段 100d 和 101d 在其结合点处与接地端子相连。传感器也包括两个磁阻元件。第一元件由通过连接元件 103a、103b、103c 和 103d 连接在一起的四个段 102a、102b、102c 和 102d 构成。第二元件由通过连接元件 105a、105b、105c 和 105d 连接在一起的四个段 104a、104b、104c 和 104d 构成。这两个元件通过连接元件 106 相连,所述连接元件 106 将段 102d 和 104d 相连。连接元件 106 也接地。

[0090] 关于磁阻元件中的电流,在图 4 中,电流 I_{MR} 通过段 12a 至 12d 流到接地端子,电流 I_{MR} 从接地端流经段 14d 到 14a。另一方面在图 9 中,各个电流 I_{MR} 分别通过每一组段 102a 至 102d 和 104a 至 104d 流到接地端子。

[0091] 关于图 4 中线圈段中的电流,在给定的任意时刻,电流 I_{coil} 沿相同的方向(即从左到右或者从右到左)在所有的段 10a 至 10d 和 11a 至 11d 中流过。在图 9 中,情况不同。对于顶部段 100a 至 100d,线圈电流沿与底部段 101a 至 101d 相反的方向流动。

[0092] 图 10a 和 10b 示出了第三实施例的两种变体的示意图。

[0093] 图 10a 和 10b 的两种变体之间的区别仅在于:在图 10a 中,为第一和第二磁阻传感器元件中每一个的线圈段 40a 和 40b 分别提供由相应的电流源 41a 和 41b 提供的电流,而在图 10b 中,为线圈段 40a 和 40b 的每一组提供由相同源 41 提供的电流。功能上来讲,这不会带来任何差别。

[0094] 在这两个变体中,通过连接在接地端子和相应输出端子之间的相应源 44a 和 44b,分别向第一和第二磁阻元件 43a 和 43b 提供 d. c. 偏置电流。来自第一磁阻元件 43a 的输出是电压 V_A , 并且来自第二磁阻元件 43b 的输出是电压 V_B 。来自传感器的总输出是这两个输出之间的差 $V_B - V_A$ 。

[0095] 流过两组线圈段 40a 和 40b 的电流引起产生如图 10a 和 10b 中箭头所示的磁场。这将磁阻元件偏置到它们的线性工作区域中,并且通过磁阻元件与外部施加的场 H_y 混合。

[0096] 因此,两组线圈段 40a 和 40b 中的电流相互异相,意味着在任何特定的时刻,这些电流沿相反的方向流动。这两个磁阻元件 43a 和 43b 中的偏置电流也具有相反的方向。

[0097] 输出端子处的电压是: $V_A = I_{MR, dc} R_{MR1}$ 以及 $V_B = I_{MR, dc} R_{MR2}$, 所以输出电压是 $V_B - V_A = I_{MR, dc} (R_{MR2} - R_{MR1})$, 其中 $I_{MR, dc}$ 是流过磁阻元件 43a 和 43b 的 d. c. 偏置电流, R_{MR1} 是第一磁阻元件 43a 的电阻, 以及 R_{MR2} 是第二磁阻元件 43b 的电阻。

[0098] 可以看出,其结果是对于所施加磁场的非零响应,这当然是磁场传感器所希望的。也可以看出:由于相对于第一实施例所述的类似原因,获得了对于电容性和电感性耦合的零响应。

[0099] 仿真示出了对于零外场 H_y , 第一磁阻元件 43a 中的电压降与第二磁阻元件 43b 中的电压降幅度相等但是符号相反。对非零外场,出现 $V_B - V_A$ 的电压差,其以 0V 为中心,具有如上所述的慢变分量和快变分量。

