



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103018522 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201210350482. 4

(22) 申请日 2012. 09. 19

(30) 优先权数据

2011-203969 2011. 09. 19 JP

(73) 专利权人 株式会社电装

地址 日本爱知县

(72) 发明人 野村江介 车户纪博

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英 刘炳胜

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2008/0116886 A1, 2008. 05. 22, 说明书第
74-92 段, 图 4, 7A, 13.

CN 1513119 A, 2004. 07. 14, 全文.

CN 102016513 A, 2011. 04. 13, 全文.

JP 特开 2011-89931 A, 2011. 05. 06, 说明书

第 2-30 段, 图 1-5.

CN 1918477 A, 2007. 02. 21, 全文.

CN 1924603 A, 2007. 03. 07, 全文.

审查员 姜楠

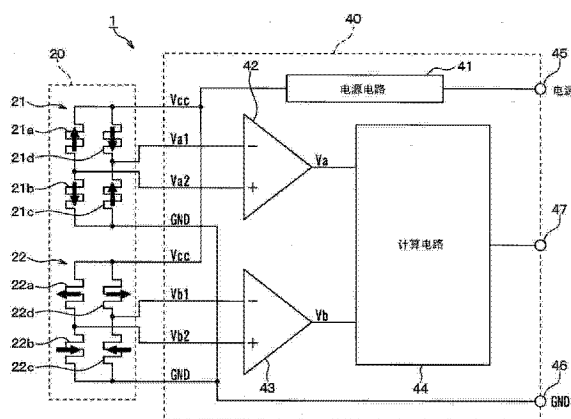
权利要求书6页 说明书14页 附图14页

(54) 发明名称

电流传感器及其附着结构

(57) 摘要

在一种用于检测电流通路中流动的电流的电流传感器中, 磁场产生元件产生垂直于第一磁场的第二磁场, 第一磁场由电流通路中的电流产生, 磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个, 第一信号包含取决于第二磁场与由第一磁场和第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值, 第二信号包含取决于该角度的余弦值。信号处理单元包括计算电路, 计算电路利用第一信号和第二信号中的至少一个计算正切值并输出包含正切值的传感器信号。



1. 一种用于检测电流通路中流动的电流的电流传感器,所述电流产生第一磁场,所述电流传感器包括:

磁场产生元件 (29, 30, 30a, 30b, 31, 32), 产生垂直于所述第一磁场的第二磁场;

包括磁阻元件 (21a, 21b, 21c, 21d, 22a, 22b, 22c, 22d) 的磁传感器 (20), 所述磁阻元件包括钉扎层 (23)、隧道层 (24) 和自由层 (25), 所述钉扎层 (23) 具有固定的磁化方向, 所述隧道层由绝缘构件提供并设置于所述钉扎层和所述自由层之间, 所述自由层具有磁化方向根据外部磁场改变的性质, 所述磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个, 所述第一信号包含取决于所述第二磁场与所述第一磁场和所述第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值, 所述第二信号包含取决于所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度的余弦值; 以及

接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个的信号处理单元 (40), 所述信号处理单元包括计算电路 (44), 其中所述计算电路利用所述第一信号和所述第二信号中的至少一个, 通过将所述第一磁场除以所述第二磁场, 根据所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度计算正切值, 并输出包含所述正切值且与所述第一磁场成正比的传感器信号。

2. 根据权利要求 1 所述的电流传感器, 其中

所述磁传感器 (20) 包括第一检测单元 (21) 和第二检测单元 (22),

所述第一检测单元和所述第二检测单元的每个都包括磁阻元件,

设置所述第一检测单元的磁阻元件和所述第二检测单元的磁阻元件, 使得其钉扎层的磁化方向彼此垂直,

所述第一检测单元的磁阻元件输出所述第一信号, 所述第二检测单元的磁阻元件输出所述第二信号, 并且

所述计算电路通过将所述第一信号除以所述第二信号来计算所述正切值。

3. 根据权利要求 1 所述的电流传感器, 其中

在所述计算电路从所述磁传感器接收所述第一信号和所述第二信号之一时, 所述计算电路从所述第一信号的正弦值计算余弦值或从所述第二信号的余弦值计算正弦值, 并且

所述计算电路基于计算的余弦值和正弦值之一以及接收到的第一信号和第二信号之一计算正切值。

4. 一种用于检测电流通路中流动的电流的电流传感器, 所述电流产生第一磁场, 所述电流传感器包括:

磁场产生元件 (29, 30, 30a, 30b, 31, 32), 产生垂直于所述第一磁场的第二磁场;

包括磁阻元件 (21a, 21b, 21c, 21d, 22a, 22b, 22c, 22d) 的磁传感器 (20), 所述磁阻元件包括钉扎层 (23)、隧道层 (24) 和自由层 (25), 所述钉扎层 (23) 具有固定的磁化方向, 所述隧道层由绝缘构件提供并设置于所述钉扎层和所述自由层之间, 所述自由层具有磁化方向根据外部磁场改变的性质, 所述磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个, 所述第一信号包含取决于所述第二磁场与所述第一磁场和所述第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值, 所述第二信号包含取决于所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度的余弦值; 以及

接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个的信号处理单元 (40), 所述信号处理单元包括计算电路 (44), 其中所述计算电路利用所述第一信号和所述第二信号中的至少一

个,根据所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度计算正切值,并输出包含所述正切值的传感器信号,其中

所述磁传感器(20)包括第一检测单元(21)和第二检测单元(22),

所述第一检测单元和所述第二检测单元的每个都包括磁阻元件,

设置所述第一检测单元的磁阻元件和所述第二检测单元的磁阻元件,使得其钉扎层的磁化方向彼此垂直,

所述第一检测单元的磁阻元件输出所述第一信号,所述第二检测单元的磁阻元件输出所述第二信号,并且

所述计算电路通过将所述第一信号除以所述第二信号来计算所述正切值,

其中将平行于所述第二检测单元的钉扎层磁化方向的第二磁场定义为理想第二磁场,将平行于所述第一检测单元钉扎层的磁化方向的第一磁场定义为理想第一磁场,

其中所述信号处理单元包括存储部分(48),所述存储部分存储所述理想第二磁场和所述第二磁场之间界定的角度 α ,以及所述理想第一磁场和所述第一磁场之间界定的角度 β ,

其中,将所述理想第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度定义为 θ' ,将把所述第一信号除以所述第二信号获得的值定义为 $\tan \theta'$,并且

其中所述计算电路利用所述存储部分中存储的角度 α 和 β 并基于如下公式,计算 $\tan \theta$ 作为正切值:

$$\tan \theta = \frac{\tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}。$$

5. 一种用于检测电流通路中流动的电流的电流传感器,所述电流产生第一磁场,所述电流传感器包括:

磁场产生元件(29,30,30a,30b,31,32),产生垂直于所述第一磁场的第二磁场;

包括磁阻元件(21a,21b,21c,21d,22a,22b,22c,22d)的磁传感器(20),所述磁阻元件包括钉扎层(23)、隧道层(24)和自由层(25),所述钉扎层(23)具有固定的磁化方向,所述隧道层由绝缘构件提供并设置于所述钉扎层和所述自由层之间,所述自由层具有磁化方向根据外部磁场改变的性质,所述磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个,所述第一信号包含取决于所述第二磁场与所述第一磁场和所述第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值,所述第二信号包含取决于所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度的余弦值;以及

接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个的信号处理单元(40),所述信号处理单元包括计算电路(44),其中所述计算电路利用所述第一信号和所述第二信号中的至少一个,根据所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度计算正切值,并输出包含所述正切值的传感器信号,其中

所述磁传感器(20)包括第一检测单元(21)和第二检测单元(22),

所述第一检测单元和所述第二检测单元的每个都包括磁阻元件,

设置所述第一检测单元的磁阻元件和所述第二检测单元的磁阻元件,使得其钉扎层的磁化方向彼此垂直,

所述第一检测单元的磁阻元件输出所述第一信号,所述第二检测单元的磁阻元件输出

所述第二信号,并且

所述计算电路通过将所述第一信号除以所述第二信号来计算所述正切值,

其中将平行于所述第二检测单元的钉扎层磁化方向的第二磁场定义为理想第二磁场,

其中所述信号处理单元包括存储部分 (48),所述存储部分存储所述理想第二磁场和所述第二磁场之间界定的角度 α ,

其中,将所述理想第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度定义为 θ' ,将把所述第一信号除以所述第二信号获得的值定义为 $\tan \theta'$,并且

其中所述计算电路利用所述存储部分中存储的角度 α 并基于如下公式,计算 $\tan \theta$ 作为正切值:

$$\tan \theta = \tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha。$$

6. 一种用于检测电流通路中流动的电流的电流传感器,所述电流产生第一磁场,所述电流传感器包括:

磁场产生元件 (29, 30, 30a, 30b, 31, 32),产生垂直于所述第一磁场的第二磁场;

包括磁阻元件 (21a, 21b, 21c, 21d, 22a, 22b, 22c, 22d) 的磁传感器 (20),所述磁阻元件包括钉扎层 (23)、隧道层 (24) 和自由层 (25),所述钉扎层 (23) 具有固定的磁化方向,所述隧道层由绝缘构件提供并设置于所述钉扎层和所述自由层之间,所述自由层具有磁化方向根据外部磁场改变的性质,所述磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个,所述第一信号包含取决于所述第二磁场与所述第一磁场和所述第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值,所述第二信号包含取决于所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度的余弦值;以及

接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个的信号处理单元 (40),所述信号处理单元包括计算电路 (44),其中所述计算电路利用所述第一信号和所述第二信号中的至少一个,根据所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度计算正切值,并输出包含所述正切值的传感器信号,其中

所述磁传感器 (20) 包括第一检测单元 (21) 和第二检测单元 (22),

所述第一检测单元和所述第二检测单元的每个都包括磁阻元件,

设置所述第一检测单元的磁阻元件和所述第二检测单元的磁阻元件,使得其钉扎层的磁化方向彼此垂直,

所述第一检测单元的磁阻元件输出所述第一信号,所述第二检测单元的磁阻元件输出所述第二信号,并且

所述计算电路通过将所述第一信号除以所述第二信号来计算所述正切值,

其中将平行于所述第一检测单元的钉扎层磁化方向的第一磁场定义为理想第一磁场,

其中所述信号处理单元包括存储部分 (48),所述存储部分存储所述理想第一磁场和所述第一磁场之间界定的角度 β ,

其中,将所述理想第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度定义为 θ' ,将把所述第一信号除以所述第二信号获得的值定义为 $\tan \theta'$,并且

其中所述计算电路利用所述存储部分中存储的角度 β 并基于如下公式,计算 $\tan \theta$ 作为正切值:

$$\tan \theta = \frac{\tan \theta'}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}。$$

7. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器,其中所述磁场产生元件包括磁体 (30, 30a, 30b), 并且所述磁传感器设置于所述磁体上。
8. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器,其中所述磁场产生元件包括基本 U 形的磁体 (30), 所述磁体具有第一部分 (130a) 和从所述第一部分的相对末端垂直延伸的第二部分 (130b), 并且所述磁传感器设置于所述 U 形磁体的第二部分之间。
9. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器,其中所述磁场产生元件包括线圈 (31, 32), 被配置成在被供以电流时产生所述第二磁场。
10. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器,其中所述磁场产生元件包括薄膜线圈, 在被供以电流时产生所述第二磁场, 并且所述薄膜线圈设置于所述磁传感器中。
11. 根据权利要求 9 所述的电流传感器, 其中配置所述磁场产生元件, 使得在预定时刻改变供应给所述线圈的电流值时, 改变所述第二磁场的大小。
12. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 其中所述磁场产生元件包括铁磁膜 (29), 并且所述铁磁膜设置于所述磁阻元件的自由层上。
13. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 其中所述磁阻元件的钉扎层包括铁磁膜, 并且由所述铁磁膜提供所述磁场产生元件。
14. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 其中所述磁传感器是多个磁传感器 (20) 之一, 并且配置所述磁传感器 (20), 使得施加到每个磁传感器 (20) 的所述第二磁场大小不同。
15. 根据权利要求 14 所述的电流传感器, 其中配置所述磁传感器 (20), 使得所述磁场产生元件和每个磁传感器之间的距离不同。
16. 根据权利要求 14 所述的电流传感器, 其中所述磁场产生元件是多个磁场产生元件 (30a, 30b) 之一, 每个都产生具有不同大小的第二磁场。
17. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 其中所述信号处理单元设置于电路芯片中, 并且所述磁传感器和所述电路芯片整体密封于模制树脂中。
18. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 其中所述磁传感器密封在模制树脂中, 并且所述信号处理单元通过引线电连接到所述磁传感器, 以接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个, 所述引线从模制树脂内部延伸到所述模制树脂外部。
19. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 还包括:

磁芯 (80), 所述磁芯具有带间隙的圆柱形状, 以围绕所述电流通路, 所述磁芯集中所述第一磁场, 并且

所述磁传感器设置于所述磁芯的间隙中。

20. 根据权利要求 1 到 6 的任一项所述的电流传感器, 其中

所述磁传感器包括用于集中所述第一磁场的磁芯 (27)。

21. 一种用于检测电流通路中流动的电流的电流传感器, 所述电流产生第一磁场, 所述电流传感器包括:

磁场产生元件 (29, 30, 30a, 30b, 31, 32), 产生垂直于所述第一磁场的第二磁场;

包括磁阻元件 (21a, 21b, 21c, 21d, 22a, 22b, 22c, 22d) 的磁传感器 (20), 所述磁阻元件包括钉扎层 (23)、隧道层 (24) 和自由层 (25), 所述钉扎层 (23) 具有固定的磁化方向, 所述隧道层由绝缘构件提供并设置于所述钉扎层和所述自由层之间, 所述自由层具有磁化方向根据外部磁场改变的性质, 所述磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个, 所述第一信号包含取决于所述第二磁场与所述第一磁场和所述第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值, 所述第二信号包含取决于所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度的余弦值; 以及

接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个的信号处理单元 (40), 所述信号处理单元包括计算电路 (44), 其中所述计算电路利用所述第一信号和所述第二信号中的至少一个, 根据所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度计算正切值, 并输出包含所述正切值的传感器信号, 其中

所述磁传感器是多个磁传感器 (20) 之一, 并且

配置所述磁传感器 (20), 使得施加到每个磁传感器 (20) 的所述第二磁场大小不同, 其中

所述磁传感器是两个磁传感器,

所述计算电路利用从两个磁传感器中的每个输出的第一信号和第二信号中的至少一个计算两个正切值,

所述计算电路向所述正切值之一增加预定偏移, 所述正切值之一是利用从两个磁传感器中被施加了比两个磁传感器中另一个更小的第二磁场的一个输出的第一信号和第二信号中的至少一个而计算的, 并且

所述计算电路比较被增加预定偏移的正切值和所述两个正切值中的另一个, 并输出绝对值更小的一个。

22. 一种附着结构, 包括:

电流通过其流动的电流通路, 所述电流产生第一磁场; 以及

电流传感器, 用于检测所述电流通路的电流, 所述电流传感器包括:

磁场产生元件 (29, 30, 30a, 30b, 31, 32), 产生垂直于所述第一磁场的第二磁场;

包括磁阻元件 (21a, 21b, 21c, 21d, 22a, 22b, 22c, 22d) 的磁传感器 (20), 所述磁阻元件包括钉扎层 (23)、隧道层 (24) 和自由层 (25), 所述钉扎层 (23) 具有固定的磁化方向, 所述隧道层由绝缘构件提供并设置于所述钉扎层和所述自由层之间, 所述自由层具有磁化方向根据外部磁场改变的性质, 所述磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个, 所述第一信号包含取决于所述第二磁场与所述第一磁场和所述第二磁场构成的合成磁场之间界

定的角度的正弦值,所述第二信号包含取决于所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度的余弦值;以及

接收所述第一信号和所述第二信号中的至少一个的信号处理单元(40),所述信号处理单元包括计算电路(44),其中所述计算电路利用所述第一信号和所述第二信号中的至少一个,通过将所述第一磁场除以所述第二磁场,根据所述第二磁场和所述合成磁场之间界定的角度计算正切值,并输出包含所述正切值且与所述第一磁场成正比的传感器信号,

其中所述电流传感器附着于所述电流通路,使得所述第二磁场的方向平行于所述电流通路中流动的电流方向。

电流传感器及其附着结构

技术领域

[0001] 本公开涉及一种电流传感器和电流传感器的附着结构, 电流传感器包括具有磁阻元件的磁传感器。

背景技术

[0002] 例如, JP 2007-155399A 描述了一种电流传感器, 包括产生偏置磁场的偏置磁体和具有磁阻元件的磁传感器, 磁阻元件的电阻值根据施加到其上的磁场变化。

[0003] 相对于电流通路, 例如汇流条, 布置这样的电流传感器, 使得偏置磁场的方向平行于电流通路中流动的电流方向, 以检测电流(在下文中也称为检测电流)。在检测电流在电流通路中流动时, 在垂直于偏置磁场的方向上产生电流磁场。电流磁场与检测电流的大小成正比。这样一来, 为电流传感器施加了合成磁场, 由偏置磁场和电流磁场构成。由于磁阻元件的电阻值根据合成磁场变化, 所以电流传感器根据合成磁场输出传感器信号。

[0004] 作为磁阻元件的范例, 通常, 已知有各向异性磁阻(AMR) 元件、巨磁阻(GMR) 元件和隧道磁阻(TMR) 元件。对于各向异性磁阻元件, 电阻值根据施加到其上的合成磁场的角度, 以正弦波的二次谐波或余弦波的二次谐波形式变化。对于巨磁阻元件和隧道磁阻元件, 电阻值根据施加到其上的合成磁场的角度, 以正弦波或余弦波的形式变化。因此, 具有这些磁阻元件的电流传感器输出包含正弦值的传感器信号或包含余弦值的传感器信号。

[0005] 不过, 包含依据合成磁场角度的正弦值和余弦值的传感器信号不是相对于检测电流线性输出的。因此, 检测精度根据检测电流而变化。换言之, 在输出的传感器信号线性高的区域中, 检测精度高。不过, 在输出的传感器信号线性低的区域中, 检测精度低。在这里, 输出的传感器信号的线性, 亦即, 线性输出, 表示检测电流和传感器信号(电压) 彼此具有比例关系的输出。

发明内容

[0006] 本公开的目的是提供一种电流传感器, 能够输出相对于电流通路中流动的检测电流具有线性关系的传感器信号并改善检测精确度。本公开的另一目的是提供电流传感器的一种附着结构。

[0007] 根据本公开的一方面, 电流传感器包括磁场产生元件、磁传感器和信号处理单元。磁场产生元件产生垂直于第一磁场的第二磁场, 第一磁场是由电流通路中流动的电流产生的。磁传感器包括由钉扎层、隧道层和自由层形成的磁阻元件。钉扎层具有固定的磁化方向。隧道层由绝缘构件提供并设置于钉扎层和自由层之间。自由层具有磁化方向根据外部磁场变化的性质。磁传感器产生第一信号和第二信号中的至少一个, 第一信号包含取决于第二磁场与由第一磁场和第二磁场构成的合成磁场之间界定的角度的正弦值, 第二信号包含取决于第二磁场和合成磁场之间界定的角度的余弦值。信号处理单元接收第一信号和第二信号中的至少一个。信号处理单元包括计算电路。计算电路利用第一信号和第二信号中的至少一个, 根据第二磁场和合成磁场之间界定的角度计算正切值并输出包含正切值的传

传感器信号。

[0008] 在以上结构中,计算电路计算第二磁场和合成磁场之间界定的角度的正切值并输出包含正切值的传感器信号。亦即,计算电路将第一磁场除以第二磁场,并输出与第一磁场成正比的传感器信号。因此,传感器信号具有相对于检测电流线性变化的性质,因此改善了检测精确度。

[0009] 例如,所述电流传感器附着于所述电流通路,使得所述第二磁场的方向平行于所述电流通路中流动的电流方向。

附图说明

[0010] 从参考附图做出的以下详细描述,本公开的以上和其他目的、特征和优点将变得更加显而易见,附图中由相似的附图标记表示相似部分,其中:

[0011] 图 1 是示出了根据本公开第一实施例,附着于汇流条的电流传感器的示意结构的图示;

[0012] 图 2 是示出了图 1 中所示电流传感器示意截面图的图示;

[0013] 图 3 是图 1 所示电流传感器的示意电路图;

[0014] 图 4 是示出了根据第一实施例的磁传感器磁阻元件的示意截面图的图示;

[0015] 图 5 是示出了根据第一实施例,在汇流条中流动的检测电流和传感器信号之间的关系的关系的曲线图;

[0016] 图 6 是示出了根据本公开第二实施例的电流传感器的示意图的图示;

[0017] 图 7 是示出了根据本公开第三实施例的电流传感器的示意图的图示;

[0018] 图 8 是示出了根据本公开第四实施例的电流传感器的示意图的图示;

[0019] 图 9 是根据本公开第五实施例的电流传感器的示意电路图;

[0020] 图 10 是用于解释根据第五实施例的电流传感器中角位移的图示;

[0021] 图 11 是示出了根据第五实施例向电流传感器的存储部分写入角位移的过程的流程图;

[0022] 图 12 是示出了根据本公开第六实施例的电流传感器的示意图的图示;

[0023] 图 13A 是示出了根据第六实施例,由第一偏置磁体的第一偏置磁场和电流磁场构成的第一合成磁场的图示;

[0024] 图 13B 是示出了根据第六实施例,由第二偏置磁体的第二偏置磁场和电流磁场构成的第二合成磁场的图示;

[0025] 图 14 是示出了根据第六实施例,汇流条中流动的检测电流和电流传感器输出的传感器信号之间的关系的关系的图示;

[0026] 图 15 是示出了根据本公开第七实施例的电流传感器的示意截面图的图示;

[0027] 图 16 是根据本公开第八实施例的电流传感器的示意电路图;

[0028] 图 17 是示出了根据本公开第九实施例的电流传感器的示意截面图的图示;

[0029] 图 18 是示出了根据本公开第十实施例,附着于汇流条的电流传感器示意图的图示;

[0030] 图 19 是示出了根据本公开第十一实施例的电流传感器磁传感器的示意图的图示;

[0031] 图 20 是示出了根据本公开第十二实施例的电流传感器磁传感器的磁阻元件的示意截面图的图示；

[0032] 图 21 是示出了根据本公开另一实施例，汇流条中流动的检测电流和电流传感器输出的传感器信号之间的关系图示；以及

[0033] 图 22A 是示出了根据本公开另一实施例，在车辆发动机处于关闭状态时，汇流条中流动的检测电流和电流传感器输出的传感器信号之间的关系图示；以及

[0034] 图 22B 是示出了根据本公开另一实施例，在发动机处于工作状态时，汇流条中流动的检测电流和电流传感器输出的传感器信号之间的关系图示。

具体实施方式

[0035] (第一实施例)

[0036] 在下文中将参考图 1 到 5 描述本公开的第一实施例。

[0037] 例如，根据第一实施例的电流传感器用于检测在汇流条中流动的电流(在下文中也称为检测电流)，汇流条连接到车载电池等。

[0038] 参考图 1 和 2，电流传感器 1 包括衬底 10、磁传感器 20、偏置磁体 30、电路芯片 40、引线 50 和模制树脂 60。衬底 10 具有第一表面 10a 和与第一表面 10a 相反的第二表面 10b。磁传感器 20、偏置磁体 30 和电路芯片 40 设置于衬底 10 的第一表面 10a 上。磁传感器 20 的轮廓基本为矩形，包括磁阻元件。偏置磁体 30 的轮廓基本为矩形，向磁传感器 20 施加偏置磁场 Bb。电路芯片 40 利用从磁传感器 20 输出的信号进行计算。

[0039] 在本实施例中，偏置磁体 30 对应于磁场产生元件，电路芯片 40 对应于信号处理单元。而且，偏置磁场 Bb 对应于第二磁场。

[0040] 偏置磁体 30 设置于衬底 10 的第一表面 10a 上，磁传感器 20 设置于偏置磁体 30 上。换言之，磁传感器 20 隔着偏置磁体 30 设置于衬底 10 的第一表面 10a 上。与磁传感器 20 与基本矩形偏置磁体 30 的角相邻布置的布置相比，这种布置限制了偏置磁场 Bb，使其不会部分不均匀地施加到磁传感器 20。亦即，如下文将要详细描述，磁传感器 20 包括多个磁阻元件。这种布置减少了影响多个磁阻元件的每个的偏置磁场 Bb 的角度不均匀。

[0041] 利用模制树脂 60 密封衬底 10、磁传感器 20、偏置磁体 30、电路芯片 40 和引线 50 并配置为模制 IC。引线 50 通过丝线(未示出)电连接到电路芯片 40。引线 50 与衬底 10 相对的末端向模制树脂 60 外部突出，提供外引线。

[0042] 如图 1 所示，将具有上述配置的电流传感器 1 附着于汇流条 70，以检测汇流条 70 中流动的电流。汇流条 70 对应于电流流经的电流通路。

[0043] 将电流传感器 1 附着于汇流条 70，使得偏置磁场 Bb 的方向平行于汇流条 70 中流动的电流方向。换言之，将电流传感器 1 附着于汇流条 70，使得偏置磁场 Bb 的方向和汇流条 70 中流动的电流产生的电流磁场 Bi 的方向彼此垂直。于是，为磁传感器 20 施加偏置磁场 Bb 和电流磁场 Bi 形成的合成磁场 Bs。在图 1 中，箭头 D1 表示汇流条 70 中流动的电流方向。在本实施例中，电流磁场 Bi 对应于第一磁场。

[0044] 接下来，将描述电流传感器 1 的电路结构。

[0045] 如图 3 所示，磁传感器 20 包括第一检测单元 21 和第二检测单元 22。第一检测单元 21 包括四个磁阻元件 21a 到 21d，被配置成形成电桥电路。第二检测单元 22 包括四个磁

阻元件 22a 到 22d, 被配置成形成电桥电路。图 4 是示出了磁阻元件 21a 的截面图作为范例的图示。

[0046] 如图 4 所示, 磁阻元件 21a 包括磁化方向固定到预定方向的钉扎层 23, 绝缘材料制成的隧道层 24 以及磁化方向根据外部磁力而变化的自由层 25。堆叠钉扎层 23、隧道层 24 和自由层 25, 使得隧道层 24 位于钉扎层 23 和自由层 25 之间。尽管未示出, 但磁阻元件 21a 还包括下电极和上电极。在图 4 中, 钉扎层 23 的磁化方向由箭头 D2 示出。

[0047] 磁阻元件 21b 到 22d 具有与磁阻元件 21a 类似的结构。磁阻元件 22a 到 22d 具有与磁阻元件 21a 类似的结构, 但磁阻元件 22a 到 22d 的钉扎层 23 的磁化方向垂直于磁阻元件 21a 的钉扎层 23 的磁化方向。

[0048] 换言之, 在第一检测单元 21 中, 磁阻元件 21a 到 21d 的钉扎层 23 的磁化方向彼此平行。此外, 第二检测单元 22 的每个磁阻元件 22a 到 22d 的钉扎层 23 的磁化方向垂直于第一检测单元 21 的每个磁阻元件 21a 到 21d 的钉扎层 23 的磁化方向。在图 3 中, 实线箭头表示每个磁阻元件 21a 到 21d 和 22a 到 22d 的磁化方向。

[0049] 磁传感器 20 设置于衬底 10 的第一表面 10a 上, 使得第一检测单元 21 的磁化方向垂直于偏置磁场 Bb, 第二检测单元 22 的磁化方向平行于偏置磁场 Bb。因此, 如图 1 所示, 在将偏置磁场 Bb 和合成磁场 Bs 之间界定的角度定义为 θ 时, 第一检测单元 21 输出均包含 $\sin \theta$ 的信号 Va1、Va2, 第二检测单元 22 输出均包含 $\cos \theta$ 的信号 Vb1、Vb2。在这里, 包含 $\sin \theta$ 的信号对应于包含依据角度 θ 的正弦值的第一信号, 包含 $\cos \theta$ 的信号对应于包含依据角度 θ 的余弦值的第二信号。

[0050] 电路芯片 40 包括电源电路 41、第一差分放大电路 42、第二差分放大电路 43 和计算电路 44。

[0051] 电源电路 41 包括恒压电路等。电源电路 41 连接到第一检测单元 21 的磁阻元件 21a 和磁阻元件 21d 之间的中点以及第二检测单元 22 的磁阻元件 22a 和磁阻元件 22d 之间的中点。

[0052] 电源电路 41 将通过端子 45 从电源供应的电压转换成恒定电压 Vcc, 并将恒定电压 Vcc 施加到第一检测单元 21 的磁阻元件 21a 和磁阻元件 21d 之间的中点以及第二检测单元 22 的磁阻元件 22a 和磁阻元件 22d 之间的中点。

[0053] 第一检测单元 21 的磁阻元件 21b 和磁阻元件 21c 之间的中点通过端子 46 连接到地。而且, 第二检测单元 22 的磁阻元件 22b 和磁阻元件 22c 之间的中点通过端子 46 连接到地。

[0054] 第一差分放大电路 42 连接到第一检测单元 21。具体而言, 第一差分放大电路 42 的倒相输入端子连接到磁阻元件 21c 和磁阻元件 21d 之间的中点以在中点接收电压 Va1。第一差分放大电路 42 的非倒相输入端子连接到磁阻元件 21a 和磁阻元件 21b 之间的中点以在中点接收电压 Va2。

[0055] 第一差分放大电路 42 放大电压 Va1 和电压 Va2 之间的差异并向计算电路 44 输出信号 Va。在从第一检测单元 21 向第一差分放大电路 42 提供包含 $\sin \theta$ 的信号作为电压 Va1, Va2 时, 将信号 Va 表达为以下公式 1。

