



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94117624.X

[51]Int.Cl⁶

G01R 19/00

[43]公开日 1995 年 10 月 4 日

[22]申请日 94.11.2

[30]优先权

[32]93.11.2 [33]JP[31]297542/93

[71]申请人 住友特殊金属株式会社

地址 日本大阪府

[72]发明人 川上诚

[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

代理人 冯庚宜

H01F 38/40

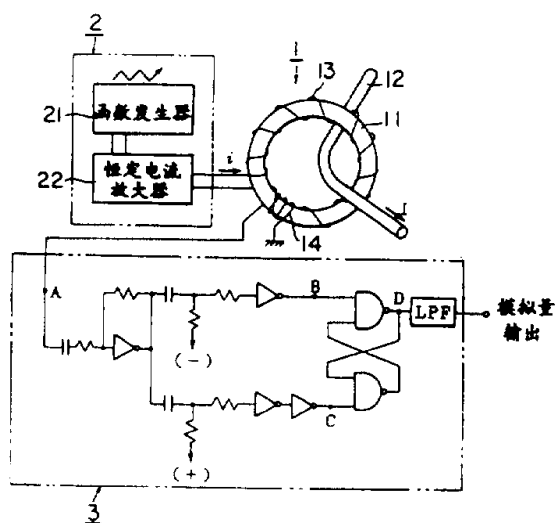
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 直流电流传感器

[57]摘要

本发明的目的在于提供一种灵敏的直流电流传感器，它的结构相对简单，在从极微电流到相对大电流（即大约 0.2A 到 20A）的大范围内电流变化有良好的线性检测能力。在构造中，激磁线圈和检测线圈在环形软磁性材料周围绕成环形，当三角波激磁电流加到激磁线圈上时，产生的磁场超过了铁芯矫顽磁力，铁芯中磁链的方向被转换，检测在比较脉冲间隔测量的检测线圈中产生的脉冲电压，检测出反向时间，可以检测出流过检测导线的直流电流的绝对值和方向。



权 利 要 求 书

1. 一种直流电流传感器,包括由环形软磁性材料组成的铁芯,从其中穿过被检测导线,用于不接触检测的直流电流从导线中流过;在所述铁芯周围缠绕成环形的激磁线圈和检测线圈;在激磁线圈上加三角波形激磁电流,它在铁芯中所产生的磁场超过了铁芯的矫顽磁力,通过检测在比较测量脉冲间隔的检测线圈中所产生的脉冲电压,可以检测出铁芯磁链方向的反向时间,从而检测出被检测导体中流过的直流电流绝对值。

2. 根据权利要求 1 的直流电流传感器,其特征在于,一个线圈具有激磁线圈和检测线圈的功能。

3. 根据权利要求 1 的直流电流传感器,其特征在于,当被检测导线从中间穿过的时候,铁芯可以沿周边方向至少分成一部分。

4. 根据权利要求 1 的直流电流传感器,其特征在于由环形软磁性材料组成的铁芯可以由多层软磁性材料片叠合而组成一体。

5. 根据权利要求 1 的直流电流传感器,其特征在于环形软磁性材料组成的铁芯是由坡莫合金构成。

说 明 书

直流电流传感器

本发明涉及直流电流传感器,它应用在广泛的领域里,例如,在维护开关板控制电路信号用电流测量仪表,从安装在轧钢厂一类的大型设备上的各种传感器检测模拟量电流信号,以及控制小型直流设备的测量电流仪表上。更具体地说,它涉及灵敏的直流电流传感器,其结构相对简单,在从极小电流到相对大电流(例如大约 0.2A 到 20A)的大范围内都有很好的线性检测能力。

近几年来,应用直流电流传感器的设备在许多技术领域里正在增加。为了使这些设备安全平稳地运行,直流电流仪表是不可缺少的,灵敏的直流电流传感器是非常需要的。对于这类直流电流传感器,已经知道的有霍尔装置方法,磁放大器方法以及磁多振荡器方法(日本专利申请 Nos. Sho471644, Sho53—31176, Sho59—46859)。