[0100] 图 11 示出了在第二实施例中处理电容性耦合的补偿机制。所述电路与图 10a 中的相同,然而突出了电容性耦合导致的泄露电流、以及寄生电容。

[0101] 由于线圈段 40a、40b 和磁阻元件 43a、43b 之间的 a. c. 电压差,在磁阻元件位于线圈的相应段上面的情况下出现电容性泄露电流。这些电流通过磁阻元件 43a、43b 的电阻到达地,并且导致节点 a1-a5 之间以及节点 b1-b5 之间的电压降。由于布局的对称性,节点 a1 和 a2 之间的电压降正好由节点 b2 和 b1 之间的电压降补偿。类似地,节点 a2 和 a3 之间的电压降与 b2 和 b3 之间的电压降抵消,以此类推。这样,完全抵消了电容性耦合,并且电容性耦合对于输出电压 $V_B - V_A$ 没有影响。这已经通过电路仿真进行了确认。

[0102] 为了完全补偿,对称性是必要的。因此如同第一实施例那样,两个磁阻元件 43a、43b 的电阻及其与线圈的耦合必须相同。磁阻元件和线圈支路都应该关于 a. c. 地而对称地设置,并且每一个支路中的线圈电流应该相同。如已经讨论过的,与第一磁阻元件耦合的段中的线圈电流必须和与第二磁阻元件耦合的那些段中的电流异相。

[0103] 图 12 是出了电感性耦合的抵消。在磁阻段位于线圈的相应段上面的情况下,电感性耦合在磁阻元件 43a、43b 中产生局部电压。线圈电流的方向确定电压降的方向。因为线圈电流在电路的两个一半部分中具有相反的方向,在第一和第二磁阻元件 43a、43b 的每一个中的感应电压具有相反的极性。因此对于输出电压 $V_B - V_A$ 的总电压贡献是 0。在电路仿真中已经示出了这种方法的有效性。

[0104] 为了电感性耦合的有效补偿,两个线圈支路 40a 和 40b 中的电流应该幅度相等但

是正好异相,并且每一个线圈支路 40a 和 40b 与关联的磁阻元件 43a 和 43b 之间的耦合系数(及互感)应该相同。

[0105] 图 13 中所示的本发明的第四实施例得到电感性耦合的补偿。在该实施例中,在磁阻传感器元件中需要偶数个传感器段。在图 13 中,为了便于说明示出了两个段 50a 和 50b。在实际示例中可以类似地使用更多个段。相应的线圈段 51a 和 51b 位于段 50a 和 50b 下面(或上面)。线圈段 51a 和 51b 设置为使得激励电流沿相同的方向流过每一个段 51a 和 51b。磁阻段 50a 和 50b 配置为使得偏置电流沿相反的方向流过每一个磁阻段 50a 和 50b。

[0106] 当 a. c. 电流流过线圈段 51a 和 51b 时,在相应的段中产生电感电流,使其产生的磁场与线圈段中的电流所产生的磁场的变化进行对抗(楞次定律)。由于线圈段 51a 和 51b 和磁阻段 50a 和 50b 的布置,在磁阻段中产生的电感性电流抵消。对于这样布置的每一对磁阻段都是如此。

[0107] 这种补偿方案的必要条件是线圈段 51a 和 51b 中的电流沿相同的方向。在第三实施例中,这是如图 12 所示通过段 51a 和 51b 之间的返程线将段 51a 和 51b 串联连接来实现的。

[0108] 可选地,线圈段 51a 和 51b 可以并联连接。这将要求更少的空间,但是随之而来的缺点是其要求两倍的电流来产生相同的磁场。

[0109] 其上放置线圈段 51a、51b 和磁阻段 50a、50b 的衬底的电容可以影响各行之间补偿的有效性。这种情况将发生,如果线圈中的激励电流具有与 $1/(R_{MR}C_{sub})$ 相同量级或更高的频率的频谱分量,其中 R_{MR} 是一个磁阻段的电阻, C_{sub} 是该段与衬底的总电容。如果衬底具有强加的电势(即,不是浮置的),也会发生这种情况。该电势可以通过与固定电势的直接连接而强加,或者可以通过磁阻元件和线圈上的电压来强加(即,对称布局可以在衬底上强加虚拟地电势)。

[0110] 如果 AC 信号内容是已知的,则可以减小与衬底的电容,使得 $1/(R_{MR}C_{sub})$ 远在激励电路中出现的最高频率之上。通过增加磁阻元件和载体衬底之间的隔离层的厚度,可以获得这种减小的电容。