[0056] [公式 1]

[0057] $V_a = G(V_{a2} - V_{a1}) = G \cdot V_{cc} \cdot K(t) \cdot \sin \theta$

[0058] 在公式 1 中, G 表示第一差分放大电路 42 的放大因数, V_{cc} 表示施加到第一检测单元 21 的电压, $k(t)$ 表示第一检测单元 21 的温度特性。

[0059] 第二差分放大电路 43 连接到第二检测单元 22。第二差分放大电路 43 具有与第一差分放大电路 42 类似的结构。第二差分放大电路 43 的倒相输入端子连接到磁阻元件 22c 和磁阻元件 22d 之间的中点以在中点接收电压 V_{b1} 。第二差分放大电路 43 的非倒相输入端子连接到磁阻元件 22a 和磁阻元件 22b 之间的中点以在中点接收电压 V_{b2} 。

[0060] 第二差分放大电路 43 放大电压 V_{b1} 和电压 V_{b2} 之间的差异并向计算电路 44 输出信号 V_b 。在从第二检测单元 22 向第二差分放大电路 43 提供包含 $\cos \theta$ 的信号作为电压 V_{b1} , V_{b2} 时, 将信号 V_b 表达为以下公式 2。

[0061] [公式 2]

$$[0062] \quad V_b = G(V_{b2} - V_{b1}) = G \cdot V_{cc} \cdot K(t) \cdot \cos \theta$$

[0063] 在公式 2 中, G 表示第二差分放大电路 43 的放大因数, V_{cc} 表示施加到第二检测单元 22 的电压, $k(t)$ 表示第二检测单元 22 的温度特性。

[0064] 由于第一差分放大电路 42 和第二差分放大电路 43 具有类似结构, 所以在第一差分放大电路 42 和第二差分放大电路 43 之间, 放大因数 G 是相同值。此外, 第一检测单元 21 的磁阻元件 21a 到 21d 和第二检测单元 22 的磁阻元件 22a 到 22d 除其磁化方向之外, 具有类似结构。因此, 在第一检测单元 21 和第二检测单元 22 之间, 温度特性 $k(t)$ 是相同值。

[0065] 计算电路 44 利用从第一和第二差分放大电路 42、43 输出的信号 V_a 、 V_b , 根据偏置磁场 B_b 和合成磁场 B_s 之间界定的角度 θ 计算正切值。计算电路 44 根据正切值输出信号, 作为来自端子 47 的传感器信号。

[0066] 具体而言, 计算电路 44 从第一差分放大电路 42 接收由公式 1 表达的信号 V_a , 并从第二差分放大电路 43 接收由公式 2 表达的信号 V_b 。计算电路 44 通过将信号 V_a 除以信号 V_b 计算正切值 ($\tan \theta$)。计算电路 44 输出对应于计算结果的信号, 作为传感器信号。

[0067] 换言之, 如图 1 所示, 通过将电流磁场 B_i 除以偏置磁场 B_b 获得正切值 (即 $\tan \theta = B_i/B_b$)。因此, 计算电路 44 输出对应于 B_i/B_b 的信号, 作为传感器信号。亦即, 偏置磁场 B_b 是由偏置磁体 30 提供的, 是恒定的。因此, 计算电路 44 输出与电流磁场 B_i 成正比的信号作为传感器信号, 其中电流磁场是由汇流条 70 中流动的检测电流产生的。因此, 传感器信号是相对于汇流条 70 中流动的检测电流线性变化的信号。

[0068] 图 5 是示出了汇流条 70 中流动的检测电流和传感器信号之间关系的曲线图。偏置磁场 B_b 和合成磁场 B_s 之间界定的角度 θ 与汇流条 70 中流动的检测电流值成正比地增加。因此, 如图 5 中所示, 从计算电路 44 输出的传感器信号线性地对应于汇流条 70 中流动的检测电流。换言之, 从计算电路 44 输出的传感器信号与汇流条 70 中流动的检测电流具有线性关系。

[0069] 如上所述, 计算电路 44 输出与正切值对应的传感器信号。在这种情况下, 计算电路 44 可以输出将预定偏移增加到作为传感器信号计算的正切值的值或可以输出正切值自身作为传感器信号。在本实施例中, 例如, 计算电路 44 直接输出正切值作为传感器信号。换言之, 对应于正切值的传感器信号表示包含正切值的传感器信号。

[0070] 如上所述, 在根据本实施例的电流传感器 1 中, 计算电路 44 利用从第一和第二检测单元 21、22, 通过第一和第二差分放大电路 42、43 提供的信号 V_a 、 V_b , 根据偏置磁场 B_b 和

合成磁场 B_s 界定的角度 θ 计算正切值,并输出与正切值对应的信号作为传感器信号。

[0071] 亦即,计算电路 44 将电流磁场 B_i 除以偏置磁场 B_b (即 B_i/B_b),并输出与电流磁场 B_i 成正比的传感器信号。因此,传感器信号相对于检测电流具有线性关系(比例关系)。这样一来,减小了检测精度随着检测电流大小而发生的变化。

[0072] 可以提供上述电流传感器 1 而无需相对于常规电流传感器的额外部分。因此,电流传感器 1 的制造成本不会大幅增加。

[0073] 此外,计算电路 44 将公式 1 表达的信号 V_a 除以公式 2 表达的信号 V_b 。因此,消除了信号 V_a 、 V_b 中包含的温度特性。因此,电流传感器 1 能够输出没有温度特性的传感器信号。

[0074] (第二实施例)

[0075] 在下文中将描述本公开的第二实施例。

[0076] 在根据第二实施例的电流传感器 1 中,偏置磁体 30 的形状与第一实施例不同。第二实施例的电流传感器 1 的其他结构将与第一实施例相同,将不再重复其结构。图 6 是示出了根据第二实施例的电流传感器 1 的示意图的图示。

[0077] 如图 6 所示,偏置磁体 30 具有第一部分 130a 和第二部分 130b。第一部分 130a 在预定方向上延伸,例如平行于汇流条 70 中流动的检测电流的方向。第二部分 130b 从第一部分 130a 的相对端垂直延伸。换言之,偏置磁体 30 基本是 U 形。磁传感器 20 设置于偏置磁体 30 界定的空间中。换言之,磁传感器 20 设置于偏置磁体 30 的第二部分 130b 之间。

[0078] 在这种情况下,沿着从界定北极的第二部分 130b 之一到界定南极的另一第二部分 130b 的方向产生偏置磁场 B_b 。此外,磁传感器 20 设置于第二部分 130b 之间。在这种结构中,与磁传感器 20 与矩形偏置磁体的角相邻设置的结构比较,不太可能向磁传感器 20 部分不均匀地施加偏置磁场 B_b 。

[0079] (第三实施例)

[0080] 在下文中将描述本公开的第三实施例。

[0081] 根据第三实施例的电流传感器 1 具有与第一实施例不同的磁场产生元件。第三实施例的其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 7 是示出了根据第三实施例的电流传感器 1 的示意图的图示。

[0082] 如图 7 中所示,电流传感器 1 具有衬底 10 上的铁芯线圈 31 取代偏置磁体 30。利用模制树脂 60 密封铁芯线圈 31。铁芯线圈 31 包括铁芯 31a 和铁芯 31a 周围缠绕的绕组。铁芯 31a 包括在一个方向延伸的第一部分 31b,以及从第一部分 31b 的相对末端垂直延伸的第二部分 31c。铁芯 31a 基本为 U 形。绕着铁芯 31a 的第一部分 31b 缠绕绕组。绕组电连接到电路芯片 40,从电路芯片 40 向其供应预定电流。

[0083] 亦即,在本实施例中,在向铁芯线圈 31 供应电流时产生偏置磁场 B_b 。将偏置磁场 B_b 施加到磁传感器 20。于是,铁芯线圈 31 对应于磁场产生元件。在向铁芯线圈 31 供应电流时,在平行于图 7 的左右方向的方向上产生偏置磁场 B_b 。磁传感器 20 设置于铁芯线圈 31 界定的空间中。换言之,磁传感器 20 设置于基本 U 形的铁芯 31a 界定的内部空间(间隙)中。

[0084] 在这种情况下,通过向铁芯线圈 31 供应电流来产生偏置磁场 B_b 。因此,可以通过改变供应给铁芯线圈 31 的电流来任意改变偏置磁场 B_b 的大小。这样一来,可以灵活地改

变检测灵敏度和检测范围,从而改善适用性。

[0085] 铁芯 31a 的形状不限于基本 U 形。铁芯 31a 可以具有仅包括第一部分 31b 的形状。

[0086] 在上文中,已经描述了通过向铁芯线圈 31 供应电流来产生偏置磁场 Bb 的范例。作为另一范例,可以向没有铁芯的空气芯线圈供应电流来产生偏置磁场 Bb。在这种情况下,由于偏置磁场产生元件不包括铁芯,可以减小磁场 Bb 的温度特性。因此,改善了检测精确度。而且,在由没有铁芯的空气芯线圈提供磁场产生元件的情况中,磁传感器 20 可以设置于空气芯线圈内部。因此,可以减小电流传感器 1 的尺寸。

[0087] (第四实施例)

[0088] 在下文中将描述本公开的第四实施例。

[0089] 在根据第四实施例的电流传感器 1 中,磁场产生元件具有与第三实施例不同的结构。第四实施例的其他结构将与第三实施例相同,将不会重复其描述。图 8 是示出了根据第四实施例的电流传感器 1 的示意图的图示。

[0090] 如图 8 所示,偏置磁体 30 不设置于衬底 10 上。相反,电流传感器 1 具有线圈 32,由模制树脂 60 外部缠绕的绕组提供线圈 32。线圈 32 电连接到电路芯片 40,从电路芯片 40 向其供应预定电流。通过向线圈 32 供应电流来产生偏置磁场 Bb。将偏置磁场 Bb 施加到磁传感器 20。亦即,线圈 32 对应于磁场产生元件。

[0091] 在向线圈 32 供应电流时,在平行于图 8 的左右方向的方向上产生偏置磁场 Bb。利用绝缘构件覆盖线圈 32。于是,在将电流传感器 1 附着于汇流条 70 时,线圈 32 未电连接到汇流条 70。

[0092] 在这种情况下,也将实现类似于第三实施例的有利效果。

[0093] (第五实施例)

[0094] 在下文中将描述本公开的第五实施例。

[0095] 在上述每个实施例中,配置电流传感器 1,使得第一检测单元 21 的磁化方向垂直于偏置磁场 Bb,第二检测单元 22 的磁化方向平行于偏置磁场 Bi。此外,将电流传感器 1 附着于汇流条 70,使得第一检测单元 21 的磁化方向平行于电流磁场 Bi,第二检测单元 22 的磁化方向垂直于电流磁场 Bi。不过,有可能磁传感器 20 从预定布置位置未对准或位移。而且,有可能电流传感器 1 与预定布置位置未对准或发生位移。

[0096] 亦即,由于磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间的角位移,有可能第一检测单元 21 的磁化方向不垂直于偏置磁场 Bb,第二检测单元 22 的磁化方向不平行于偏置磁场 Bb。而且,由于电流传感器 1 (磁传感器 20) 和汇流条 70 之间的角位移,有可能第一检测单元 21 的磁化方向不平行于电流磁场 Bi,第二检测单元 22 的磁化方向不垂直于电流磁场 Bi。

[0097] 在这种情况下,从第一和第二检测单元 21、22 输出的信号 Va1、Va2、Vb1、Vb2 包含这种角位移造成的分量。因此,如果计算电路 44 直接输出通过将信号 Va 除以信号 Vb 提供的信号作为传感器信号,传感器信号包含由于角位移造成的分量,因此将降低检测精确度。

[0098] 在根据本实施例的电流传感器 1 中,计算电路 44 被配置成针对上述每个实施例补偿角位移。本实施例的其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 9 是根据本实施例的电流传感器 1 的示意电路图。

[0099] 如图 9 所示,电路芯片 40 包括连接到计算电路 44 的存储部分 48。例如,由 EPROM 等提供存储部分 48。存储部分 48 通过端子 49 接收磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间的角位

移以及电流传感器 1 (磁传感器 20) 和汇流条 70 之间的角位移,并在其中存储角位移。存储部分 48 对应于存储元件。

[0100] 计算电路 44 在利用从第一和第二差分放大电路 42,43 输出的信号 Va、Vb 计算传感器信号时,读出存储部分 48 中存储的角位移。计算电路 44 利用角位移进行补偿计算并输出计算结果作为传感器信号。

[0101] 在下文中,将描述利用磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间的角位移和电流传感器(磁传感器 20)和汇流条 70 之间的角位移进行补偿计算的运算表达式。

[0102] 图 10 是解释角位移的图示。在图 10 中,Bb 表示施加到磁传感器 20 的理想偏置磁场;Bi 表示施加到磁传感器 20 的理想电流磁场;Bs 表示由理想偏置磁场 Bb 和理想电流磁场 Bi 构成的理想合成磁场。而且,Bb' 表示实际施加到磁传感器 20 的实际偏置磁场;Bi' 表示施加到磁传感器 20 的实际电流磁场;Bs' 表示实际偏置磁场 Bb' 和实际电流磁场 Bi' 构成的实际合成磁场。此外, α 表示磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间的角位移,即理想偏置磁场 Bb 和实际偏置磁场 Bb' 之间界定的角度; β 表示磁传感器 20 和汇流条 70 之间的角位移,即理想电流磁场 Bi 和实际电流磁场 Bi' 之间界定的角度。此外, θ 表示理想偏置磁场 Bb 和理想合成磁场 Bs 之间界定的角度; θ' 表示理想偏置磁场 Bb 和实际合成磁场 Bs' 之间界定的角度。

[0103] 在这里,理想偏置磁场 Bb 是要平行于第二检测单元 22 的磁化方向的偏置磁场。换言之,理想偏置磁场 Bb 是在磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间没有角位移时施加到磁传感器 20 的偏置磁场。亦即,理想偏置磁场 Bb 和实际偏置磁场 Bb' 之间界定的角度 α 对应于第二检测单元 22 的磁化方向和实际偏置磁场 Bb' 之间界定的角度。

[0104] 理想电流磁场 Bi 是平行于第一检测单元 21 的磁化方向的电流磁场。换言之,理想电流磁场 Bi 是在磁传感器 20 和汇流条 70 之间没有角位移时施加到磁传感器 20 的电流磁场。亦即,理想电流磁场 Bi 和实际电流磁场 Bi' 之间界定的角度 β 对应于第一检测单元 21 的磁化方向和实际电流磁场 Bi' 之间界定的角度。