霍尔装置方法的构成是这样的,被检测的导线直接绕在由软磁性材料制成的铁芯外面成环形,霍尔装置部分地分布在铁芯上,该铁芯有一个气隙。由于被检测导线上通过的直流电流变化,所造成的铁芯磁链变化直接由霍尔装置检测到。

磁放大器方法和磁多振荡器方法是利用由软磁性材料制的铁

芯,将检测线圈在铁芯上绕成圆环形,被检测的导线穿过铁芯,事先将交流电流加到绕在铁芯上的线圈中,所产生的交变磁链达到饱和,直流电流通过被检测的导线,使得在饱和磁链密度(BS)范围内的软磁材料制铁芯上有直流磁偏移,某一时刻产生了正、负方向的不平衡,检测线圈检测到这一变化。

对于磁放大器方法,由于事先在铁芯中产生磁链变化,它的构成是有一个激磁线圈绕在铁芯周围,将确定量的交流电流通过线圈,但是,对于磁多振荡器方法,它的构成是由于与检测线圈相连的回路中的半导体及其同类的运行产生自振荡,并且振荡对被检测电流的响应使振荡波形的占空率变化。

虽然霍尔装置方法结构上相对简单,处理起来容易,由于它的检测能力无疑地取决于霍尔装置的特性,在采用现有的霍尔装置时,测量 $20A$ 和以下电流时难以有相对高的精度(大约为 2%),因此,它局限于检测大电流(即高于 $20A$)。

例如,虽然可能使用霍尔装置,由放大器放大检测信号,但是,组成直流电流传感器的铁芯矫顽磁力所造成的偏置输出和由霍尔装置的温度特性所造成的漂移都很大,为了总能实现所要求的高测量精度,必须不断调整零点,其结果是精度特别低。

另外,虽然也可以考虑把被检测的导线绕在组成直流电流传感器的铁芯上缠绕几百到几千圈或更多,但是,这便使直流电流传感器变得比较大,从而大大地限制了它的使用。

目前,虽然与霍尔装置方法相比,用磁放大器方法和磁多振荡器方法可以测量相对小的电流,但是其构造却变得复杂,而且,如前所述,需要有一个直流磁偏移,以便在直流电流流过被检测的导线时,使得软磁材料制铁芯饱和到非常接近于饱和磁链密度(BS),因此,被检测的导线必须在铁芯上缠绕几十至几百圈或更多,以响应检测电流,大大地限制了它的使用。

另外,由于铁芯本身的特有的磁特性出现在输出特性中,使得线性很差,不能实现所要求的高测量精度。

如上所述,很难说已有的传统霍尔装置方法,磁放大器方法和磁多振荡器方法的构造能配合电流在从小电流到相对大电流(例如大约 $0.2A$ 到 $20A$)大范围内的变化,目前,它们实际上不能用作灵敏的直流电流传感器。

本发明的目的是提供一种灵敏的直流电流传感器,它能解决上述问题,结构相对地简单,当电流从微小电流到相对大电流(例如大约 $0.2A$ 到 $20A$)的大范围内变化时,检测有很好的线性。

为了达到上述目的所作的各种研究的结果是一种最简单的结构,激磁线圈和检测线圈在由环形软磁性材料制的铁芯周围缠绕成圆环形,所看到的事实是,在激磁线圈上加上三角波激磁电流,所产生的磁场超过铁芯的矫顽磁力的时候,铁芯中磁链的方向便反向,本发明人发现,通过检测在用于比较测量脉冲间隔的检测线圈中所产生的脉冲电压,检测反向时间,可以检测出被检测导线中流过的直流

电流绝对值。

本发明的目的在于直流电流传感器,它是根据上述发现而研制的,包括:由环形软磁性材料组成的铁芯,从其中穿过被检测导线,用于不接触检测的直流电流从导线中流过;在铁芯周围缠绕成环形的激磁线圈和检测线圈;在激磁线圈上加三角波形激磁电流,它在铁芯中所产生的磁场超过了铁芯的矫顽磁力,通过检测在比较测量脉冲间隔的检测线圈中所产生的脉冲电压,便可以检测出铁芯磁链方向的反向时间,从而可检测出被检测导体中流过的直流电流绝对值。