[0111] 上述技术实现只通过布局就抵消了感应电压,其简单并且以低成本实现,自然非常有效。另外,可以将图 13 中所示的抑制电感性耦合的方法与采用超外差原理或者差分超外差原理的任一实施例进行组合,以更强地抑制感应电压效应。

[0112] 本领域普通技术人员在实践要求权利的本发明时,能够从附图、公开和所附权利要求中理解和实现所公开实施例的其他变体。在权利要求中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,不定冠词“一个”不排除多个。唯一的事实在于在相互不同的从属权利要求中引用的特定措施并不表示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任意参考符号不应该解释为限制范围。

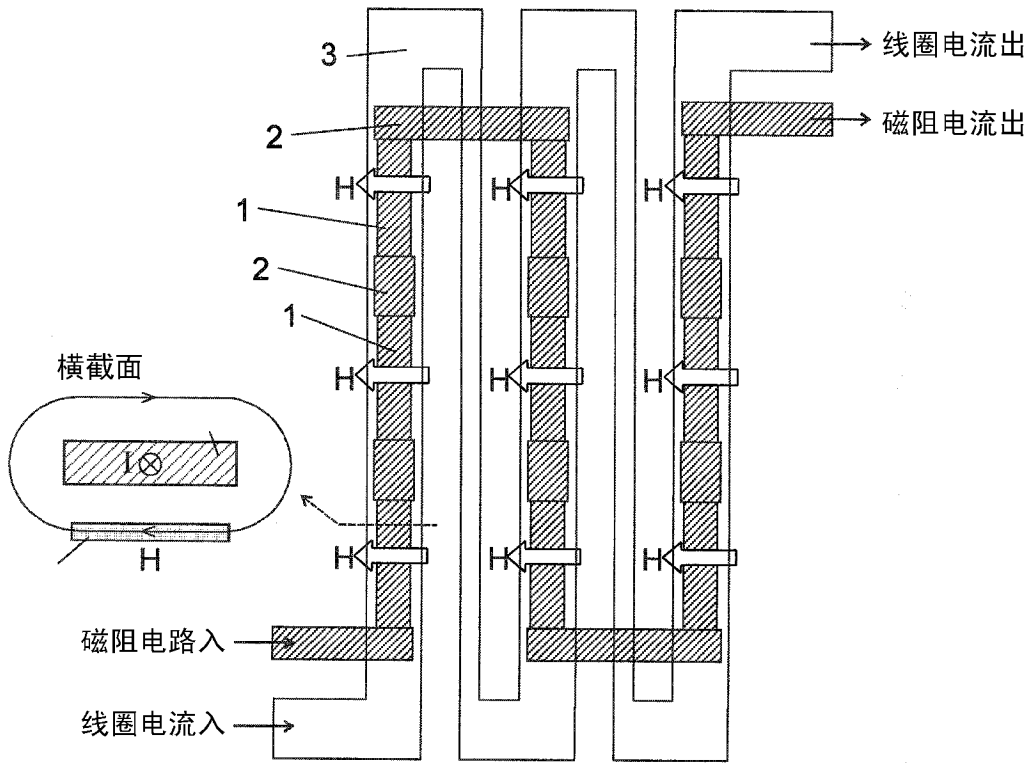


图 1

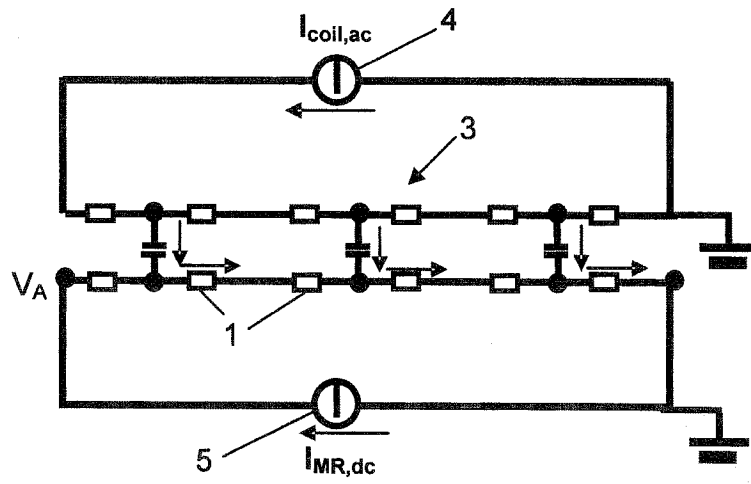


图 2

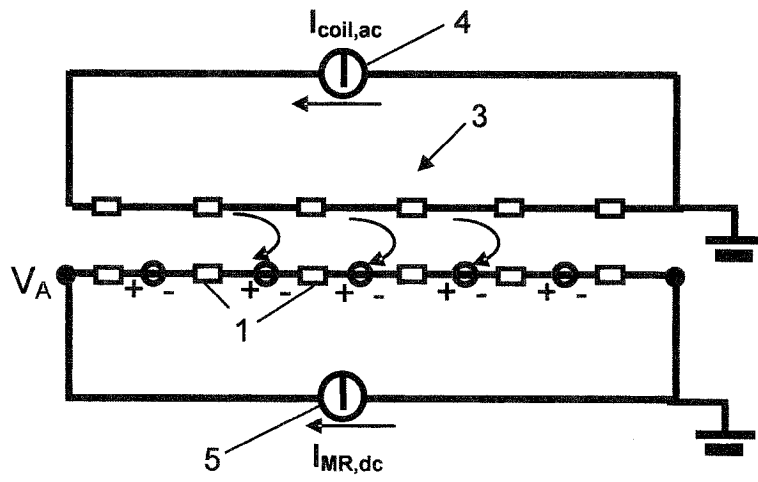


图 3