[0105] 在本实施例中,理想电流磁场 Bi 对应于理想第一磁场,理想偏置磁场 Bb 对应于理想第二磁场。

[0106] 在理想偏置磁场 Bb 和实际偏置磁场 Bb' 之间界定的角度为角度 α (在下文中简称为角位移 α) 的情况下,理想电流磁场 Bi 和实际电流磁场 Bi' 之间界定的角度是角度 β (在下文中简称为角度 β),如图 10 所示,理想偏置磁场 Bb 和实际合成磁场 Bs' 之间界定的角度为角度 θ' 。因此,在计算电路 44 中通过将信号 Va 除以信号 Vb 计算 $\tan \theta'$,并表达为以下公式 3。

[0107] [公式 3]

$$[0108] \quad \tan \theta' = \frac{Bb \cdot \sin \alpha - Bs \cdot \cos \beta}{Bb \cdot \cos \alpha - Bs \cdot \sin \beta}$$

[0109] 在公式 3 中,Bb 是理想偏置磁场的大小,Bs 是理想合成磁场的大小。此外,将 $\tan \theta$ 定义为 $\tan \theta = Bs/Bb$ 。因此,可以通过将 $\tan \theta$ 代入公式 3 将公式 3 变换成以下公式 4。

[0110] [公式 4]

$$[0111] \quad \tan \theta = \frac{\tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}$$

[0112] 通过这种方式,计算电路 44 通过将第一差分放大电路 42 输出的信号 V_a 除以从第二差分放大电路 43 输出的信号 V_b 来计算包含角位移的信号 $\tan \theta'$,并将 $\tan \theta'$ 和角位移 α, β 代入公式 4。因此,计算电路 44 能够计算角位移得到补偿的正切值($\tan \theta$)。

[0113] 计算电路 44 读出存储部分 48 中存储的角位移 α, β ,并利用信号 V_a, V_b 和角位移 α, β 进行公式 4 的计算。此外,计算电路 44 输出计算值作为传感器信号。

[0114] 接下来,将描述在存储部分 48 中写入角位移 α, β 的过程。图 11 是流程图,示出了在存储部分 48 中写入角位移 α, β 的过程。在本实施例中,在将电流传感器 1 附着于汇流条 70 之后,在电流传感器 1 通过引线 50 电连接到外部电路的状态下,执行该过程。

[0115] 首先,在 100,在不向汇流条 70 供应检测电流的状态下,测量来自电流传感器 1 的输出 V_1 。在磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间有角位移 α 的情况下,如图 10 所示,理想偏置磁场 B_b 和实际偏置磁场 B_b' 彼此不平行。亦即,第一检测单元 21 的磁化方向和偏置磁场 B_b' 并非彼此垂直,第二检测单元 22 的磁化方向和偏置磁场 B_b' 并非彼此平行。

[0116] 因此,即使在未向汇流条 70 供应电流的状态下,也从第一和第二检测单元 21、22 输出依据角位移 α 的信号 $V_{a1}, V_{a2}, V_{b1}, V_{b2}$ 。亦即,从电流传感器 1 输出的信号 V_1 对应于 $\tan \alpha$,被定义为 $\tan \alpha = V_1$ 。

[0117] 在 110,在外部电路中计算 $\arctan(V_1)$ 以获得角位移 α 。

[0118] 在 120,向汇流条 70 供应预定电流,测量来自电流传感器 1 的输出 V_2 。在有角位移 α, β 的情况下,从计算电路 44 输出的信号 V_2 对应于 $\tan \theta'$ 并被定义为 $\tan \theta' = V_2$ 。

[0119] 在 130,通过向公式 3 中代入输出 V_2 和角位移 α 计算 β 。实现在外部电路中存储向汇流条 70 供应预定电流时产生的理想偏置磁场 B_b 的大小和理想合成磁场 B_s 的大小。

[0120] 在 140,从外部电路,通过端子 49 向存储部分 48 提供角位移 α, β ,并在存储部分 48 中写入。于是,存储部分 48 存储了角位移 α, β 。

[0121] 如上所述,在本实施例的电流传感器 1 中,计算电路 44 通过向公式 4 中代入存储部分 48 中存储的角位移 α, β 来执行计算,并输出计算值作为传感器信号。通过这种方式,可以补偿角位移 α, β ,因此改善了检测精确度。

[0122] (第六实施例)

[0123] 在下文中将描述本公开的第六实施例。

[0124] 在第六实施例中,相对于第一实施例,电流传感器 1 包括两个磁传感器 20 和两个偏置磁体 30。第六实施例的其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 12 是示出了根据第六实施例的电流传感器 1 的示意图的图示。

[0125] 如图 12 所示,电流传感器 1 包括衬底 10 第一表面 10a 上的第一偏置磁体 30a 和第二偏置磁体 30b。图 13A 是示出了由第一偏置磁体 30a 的偏置磁场 B_{b1} 和电流磁场 B_i 构成的第一合成磁场 B_{s1} 的图示,图 13B 是示出了由第二偏置磁体 30b 的偏置磁场 B_{b2} 和电流磁场 B_i 构成的第二合成磁场 B_{s2} 的图示。

[0126] 第一偏置磁体 30a 由比第二偏置磁体 30b 更强的铁磁材料制成。如图 13A 和 13B 所示,第一偏置磁体 30a 产生的第一偏置磁场 B_{b1} 的大小大于由第二偏置磁体 30b 产生的第二偏置磁场 B_{b2} 的大小。

[0127] 如图 12 中所示,磁传感器 20 分别设置于第一和第二偏置磁体 30a、30b 上。磁传感器 20 的每个都具有与第一实施例的磁传感器 20 相同的结构。磁传感器 20 的每个都包

括第一检测单元 21 和第二检测单元 22。

[0128] 尽管未示出,计算电路 44 连接到两个端子 47。计算电路 44 利用从设置于第一偏置磁体 30a 上的磁传感器 20 输出的信号进行计算并从两个端子 47 之一输出第一传感器信号。而且,计算电路 44 利用从设置于第二偏置磁体 30b 上的磁传感器 20 输出的信号进行计算并从两个端子 47 的另一个输出第二传感器信号。

[0129] 在电流传感器 1 中,在汇流条 70 中有电流流动的状态下,第一偏置磁场 Bb1 的大小和第二偏置磁场 Bb2 的大小彼此不同。因此,如图 13A 和 13B 所示,施加到设置于第一偏置磁体 30a 上的磁传感器 20 的第一合成磁场 Bs1 和施加到设置于第二偏置磁体 30b 上的磁传感器 20 的第二合成磁场 Bs2 彼此不同。

[0130] 具体而言,第一偏置磁场 Bb1 大于第二偏置磁场 Bb2。因此,在汇流条 70 中有电流流动的状态下,第二偏置磁场 Bb2 和第二合成磁场 Bs2 之间界定的角度 θ_2 大于第一偏置磁场 Bb1 和第一合成磁场 Bs1 之间界定的角度 θ_1 。

[0131] 因此,计算电路 44 计算的第一传感器信号和第二传感器信号具有不同的值。图 14 是示出了汇流条 70 中流动的检测电流和相对于从计算电路 44 输出的第一和第二传感器信号的输出电压之间的关系的图示。如图 14 所示,第一传感器信号的斜率小于第二传感器信号的斜率。换言之,第一传感器信号提供了宽量程输出,第二传感器信号提供了高灵敏度输出。

[0132] 因此,在本实施例的电流传感器 1 中,第一偏置磁体 30a 上设置的磁传感器 20 在宽检测范围中检测电流,第二偏置磁体 30b 上设置的磁传感器 20 以高灵敏度检测电流。

[0133] (第七实施例)

[0134] 在下文中将描述本公开的第七实施例。

[0135] 根据第七实施例的电流传感器 1 具有参照第六实施例描述的一个偏置磁体 30。第七实施例的其他结构将与第六实施例相同,将不会重复其描述。图 15 是示出了根据第七实施例的电流传感器 1 的示意截面图的图示。

[0136] 如图 15 中所示,在本实施例的电流传感器 1 中,磁传感器 20 之一隔着偏置磁体 30 设置于衬底 10 的第一表面 10a,磁传感器 20 的另一个直接设置于衬底 10 的第二表面 10b。换言之,在衬底 10 上安装两个磁传感器 20,使得两个磁传感器 20 之间距偏置磁体 30 的距离不同。

[0137] 例如,磁传感器 20 相对于衬底 10 的平面方向位于同一位置,但隔着偏置磁体 30 和衬底 10 彼此相对。此外,设置于衬底 10 的第二表面 10b 的磁传感器 20 比设置于衬底 10 的第一表面 10a 的磁传感器 20 距偏置磁体 30 更远,相差衬底 10 的厚度。换言之,设置于衬底 10 的第二表面 10b 的磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间的距离比设置于衬底 10 第一表面 10a 的磁传感器 20 和偏置磁体 30 之间的距离大衬底 10 的厚度。

[0138] 此外,施加到设置于偏置磁体 30 处的磁传感器 20 的偏置磁场 Bb 大于施加到设置于衬底 10 第二表面 10b 的磁传感器 20 的偏置磁场 Bb。在这里,类似于第六实施例,两个磁传感器 20 具有相同的结构。

[0139] 通过这种方式,两个磁传感器 20 安装于衬底 10 上,使得两个磁传感器 20 之间距偏置磁体 30 的距离不同,因此两个磁传感器 20 之间施加到两个磁传感器 20 的每个的偏置磁场 Bb 大小不同。在这种情况下,也能够实现类似于第六实施例的有利效果。

[0140] 在上述范例中,两个磁传感器 20 安装于衬底 10 的相对侧。作为布置两个磁传感器 20 以在两个磁传感器 20 之间区分距偏置磁体 30 的距离的另一范例,可以设置磁传感器 20,使得磁传感器 20 之一与衬底 10 第一表面 10a 上的偏置磁体 30 相邻设置,相对于衬底 10 第一表面 10a 上的磁传感器 20 之一,与偏置磁体 30 相对地设置磁传感器 20 的另一个。

[0141] (第八实施例)

[0142] 在下文中将描述本公开的第八实施例。

[0143] 在根据第八实施例的电流传感器 1 中,磁传感器 20 仅包括参照第一实施例所述的一个检测单元 21。电流传感器 1 的其他结构将与第一实施例相同,将不再重复其描述。图 16 是根据本实施例的电流传感器 1 的电路图。

[0144] 如图 16 所示,在本实施例中,磁传感器 20 包括第一检测单元 21,但不包括第二检测单元 22。此外,类似于第五实施例,为电路芯片 40 提供存储部分 48。本实施例的存储部分 48 存储第一差分放大电路 42 的放大因数 G 、施加到第一检测单元 21 的电压 V_{cc} ,和第一检测单元 21 的温度特性 $k(t)$ 。

[0145] 计算电路 44 从第一差分放大电路 42 接收公式 3 表示的信号 V_a 。计算电路 44 利用存储部分 48 中存储的放大因数 G 、电压 V_{cc} 和温度特性 $k(t)$,从信号 V_a 计算 $\sin \theta$ 。此外,计算电路 44 从 $\sin \theta$ 计算 $\cos \theta$,因为 $\cos \theta$ 被定义为 $\cos \theta = (1 - \sin^2 \theta)^{1/2}$ 。此外,计算电路 44 利用存储部分 48 中存储的放大因数 G 、电压 V_{cc} 和温度特性 $k(t)$,获得由下式 8 表达的计算值 V_c 。

[0146] [公式 5]

[0147] $V_c = G \cdot V_{cc} \cdot K(t) \cdot \cos \theta$

[0148] 计算电路 44 将信号 V_a 的值除以计算值 V_c 以计算正切值,并输出与正切值对应的信号作为传感器信号。

[0149] 如上所述,即使在磁传感器 20 包括第一检测单元 21 而不包括第二检测单元 22 的情况下,也可以利用 $\cos \theta$ 计算计算值 V_c ,并通过将信号 V_a 的值除以计算值 V_c 来计算正切值。在这种情况下,也能够实现类似于第一实施例的有利效果。

[0150] 在上述范例中,磁传感器 20 仅包括第一检测单元 21。作为另一范例,磁传感器 20 可以仅包括第二检测单元 22。在这种情况下,计算电路 44 从第二检测单元 22 接收公式 2 表达的信号 V_b 。计算电路 44 从信号 V_b 计算 $\sin \theta$,并从信号 V_b 和利用 $\sin \theta$ 获得的计算值计算正切值。

[0151] (第九实施例)

[0152] 在下文中将描述本公开的第九实施例。

[0153] 在根据第九实施例的电流传感器 1 中,偏置磁体 30 设置于参照第一实施例的模制树脂 60 外部。第九实施例的其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 17 是示出了根据第九实施例的电流传感器 1 的示意截面图的图示。

[0154] 如图 17 中所示,在模制树脂 60 中密封磁传感器 20 和电路芯片 40,偏置磁体 30 设置于模制树脂 60 外部。在这种情况下,在模制树脂 60 中密封模制 IC 可以减小尺寸。

[0155] (第十实施例)

[0156] 在下文中将描述本公开的第十实施例。

[0157] 根据第十实施例的电流传感器 1 包括参照第一实施例所述的磁芯。第十实施例的

其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 18 是示出了附着于汇流条 70 的电流传感器 1 的图示。

[0158] 如图 18 所示,电流传感器 1 包括磁芯 80。磁芯 80 围绕汇流条 70 的外周边并在一部分处界定间隙 80a。磁芯 80 用于集中电流磁场 B_i 。磁芯 80 由铁和镍的镍铁合金,例如通过成形、锻造等形成。

[0159] 磁芯 80 设置于外壳(未示出)中并保持在汇流条 70 的外周边上。外壳的安装部分布置于磁芯 80 的间隙 80a 处,在安装部分中设置模制 IC 90,其中模制了电流传感器 1 的部件,例如磁传感器 20 等。

[0160] 在这种结构中,磁芯 80 集中的电流磁场 B_i 被施加到模制 IC 90 (磁传感器 20)。因此,能够检测到汇流条 70 中流动的小电流,因此改善了检测灵敏度。

[0161] 在图 18 中所示的电流传感器 1 中,在平行于图 18 左右方向的方向上向模制 IC 90 施加电流磁场 B_i 。因此,设置偏置磁体 30,从而在平行于图 18 的上下方向的方向上产生偏置磁场 B_b 。

[0162] (第十一实施例)

[0163] 在下文中将描述本公开的第十一实施例。

[0164] 在根据第十一实施例的电流传感器 1 中,磁传感器 20 包括参照第一实施例所述结构的磁传感器 20。第十一实施例的其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 19 是示出了根据第十一实施例的磁传感器 20 的示意图的图示。

[0165] 如图 19 所示,磁传感器 20 具有磁阻元件形成区域 26 和磁芯 27。磁阻元件 21a 到 21d 和 22a 到 22d 形成于磁阻元件形成区域 26 中。由软磁膜等提供磁芯 27。例如,通过气相淀积技术等制造磁芯 27。

[0166] 在本实施例中,为磁阻元件 21a 到 21d 和 22a 到 22d 施加由磁芯 27 集中的电流磁场。因此,类似于第十实施例,进一步改善了检测灵敏度。

[0167] (第十二实施例)