本发明的直流电流传感器结构相对地简单,因为它采用了最简单的结构作为基本结构,其中,激磁线圈和检测线圈在由环形软磁材料制的铁芯周围缠绕成圆环形。另外,在激磁线圈上加一三角波激磁电流,它对铁芯激磁,所产生的磁场超过了铁芯的矫顽磁力,并且通过检测在用于比较测量脉冲间隔的检测线圈中所产生的脉冲电压,检测到铁芯磁链方向的反向时间,从而检测出流过被检测线圈中直流电流的绝对值和方向。电路并不太复杂,可以在从微电流到相对大电流(即约 $0.2A$ 到 $20A$) 的大范围内得到非常线性的检测能力,因而,它可以作为传感器,用在各种直流设备的控制和维护中。

特别是采用了将铁芯沿圆周方向分成至少一段的结构,使它很容易安装到被检测导线上,因此,这种直流电流传感器可以被更广泛地应用。

图 1 为本发明直流电流传感器一个实施例的原理性示意图。

图 2(A 到 D)为图 1 所示电路中 A 到 D 处电信号波形说明图。

图 3(A 到 E)为图 1 所示直流电流传感器运行原理的概念性说明图。

图 4(A)为本发明直流电流传感器另一个实施例的说明平面图，(B)为其说明前视图。

图 5 的直线图形表示通过被检测导线的直流电流和图 1 中本发明直流电流传感器输出之间的关系。

图 6 的直线图形表示通过被检测导线的直流电流和图 1 中本发明直流电流传感器输出之间的关系。

接下来，根据附图具体解释本发明直流电流传感器的运行。

图 1 为本发明直流电流传感器一个实施例的原理性示意图，其中，数字 1 表示直流电流传感器的主体。

在图 1 中，数字 11 表示环形软磁性材料组成的铁芯，其中穿过被检测的导线 12，非接触检测的直流电流从该导线中流过。将已知坡莫合金或类似材料构成的软磁性材料冲压成环形，经过预定的温度处理以后，叠成多层片，放置到绝缘树脂壳内，便形成铁芯 11。

在图 1 中，数字 13 表示激磁线圈，它在铁芯 11 周围绕成环形。数字 14 表示检测线圈，它和激磁线圈 13 一样地，在铁芯 11 周围绕成环形。

在图 1 中，数字 2 表示与激磁线圈 13 相连的电源部分。电源 2 由函数发生器 21 和恒定电流放大器 22 组成，施加预定三角波形激

磁电流,以后将进行说明。数字 3 表示与检测线圈 14 相连的电路部分,在这里得到由检测线圈 14 所检测的脉冲电压对应的预定模拟量输出,以后将进行说明。

在该图中,当铁芯 11 的磁特性如图 3(A)所示时,在激磁线圈 13 上加上一个三角波形的激磁电流 i ,它所产生的磁场超过了铁芯 11 的矫顽磁力。这就是说,当电流峰值为 i_p ,铁芯 11 的矫顽磁力为 H_c 时,三角波激磁电流的峰值 i_p 便确定,以便有 $H_c < Ni_p/l$ 。

这里, N 表示激磁线圈 13 的圈数, l 表示铁芯 11 的磁路长度。由于激磁电流造成激磁铁芯 11 中的磁场 H 随时间的变化如图 3(B)所示。

在电流 I 没有流过被检测导线 12 的情况下,或者在 $I=0$ 的情况下,当激磁电流增加, $Ni/l=H_c$ 建立起来,或者激磁电流减少, $Ni/l=-H_c$ 建立起来时,铁芯 11 中的磁场方向快速反向,在反向时,检测线圈 14 中产生了如图 3(C)所示的反向脉冲电压。