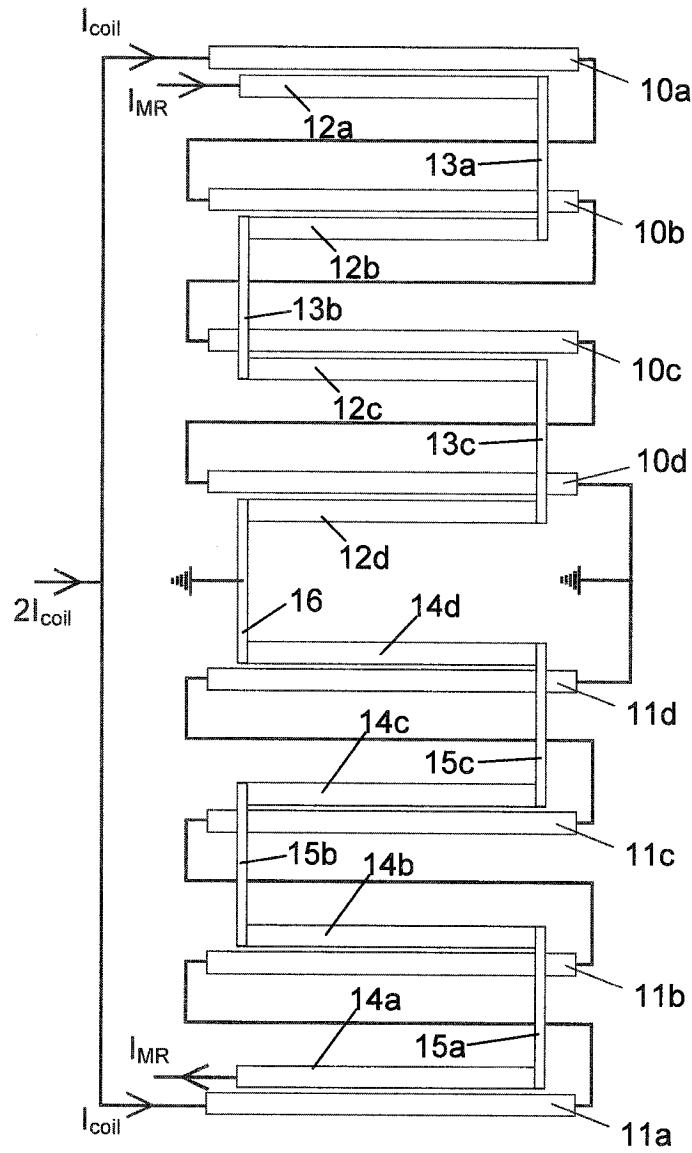


图 4

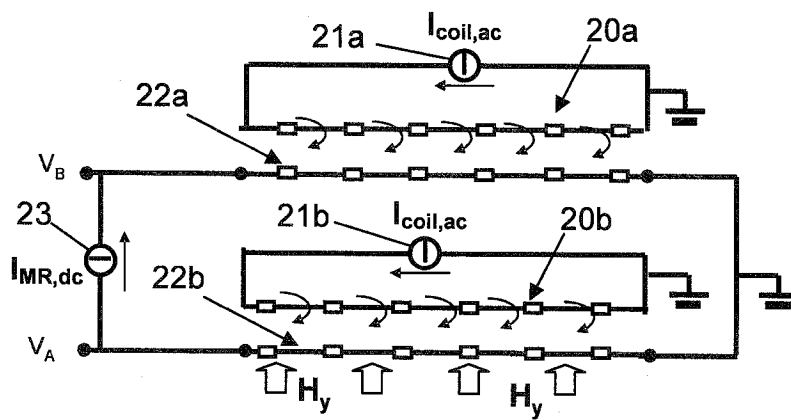


图 5

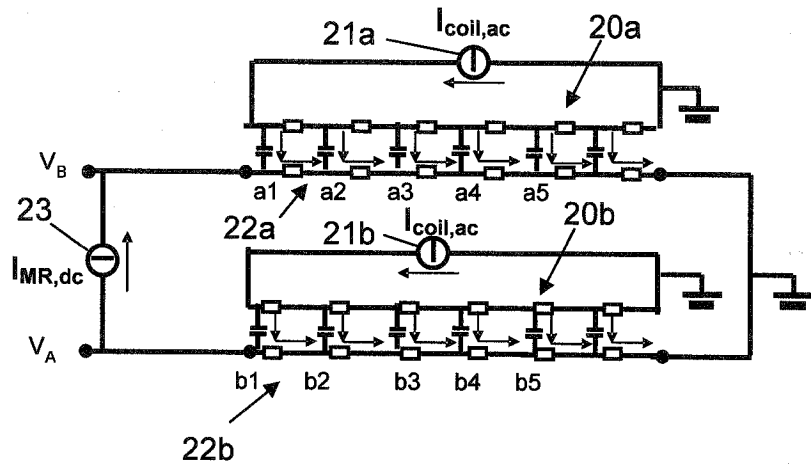


图 6

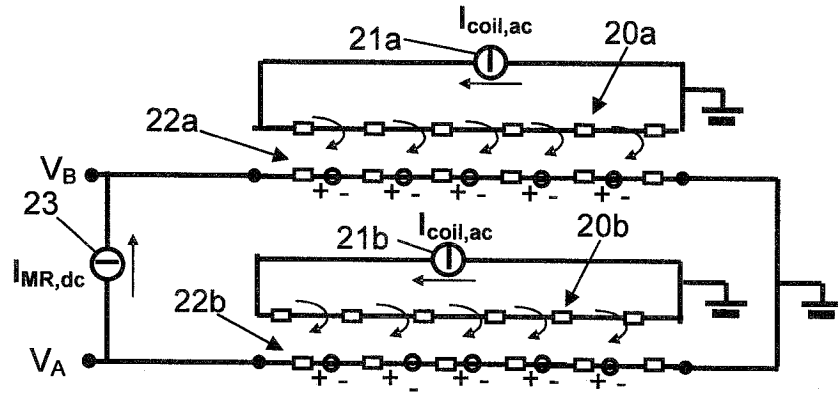


图 7