[0168] 在下文中将描述本公开的第十二实施例。

[0169] 根据第十二实施例的电流传感器 1 具有与第一实施例不同的磁场产生元件。第十二实施例的其他结构将与第一实施例相同,将不会重复其描述。图 20 是示出了根据第十二实施例的电流传感器 1 磁阻元件的示意截面图的图示。

[0170] 如图 20 所示,除了钉扎层 23、隧道层 24 和自由层 25 之外,磁阻元件还包括保护膜 28 和铁磁膜 29。保护膜 28 由绝缘材料等制成,设置于自由层 25 上。铁磁膜 29 设置于保护膜 28 上以向自由层 25 施加偏置磁场 B_b 。铁磁膜 29 对应于磁场产生元件。亦即,提供铁磁膜 29 取代偏置磁体 30。因为偏置磁体 30 不是必要的,可以相对于其平面方向减小衬底 10 的尺寸。

[0171] 在以上范例中,由铁磁膜 29 向自由层 25 施加偏置磁场 B_b 。作为另一范例,可以适当地选择钉扎层 23 的材料,无需有铁磁膜 29,从而由钉扎层 23 向自由层 25 施加偏置磁场 B_b 。在这种情况下,钉扎层 23 对应于磁场产生元件。

[0172] (其他实施例)

[0173] 在上述第一到第七实施例中,第一检测单元 21 示范性地输出包含正弦值的信号,第二检测单元 22 示范性地输出包含余弦值的信号。或者,可以改变磁传感器 20 和偏置磁

体 30 的布置,使得第一检测单元 21 输出包含余弦值的信号,第二检测单元 22 输出包含正弦值的信号。

[0174] 在上述第一到第七实施例中,第一和第二检测单元 21,22 的每个都包括磁阻元件 21a 到 21d、22a 到 22d,形成电桥电路。作为另一范例,第一检测单元 21 可以包括单个磁阻元件 21a,第二检测单元 22 可以包括单个磁阻元件 22a。而且在第八实施例中,第一检测单元 21 可以包括单个磁阻元件 21a。

[0175] 在上述实施例的每个中,都将电路芯片 40 与磁传感器 20 一起密封在模制树脂 60 中。作为在模制树脂 60 中密封电路芯片 40 的替代,例如,可以在模制树脂 60 外部提供信号处理电路部分,用于处理从磁传感器 20 输出的信号。

[0176] 在这种情况下,可以将磁传感器 20 输出的信号通过引线 50 发送到信号处理电路部分。例如,可以在车辆中安装电流传感器 1。可以在车辆中安装电子控制单元(ECU)中执行利用磁传感器 20 输出的信号进行的上述计算。在这种情况下,车辆的 ECU 对应于信号处理单元。

[0177] 在上述第三和第四实施例中,由线圈 31、32 示范性地产生偏置磁场 Bb。作为由线圈 31、32 产生偏置磁场 Bb 的替代,可以由磁传感器 20 中形成的薄膜产生偏置磁场 Bb。

[0178] 在这种情况下,可以在磁传感器 20 的磁阻元件 21a 到 21d 和 22a 到 22d 的每个中形成薄膜线圈,或者可以在磁阻元件 21a 到 21d 和 22a 到 22d 的每个的自由层 25 上形成薄膜线圈。此外,可以在与磁阻元件 21a 到 21d 和 22a 到 22d 的每个不同的地方形成薄膜线圈。在这些情况下,与上述第三和第四实施例的结构相比,可以进一步减小模制 IC 的尺寸。

[0179] 在上述第五实施例中,通过计算示范性地获得角位移 α , β 。作为另一范例,可以通过目测检查测量角位移 α , β 。

[0180] 在上述第五实施例中,例如,在将电流传感器 1 附着于汇流条 70 之后,计算角位移 α , β 并在存储部分 48 中存储。作为另一范例,可以在将电流传感器 1 附着于汇流条 70 之前,计算角位移 α 并在存储部分 48 中存储,可以在将电流传感器 1 附着于汇流条 70 之后计算角位移 β 并存储在存储部分 48 中。

[0181] 在上述第五实施例中,示范性地补偿了角位移 α , β 。作为另一范例,可以补偿角位移 α , β 之一。例如,计算电路 44 可以通过将信号 Va 除以信号 Vb 来计算包含角位移的信号 $\tan \theta'$,并向以下公式 6 中代入 $\tan \theta'$ 和角位移,以计算其中补偿了角位移的正切值($\tan \theta$)。

[0182] [公式 6]

$$[0183] \quad \tan \theta = \tan \theta' \cdot \cos \alpha - \sin \alpha$$

[0184] 计算电路 44 可以计算包含角位移的信号 $\tan \theta'$,并向以下公式 7 中代入角位移 β ,以计算其中校正了角位移 β 的正切值($\tan \theta$)。

[0185] [公式 7]

$$[0186] \quad \tan \theta = \frac{\tan \theta'}{\tan \theta' \cdot \sin \beta + \cos \beta}$$

[0187] 如上所述,可以由计算电路 44 补偿角位移 α , β 之一。

[0188] 在上述第六和第七实施例中,计算电路 44 示范性输出第一传感器信号和第二传感器信号。作为另一范例,计算电路 44 可以输出第一传感器信号和第二传感器信号之一。

[0189] 图 21 是示出了根据另一实施例从计算电路 44 输出的传感器信号的图示。如图 21 所示,例如,计算电路 44 可以被配置成通过向在宽量程进行检测的磁传感器 20 输出的信号增加预定偏移来产生第一传感器信号,并通过对第一传感器信号和第二传感器信号彼此比较来输出第一和第二传感器信号中具有较小绝对值的一个。

[0190] 计算电路 44 可以被配置成以如下方式输出传感器信号。图 22A 是示出了根据另一实施例,在车辆发动机处于关闭状态时计算电路 44 输出的传感器信号的图示,图 22B 是示出了在车辆发动机处于打开状态时计算电路 44 输出的传感器信号的图示。亦即,图 22A 和 22B 是示出了车辆中安装的电流传感器 1 输出的传感器信号的图示。

[0191] 例如,可以在车辆中安装电流传感器 1 以检测车用电池的充电和放电电流。在这种情况下,在车辆的发动机处于关闭状态时,电流传感器 1 检测到无效电流。在车辆的发动机处于工作状态时,电流传感器 1 检测到充电和放电电流。为了检测无效电流,电流传感器 1 需要具有高的检测灵敏度。为了检测充电和放电电流,电流传感器 1 需要在宽量程内进行检测。因此,如图 22 所示,计算电路 44 可以被配置成输出第二传感器信号,在发动机处于关闭状态时,提供高探测灵敏度,在发动机处于工作状态时,输出第一传感器信号,提供宽的检测量程。

[0192] 在上述第三和第四实施例中,电流传感器 1 也可以被配置成执行高灵敏度检测以及宽检测量程中的检测。例如,在第三实施例中,可以在预定时刻改变铁芯线圈 31 中流动的电流。而且,在第四实施例中,可以在预定时刻改变线圈 32 中流动的电流。在这些情况下,可以在高灵敏度和宽量程中进行检测。

[0193] 例如,在根据发动机的工作状态和关闭状态改变检测灵敏度和检测量程的情况下,可以根据发动机的工作状态和关闭状态改变线圈 31、32 中流动的电流。于是,在发动机处于工作状态时,可以在宽量程中进行检测,在发动机处于关闭状态时,可以用高灵敏度进行检测。

[0194] 在这些范例中,预定时刻表示发动机状态从工作状态切换到关闭状态或从关闭状态切换到工作状态的时刻。

[0195] 可以通过各种方式组合上文描述的实施例。例如,在上述第六和第七实施例中,类似于第二实施例,偏置磁体 30 可以具有基本 U 形形状。作为另一范例,在上述第六和第七实施例中,可以将偏置磁体 30 替换成铁芯线圈 31。作为另一实施例,在第八实施例中,可以将偏置磁体 30 替换成第二到第四实施例之一的磁场产生元件。

[0196] 尽管仅选择了选定的示范性实施例来例示本公开,但本领域的技术人员从本公开将明了,可以在其中做出各种变化和修改而不脱离所附权利要求中界定的公开范围。此外,提供根据本公开的示范性实施例的以上描述仅仅是为了例示,并非为了限制所附权利要求及其等价要件界定的公开。