于是,在铁芯 11 中的矫顽磁力(H_c)是正方向与负方向对称的情况下,不论矫顽磁力(H_c)的密度有多大,在三角波波峰和波谷处所产生的脉冲间隔 t_1 和 t_2 相等(参见图 3(B)和图 3(C))。

在电流 I 流过被检测导线 12 的情况下($I=I_0$),由于铁芯 11 中除了上述的激磁电流 i 的增大和减小所产生的磁场之外,事先还有电流 I 通过被检测导线 12 所产生的磁场(I_0/l)当磁场叠加时,如图 3(D)所示),激磁电流 i 增加,使铁芯 11 中的磁场 H 满足 $H=$

$Ni/l - I_0/l = +H_c$, 或激磁电流 i 减小, 使激磁铁芯 11 中的磁场 H 满足 $H = Ni/l - I_0/l = -H_c$, 铁芯 11 中的磁链方向便快速反向, 反向时在检测线圈 14 中便产生如图 13(E) 所示的反向脉冲电压。

在这种情况下, 即使铁芯 11 的矫顽磁力 (H_c) 是正向和负向对称的, 在三角波波峰和波谷处所产生的脉冲间隔 t_1, t_2 是不同的 ($t_1 < t_2$) (参见图 3(D) 和图 3(E))。然而, 当单位时间激磁电流 I 的变化为常数, 增大和减小斜度的绝对值相等 ($di(\text{增大})/dt = -di(\text{减小})/dt = \text{常数}$), 流过被检测导线 12 的电流 I 正比于 $\{(t_2 - t_1)/(t_2 + t_1)\}$ 。

因此, 通过测量脉冲间隔 t_1 和 t_2 之差与事先流过被检测导线 12 上电流 I 之间的关系, 由电气测量脉冲间隔 t_1 和 t_2 , 便可以检测通过被检测导线 12 的电流 I 的绝对值和方向。

例如, 在图 1 所示的结构中, 从由函数发生器和恒定电流放大器组成的电源部分 2 所产生的预定三角波激磁电流 i 加到激磁线圈 13 上时, 电流 I 流过被检测导线 12, 在线圈 14 中检测到对应于电流 I 绝对值的脉冲电压, 通过电路 3 最后得到预定的模拟量输出。图 2 所示为图 1 中在电路 3 上 A、D 点对应的电信号波形。

虽然上面叙述了激磁线圈 13 和检测线圈 14 独立地缠绕到铁芯 11 上的结构, 由于激磁线圈 13 和检测线圈 14 基本上是在同一位置以相同方向缠绕, 在激磁线圈 13 中也产生上述的脉冲电压, 便可以增加一个电路, 仅从电气上取出脉冲分量, 由激磁线圈 13 具有检测线圈 14 的功能。

本发明的直流电流传感器很容易分开，因为铁芯 11 的结构非常简单。这样一来，便很容易安装到被检测的激磁导线上，大大地扩展了它的用途。

图 4(A)和(B)分别为采用分裂形铁芯的本发明直流电流传感器一个实施例的示意性平面图和前视图。

铁芯 11 由一对铁芯部件 11a 和 11b 组成，形成 C 形。起激磁线圈和检测线圈作用的公共线圈 15 仅缠绕在一个铁芯部件的周围（在图中为 11a 侧）。一对铁芯部件 11a 和 11b 的连接部分形成凹槽和突起，使得通过事先调整相对部分铁芯的数量，使它们相互平滑地啮合成一体，如图中所示。

因此，为了使被检测导线 12 穿过本发明的直流电流传感器的铁芯 11，只要将铁芯部件 11a 和 11b 分别放在被检测导线 12 周围，不需要切断导线，啮合相对部分为一体，便能容易地完成。另外，由于公共线圈 15 仅仅安装在一个铁芯部件上，即使在激磁线圈和检测线圈为独立安装的情况下，通过安装一个铁芯部件 3 便可以完成所需要的测量，减少了在连接和结合一对铁芯部件 11a 和 11b 时切断线圈的可能性，使其容易处理。