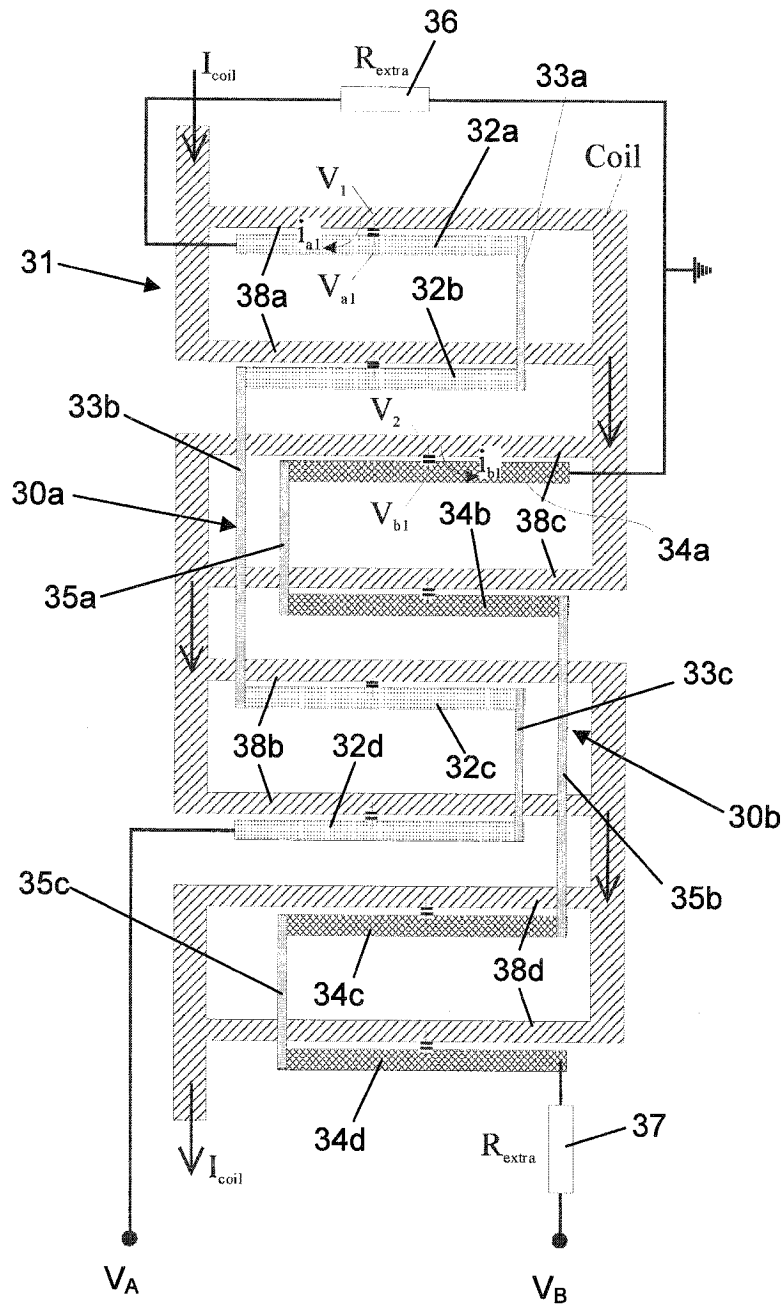


图 8

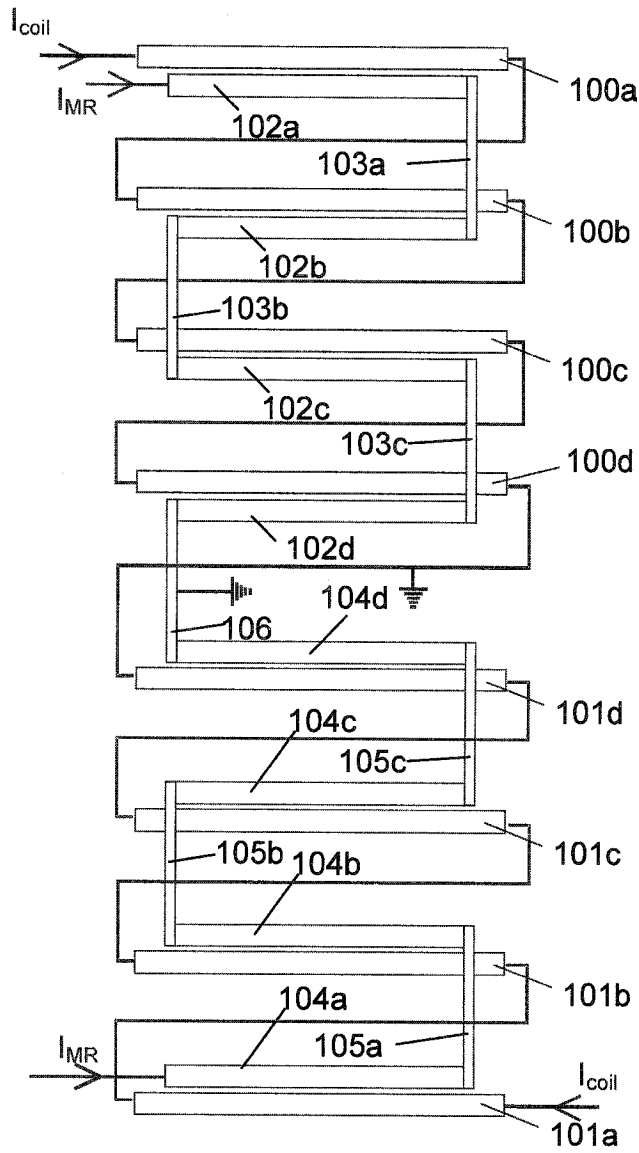


图 9

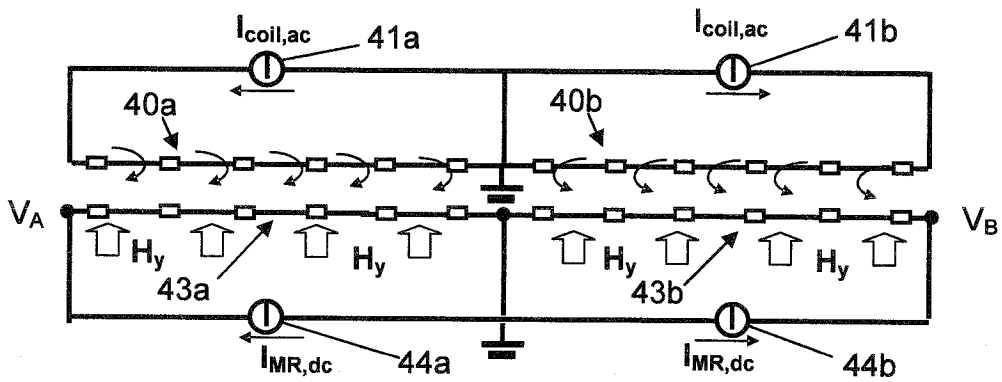


图 10a

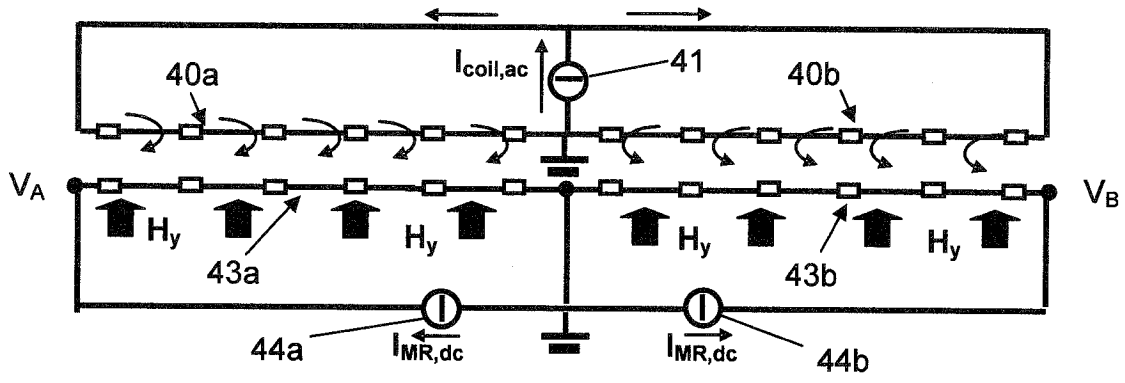