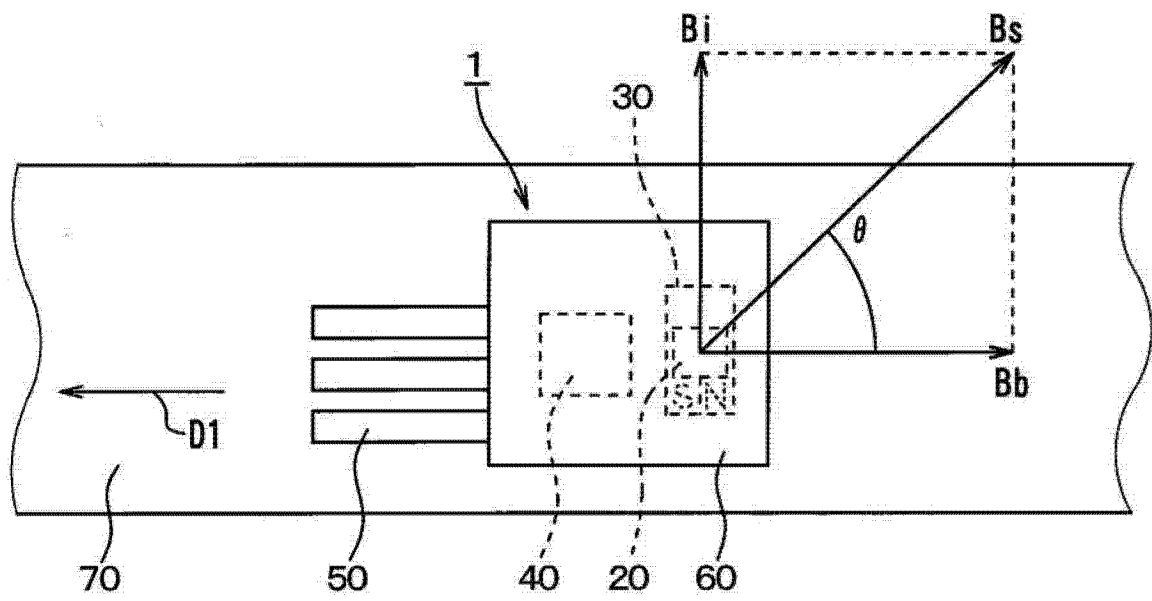


图 1

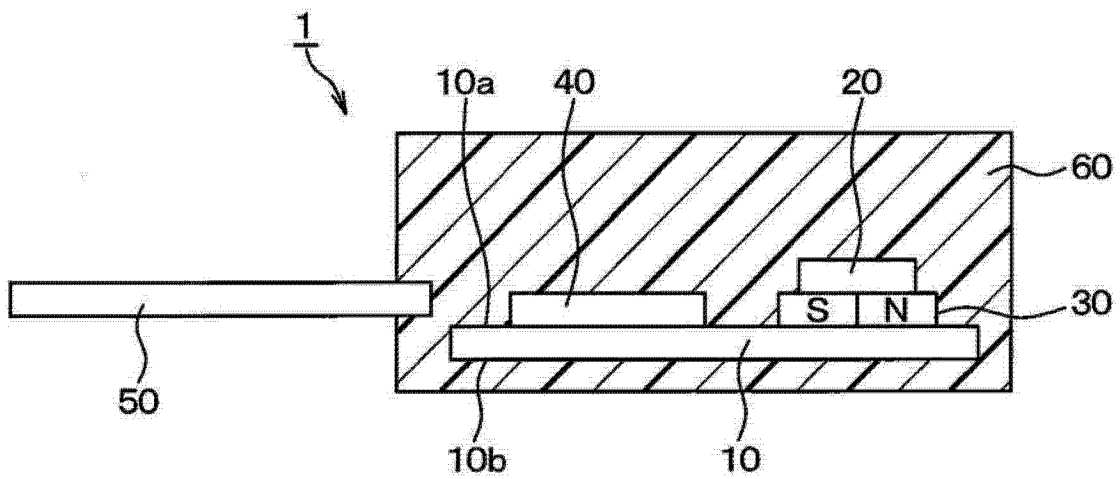


图 2

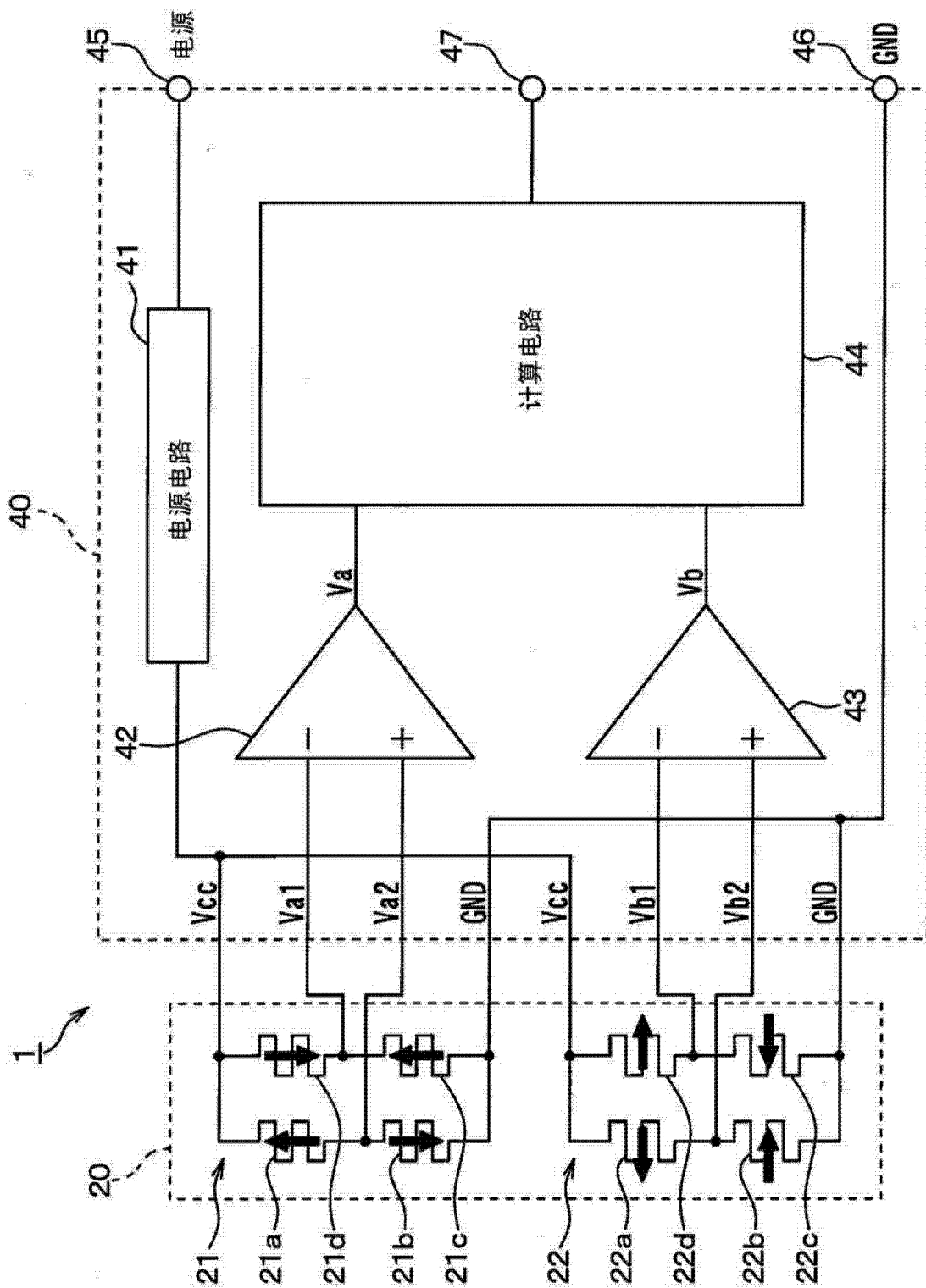


图 3

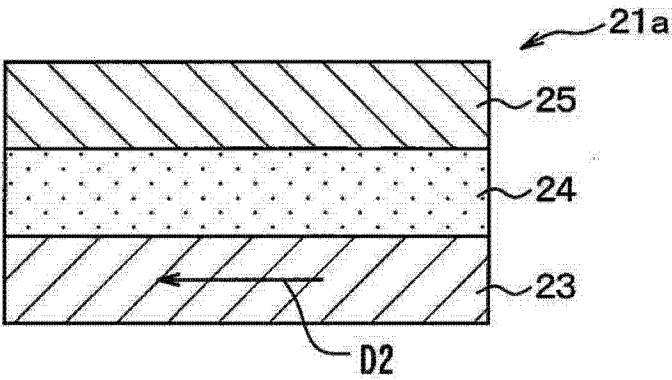


图 4

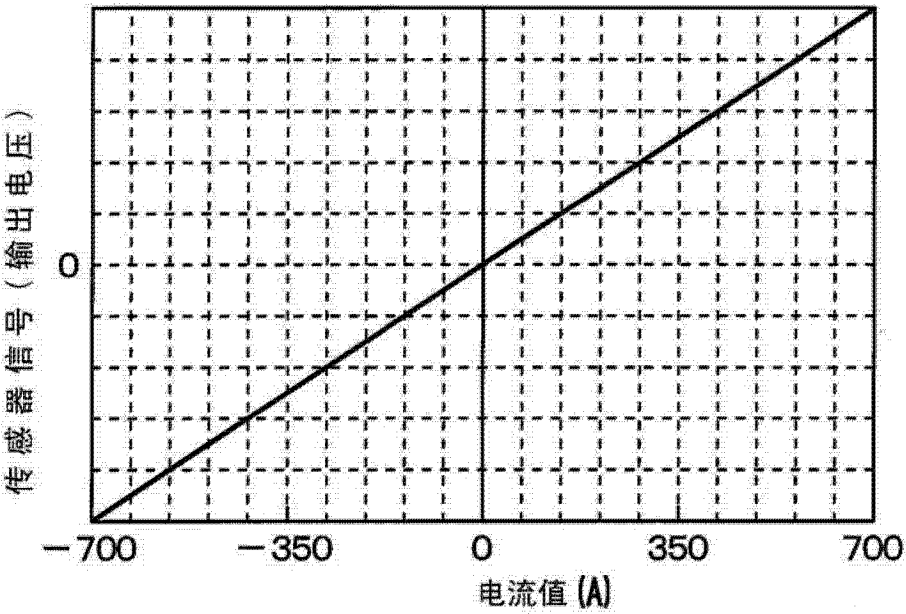


图 5

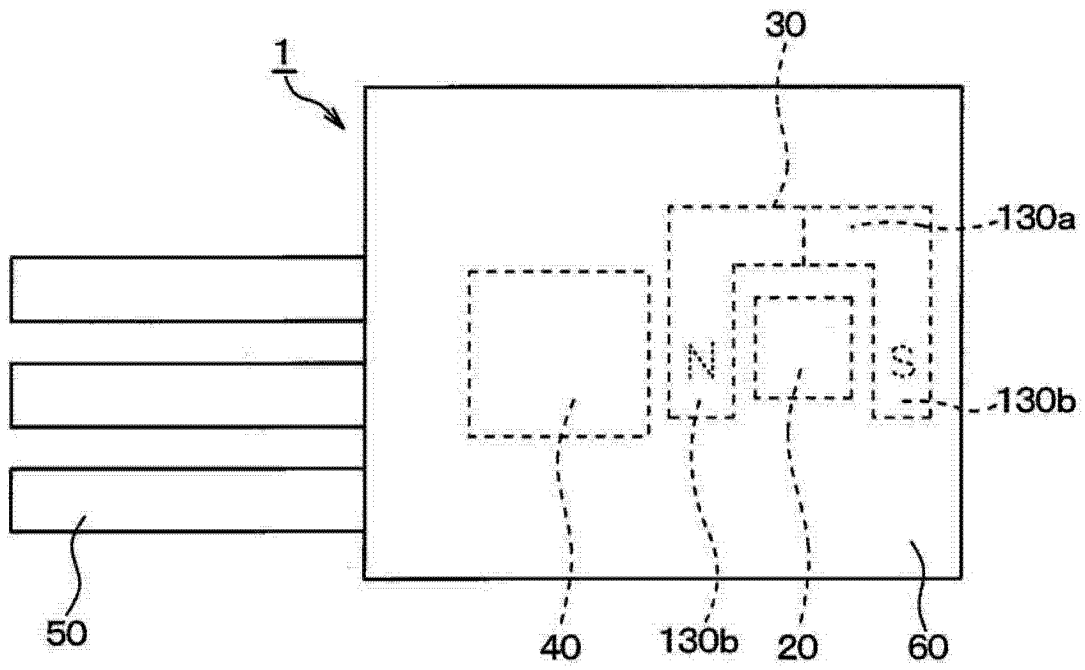


图 6

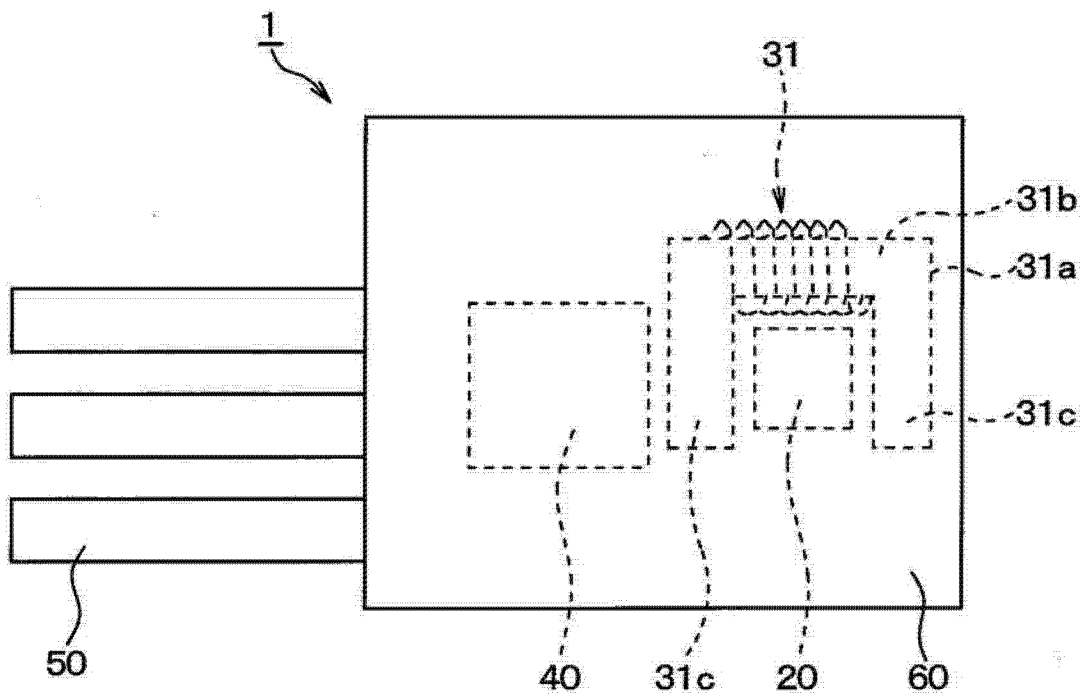


图 7

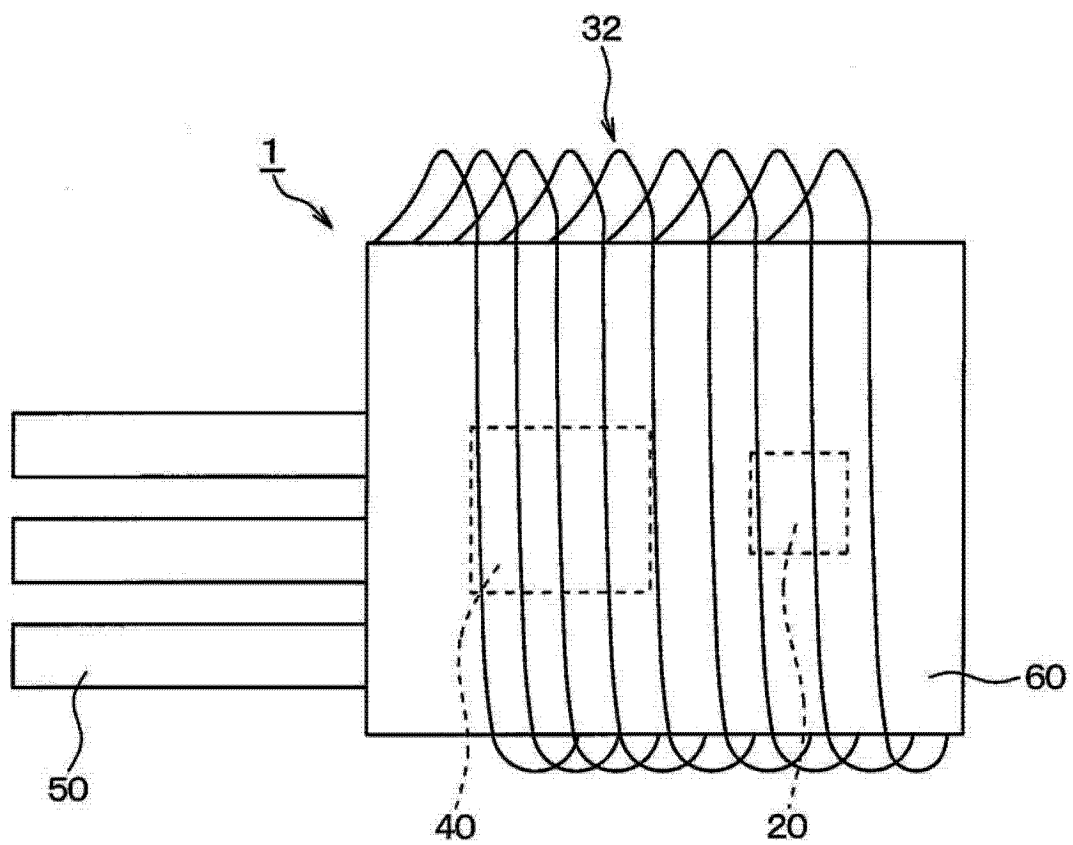