进一步，本发明的直流电流传感器特征在于即使采用分裂型铁芯的情况下，也能保持测量精度。也就是说，在装配分裂型铁芯的构造中不会产生磁气隙。例如，在采用霍尔装置的电磁转换型（检测磁链密度或磁链总量的一种方法）的 C 形钳型结构（阻尼型测试器）

中,可以用一只手进行操作,由于将被检测导线安装在C形铁芯中以后,用弹簧或类似工具将铁芯的接触部分闭合时,铁芯接触部分的磁气隙降低了在铁芯中所产生的磁链密度,从而产生了测量误差,尽管有必要用螺钉一类工具钳紧铁芯的接触部分以便减小磁阻,在轻便型中可以采用拧紧的方法,但是,铁芯接触部分压力的变化会改变磁阻,因而不可能得到稳定的测量。

然而,对于本发明来说,即使在采用分裂型铁芯的情况下,虽然在铁芯部件的接触面和连接部分的磁阻增加了,由于仅仅减小了在检测线圈中所产生的脉冲信号的高度,却完全不改变时间定位或反向时间,铁芯分开对于检测精度的影响很小。例如,通过连接检测脉冲峰值位置的电路,可以实现采用上述不分裂型铁芯情况下同样的测量,因此,它最适合于用在如上所述的轻便钳型中。

上述的本发明直流电流传感器是这样的,虽然环形软磁性材料作为铁芯是不可缺少的,还希望对应于被检测导线中所通过的电流强度,或检测灵敏度,或传感器的其它要求,来选择软磁性材料。通常情况下,在考虑到磁特性以及可加工性时,虽然坡莫合金是优选的,其它已知的软磁性材料,例如硅钢片,非晶体的电磁软铁和软铁氧体都可以单独或结合使用。

同样地,虽然这些软磁性材料可以由一块平板构成,也可以如前述的实施例中用多层软磁性材料片叠成为一体。

此外,在本发明的直流电流传感器中,关于环形软磁性材料,并

不局限于所谓的环形,软磁性材料可以仅仅联接起来,形成一个闭合的电磁回路,除了环形以外像椭圆环形,矩形和其它形状的各种结构均可以采用。

特别是在采用分裂型铁芯的情况下,最好考虑到检测导线安放的位置,及铁芯部件的装配和组装工作可能性选择分裂数和连接的结构,并不限于上述实施例的结构。

必要时,本发明的直流电流传感器最好用坡莫合金或非均质硅钢板制的屏蔽盒罩起来,以便防止混入感应噪音。

实例

将 0.5mm 厚的坡莫合金(镍78%,钼5%,铜4%,其它为铁)薄板冲压成圆环形,外径为 45mm ,内径为 33mm 。在 1100°C 一个氢气压下加热3小时,然后,在 600°C ,和 400°C 之间每小时 100°C 的多级冷处理,准备组成本发明直流电流传感器的铁芯材料。

将三张铁芯材料片叠合,放入由绝缘树脂组成的壳内,便得到环形铁芯 11。

将 0.2mm 外径的均匀导线在铁芯 11 周围绕成 100 圈环形,准备好激磁线圈 13。将 0.1mm 外径的均匀导线绕成 100 圈环形,准备好检测线圈 14。将激磁线圈 13 和检测线圈 14 分别连接到电源部分 2 和电路部分 3 上,如图 1 所示,形成本发明的直流电流传感器。将 8mm 外径的聚氯乙烯外皮的被检测导线穿过铁芯 11 以后,在激磁线圈 13 上加 50Hz , $i_p = \pm 0.15\text{A}$ 的三角波电流,改变加在被检

测导线 12 上的直流电流(被检测电流),这时的最后输出特性如图 5 所示。

图 6 所示为特别是在极微电流区域的输出特性。

从实施例中显而易见,电流在相对大范围中变化时,精确的测量是可能的(在 0.5A 到 10A 范围内保证 $\pm 2\%$ 精度),在极微电流范围内,相对精确的测量同样也是可能的(在 0.1A 到 0.5A 范围内,保证 $\pm 5\%$ 精度),因此,它适用于各种用途,特别是在直流设备的控制和维护中,本发明的效果可以有效地实现。