图 10b

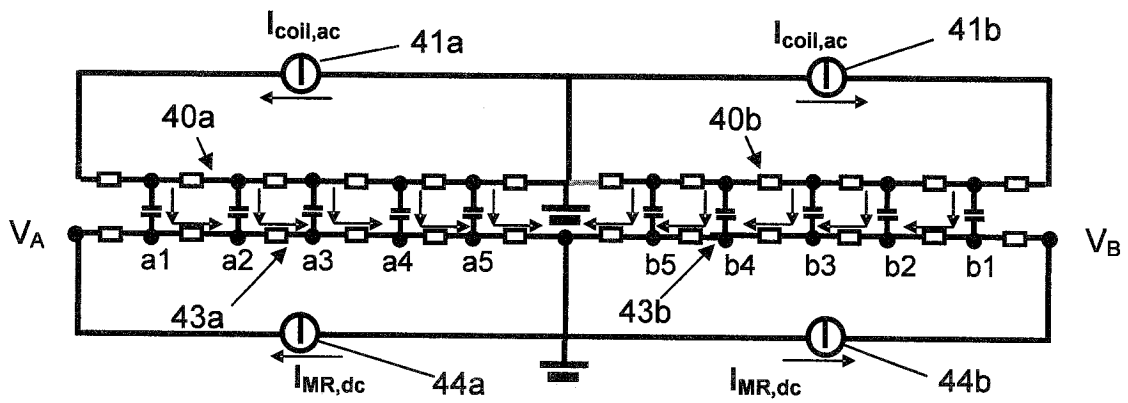


图 11

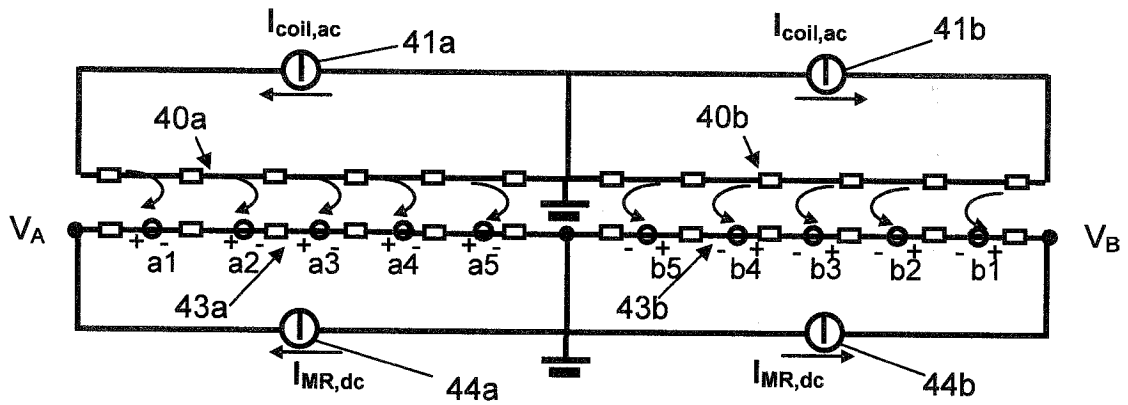


图 12

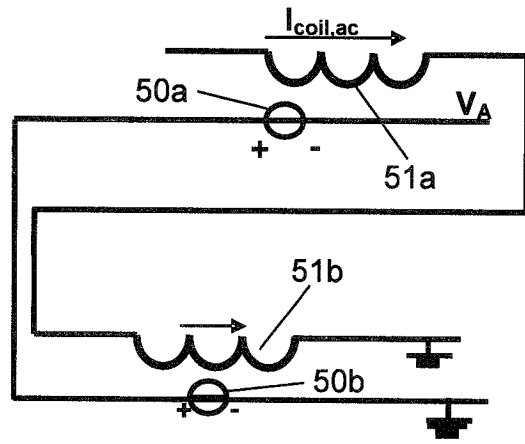


图 13