图 8

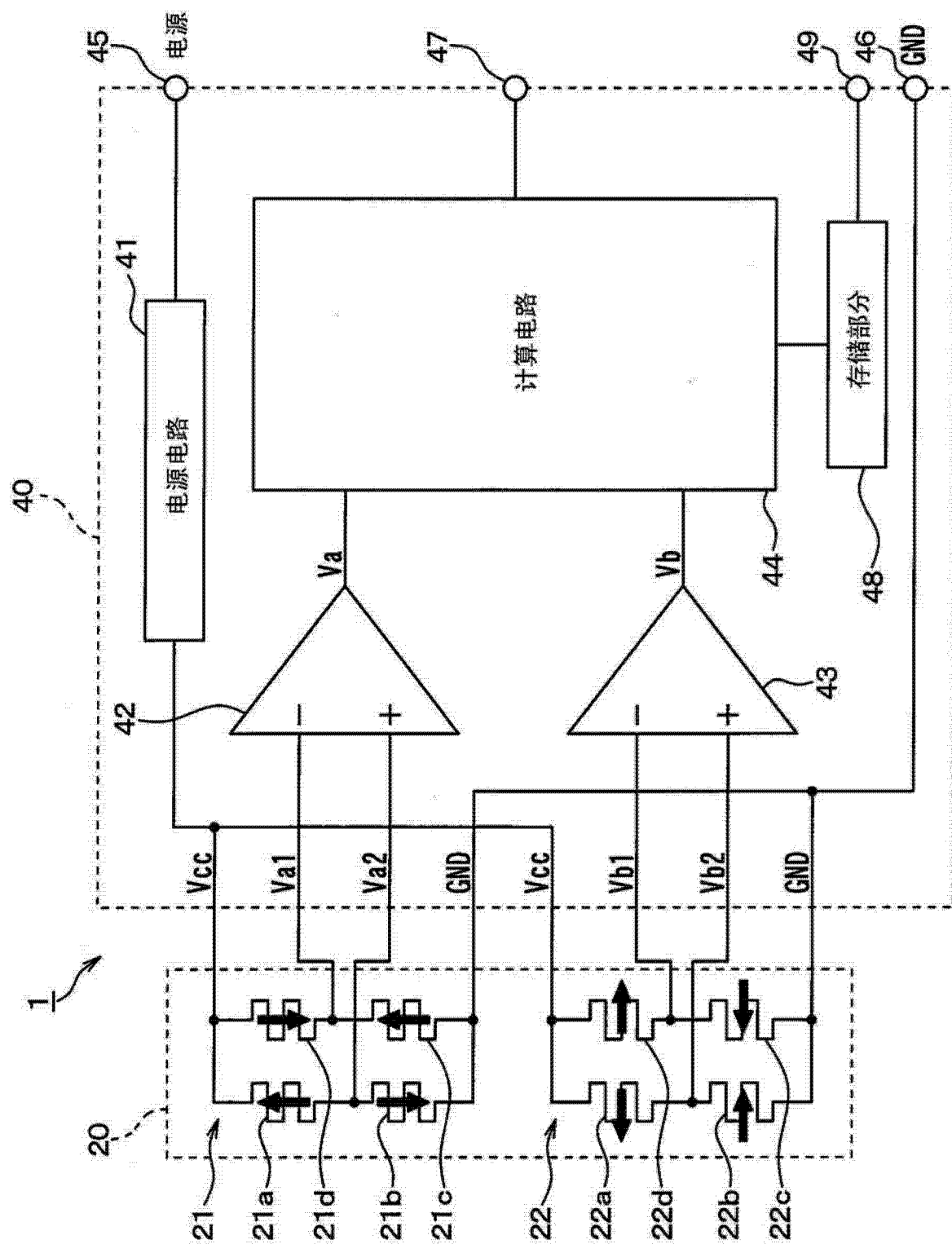


图 9

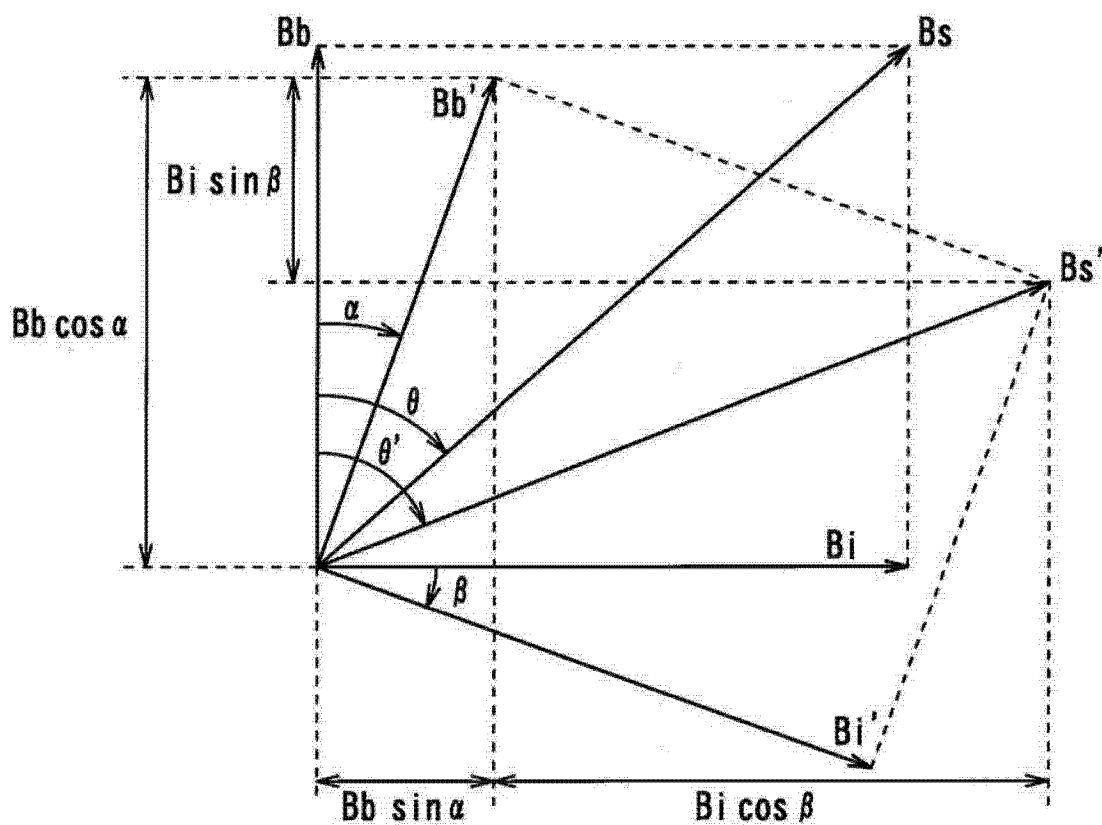


图 10

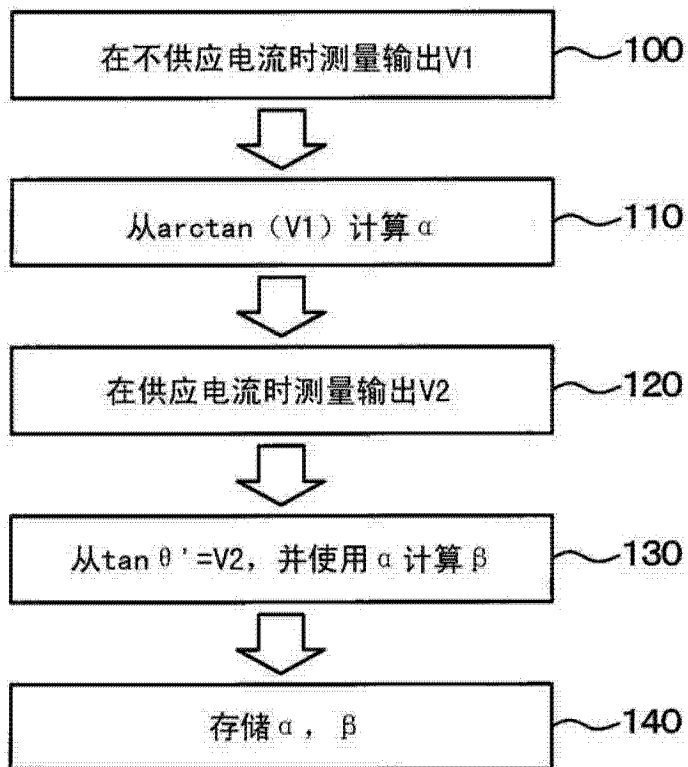


图 11

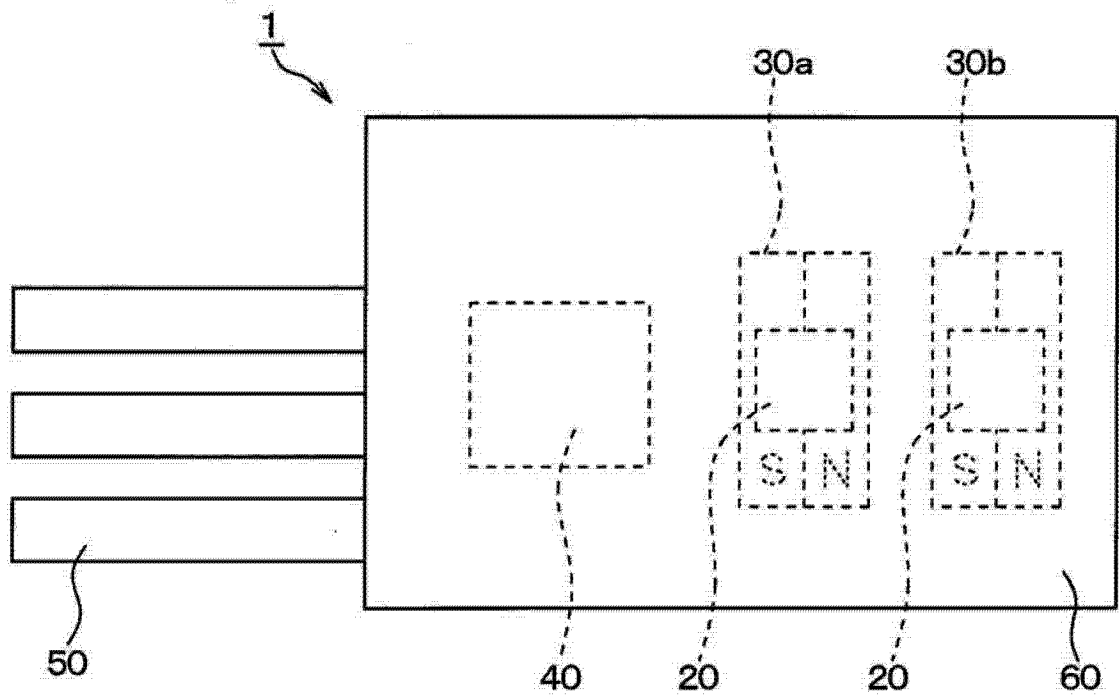


图 12

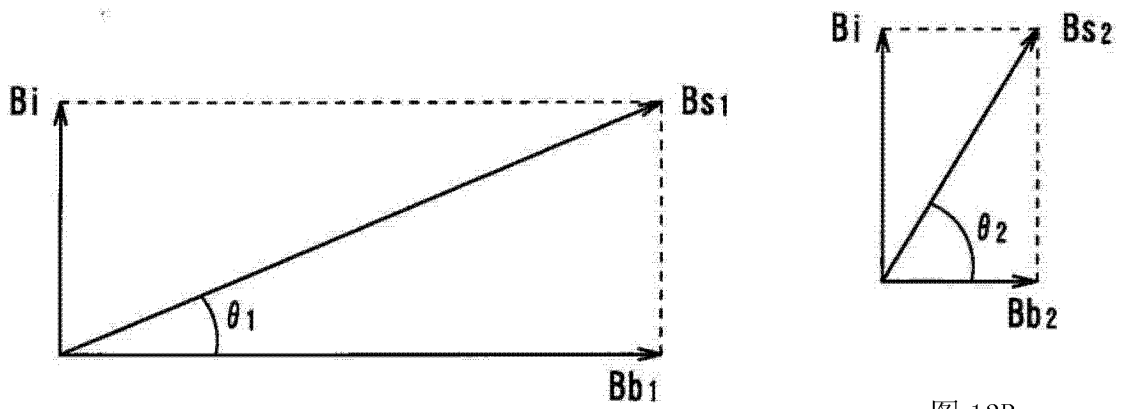


图 13B

图 13A

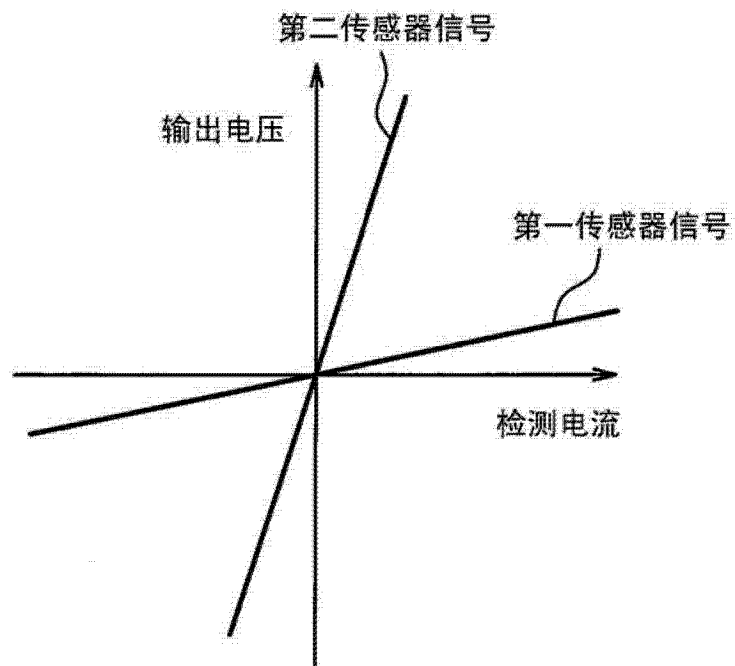


图 14

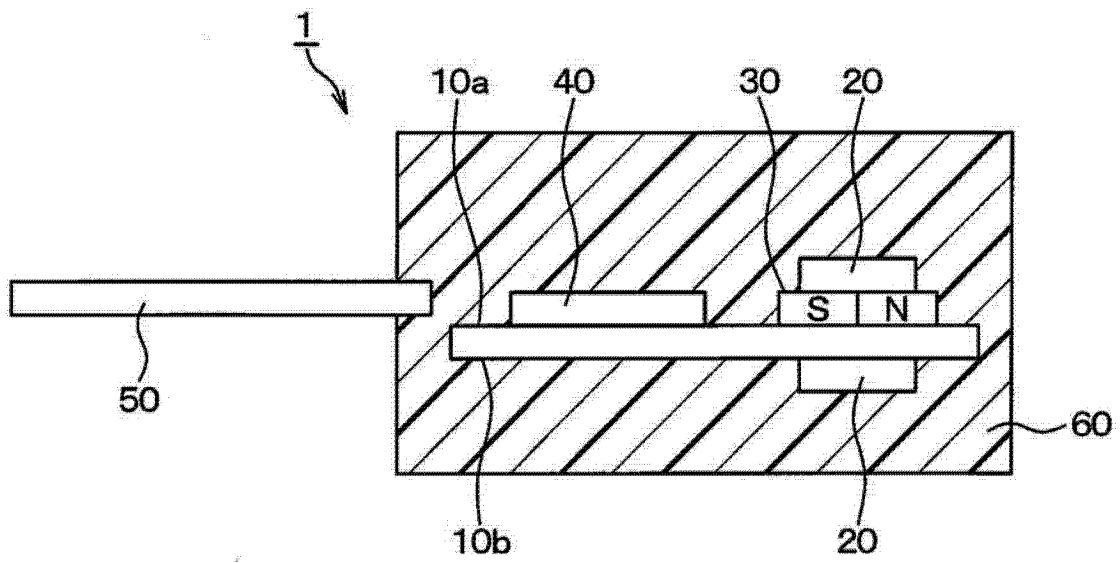


图 15