图 1

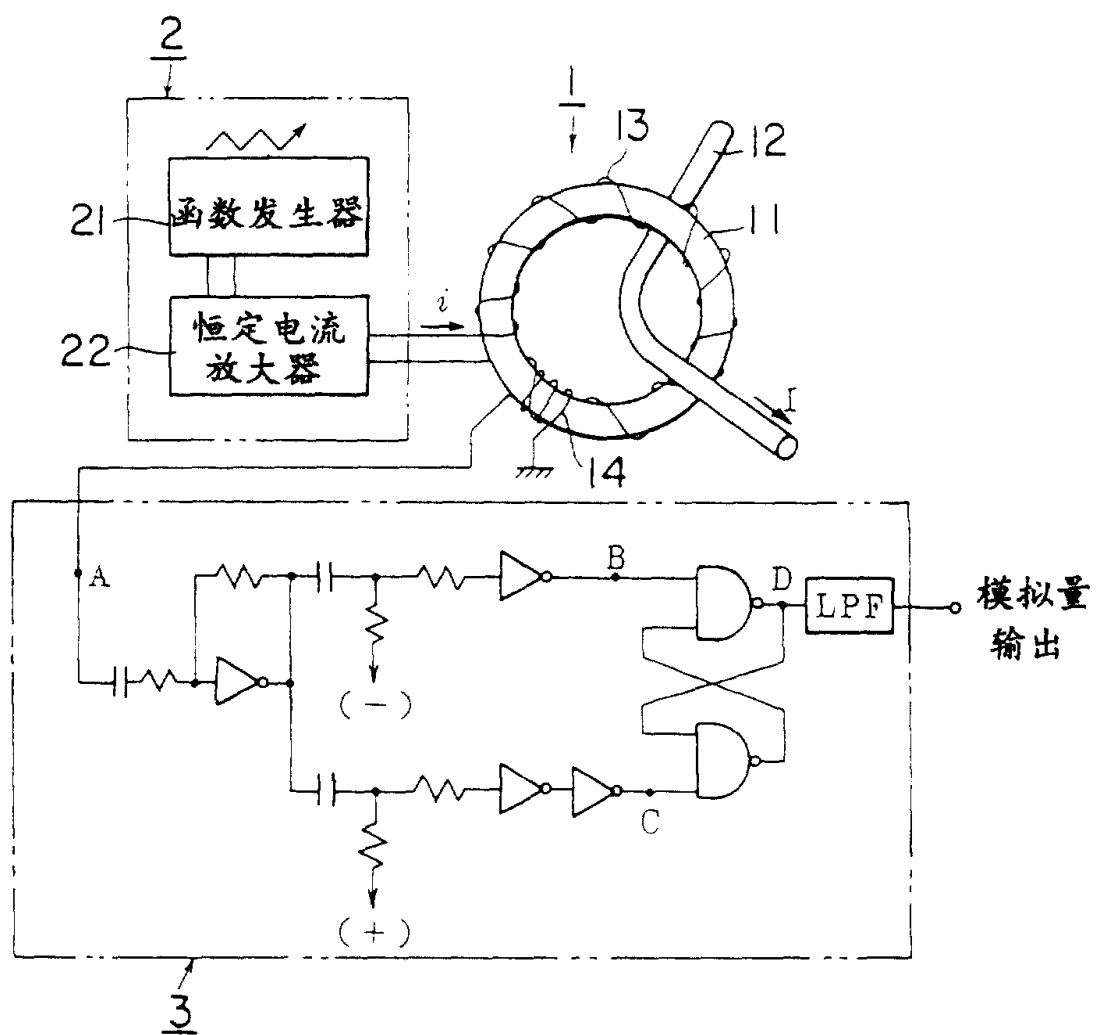


图 2

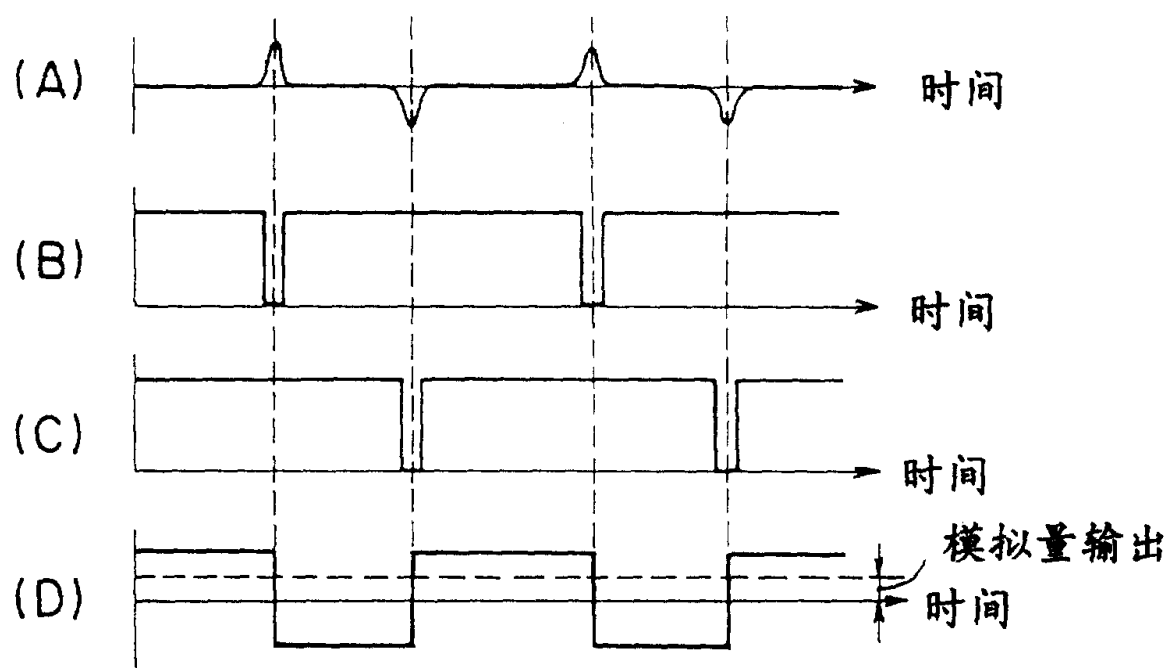


图 3

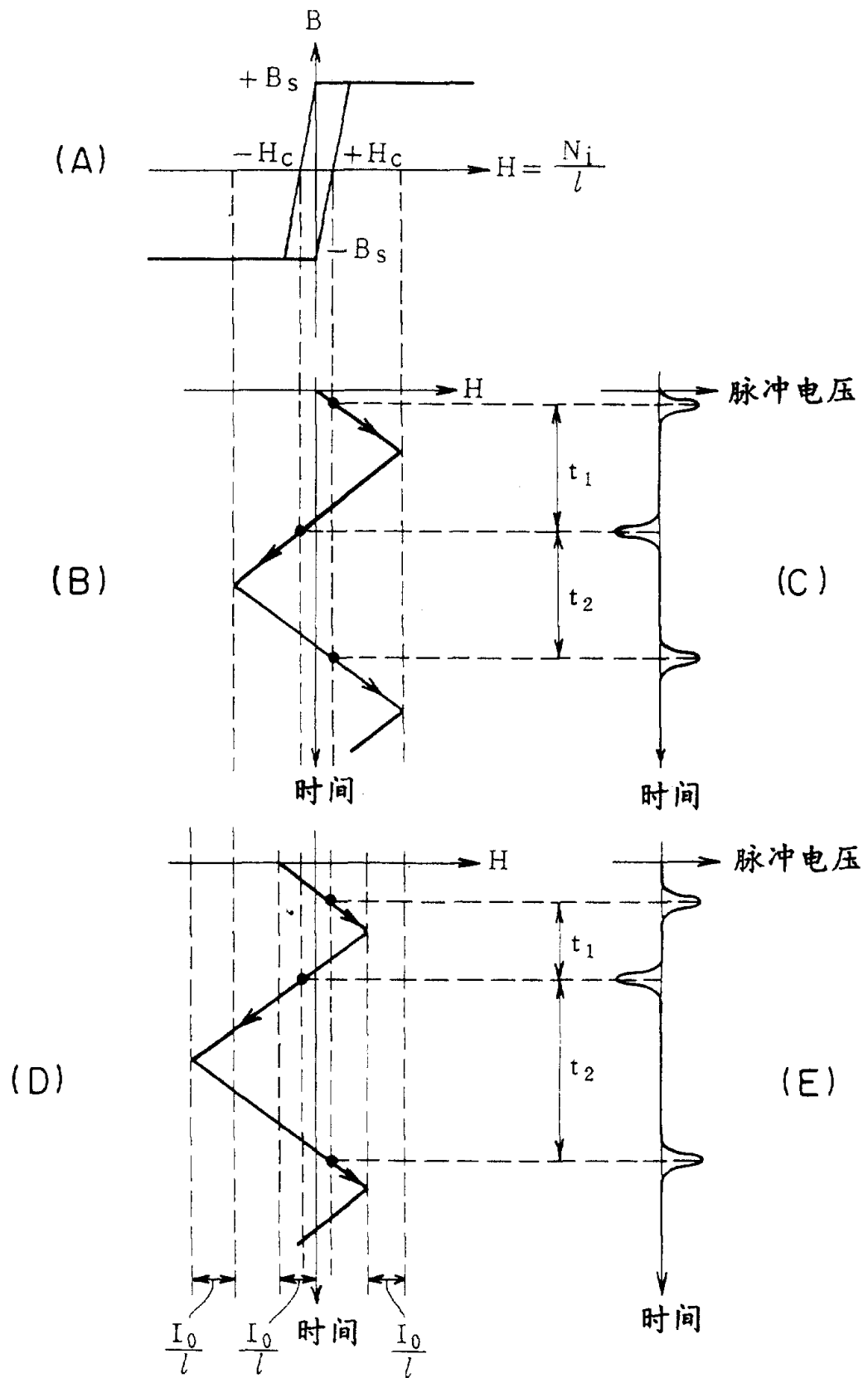


图4