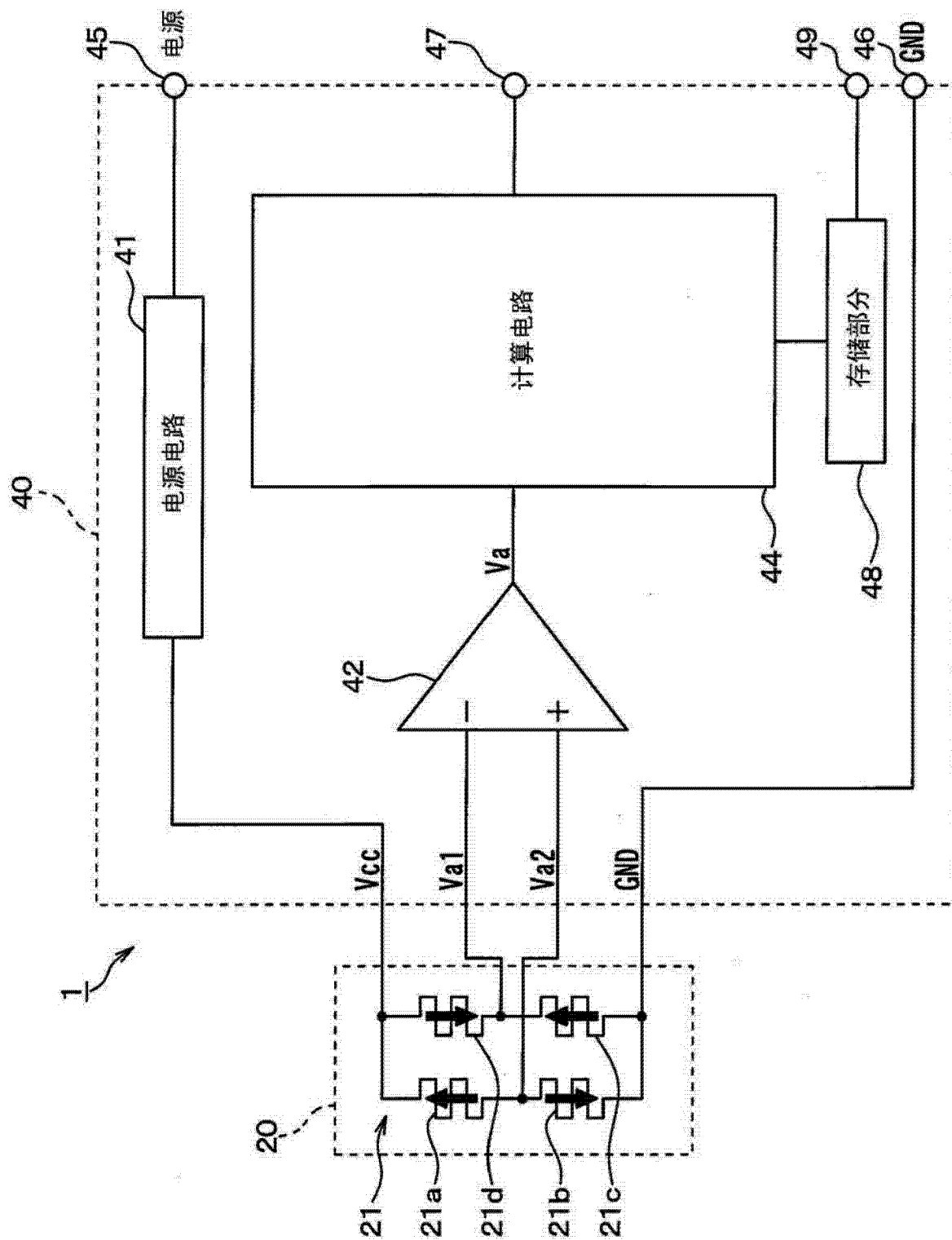


图 16

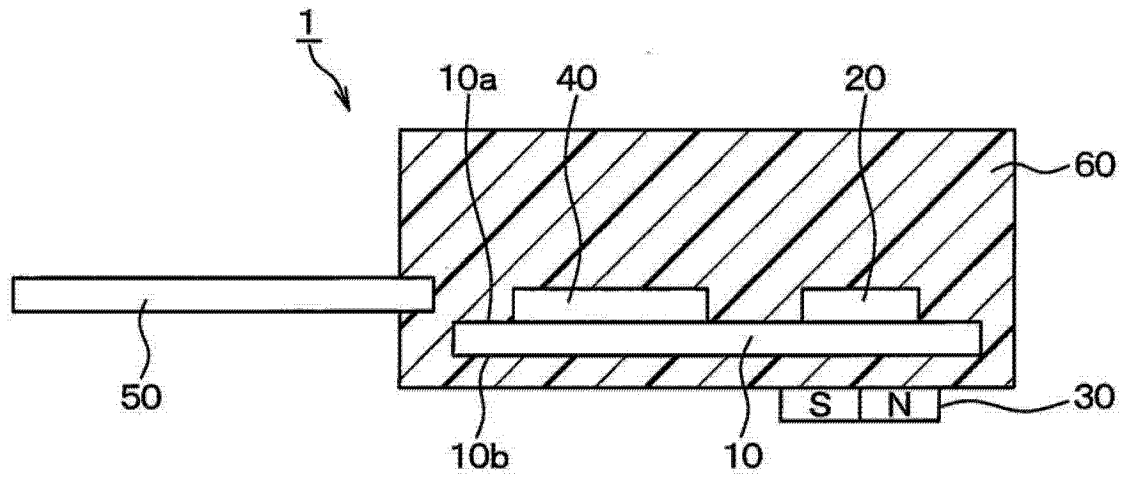


图 17

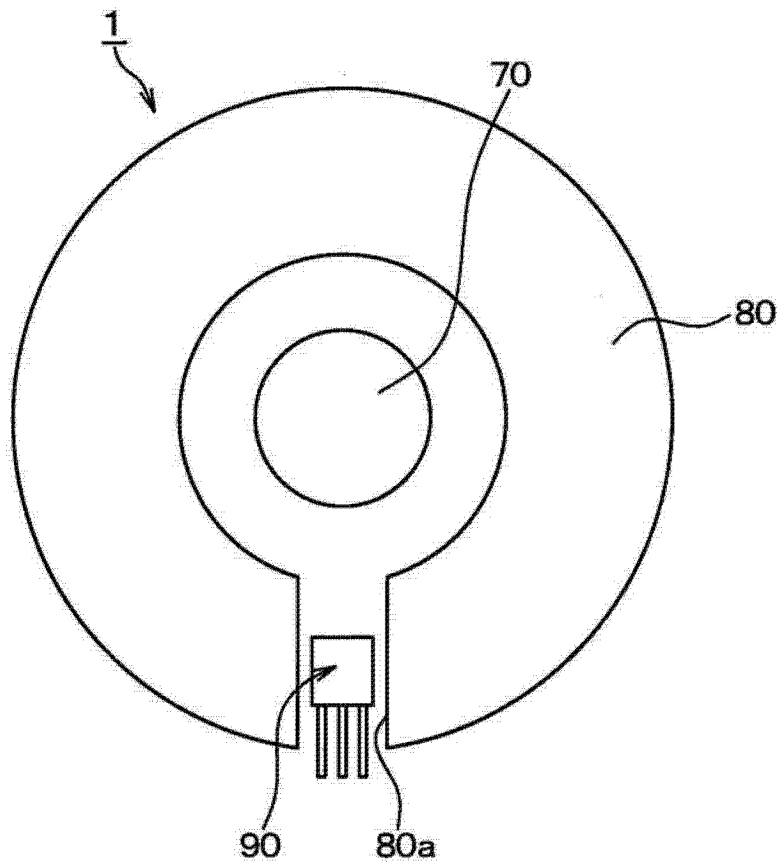


图 18

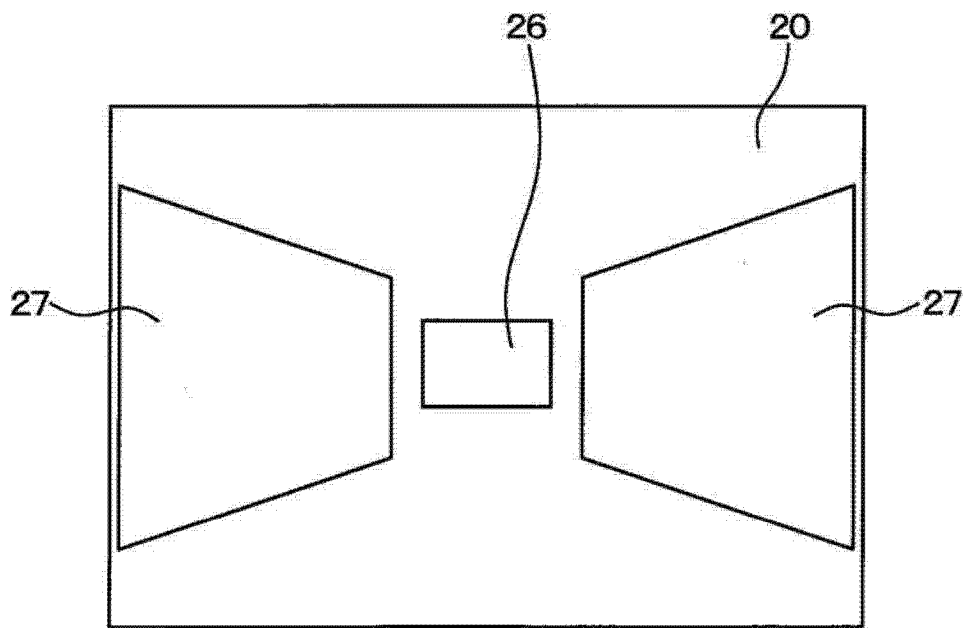


图 19

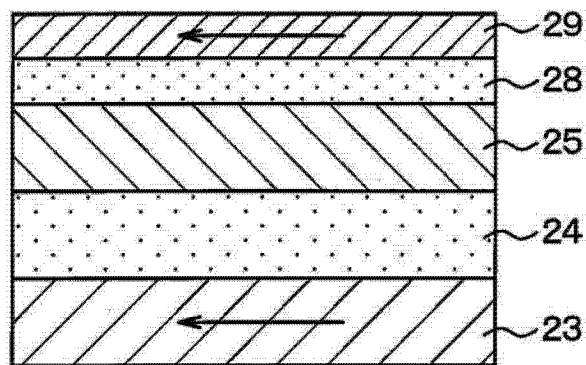


图 20

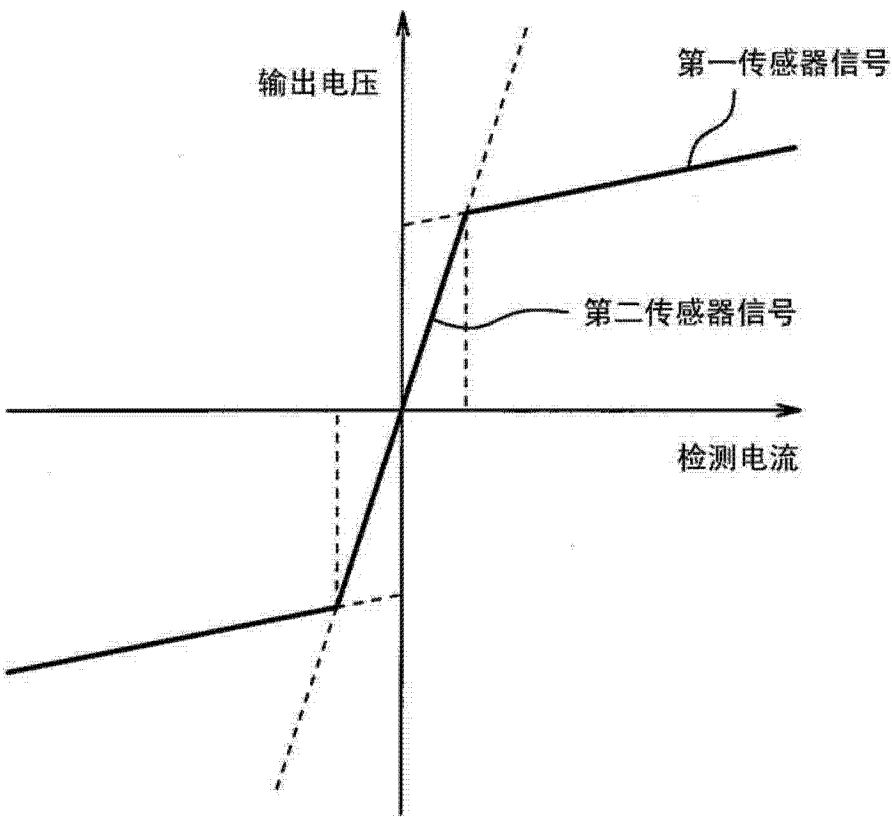


图 21

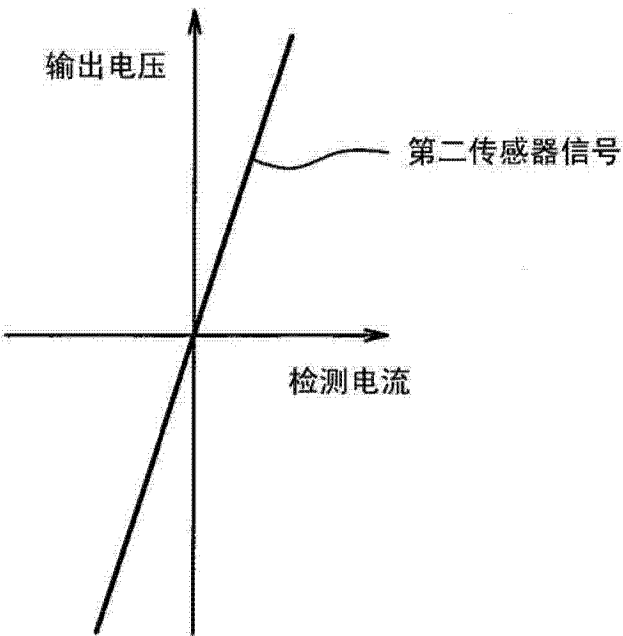


图 22A

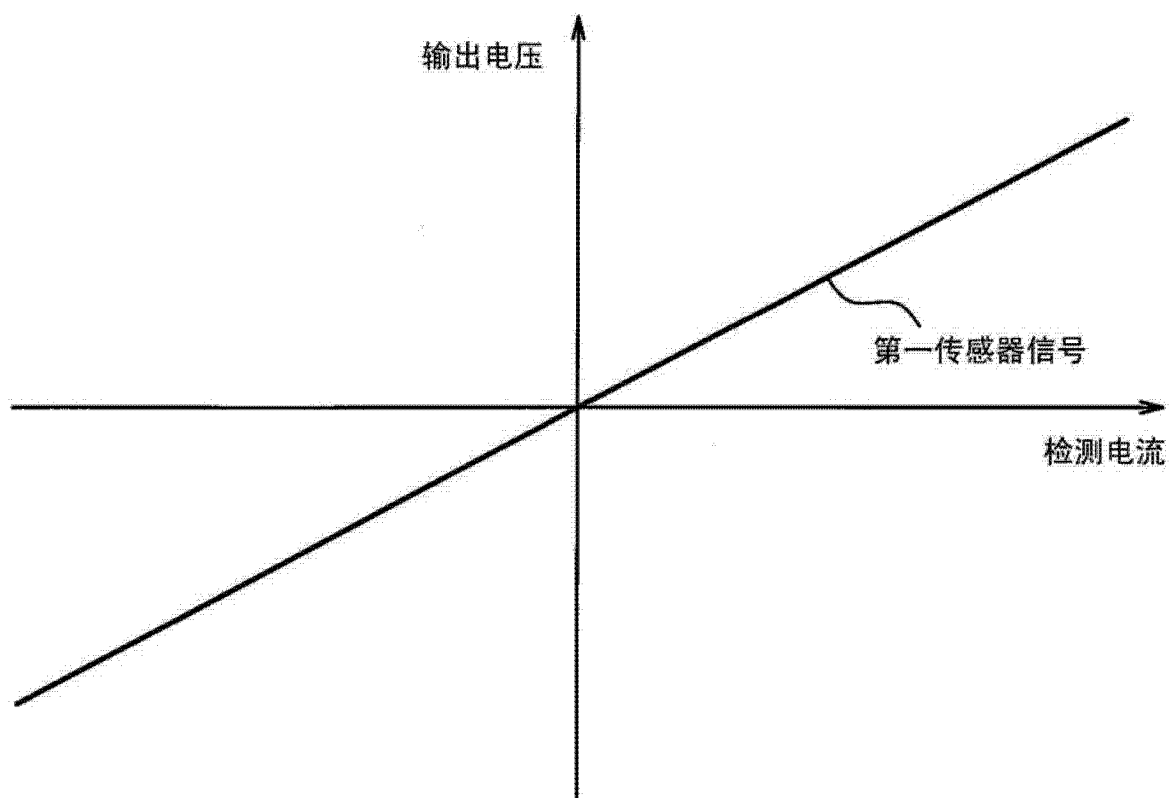


图 22B