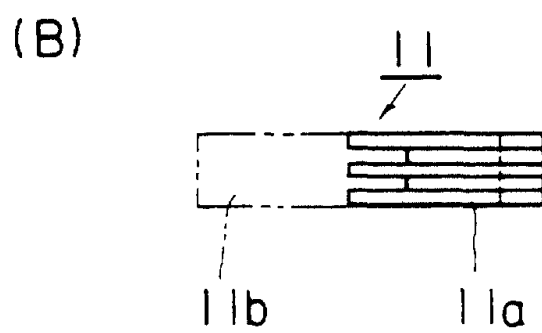
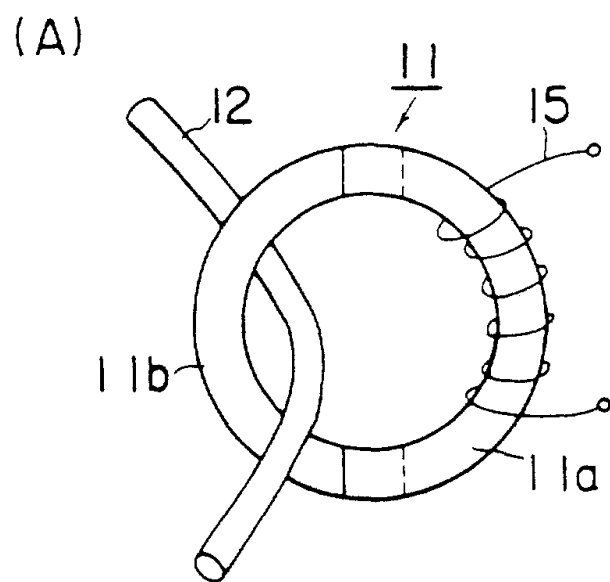


图 5

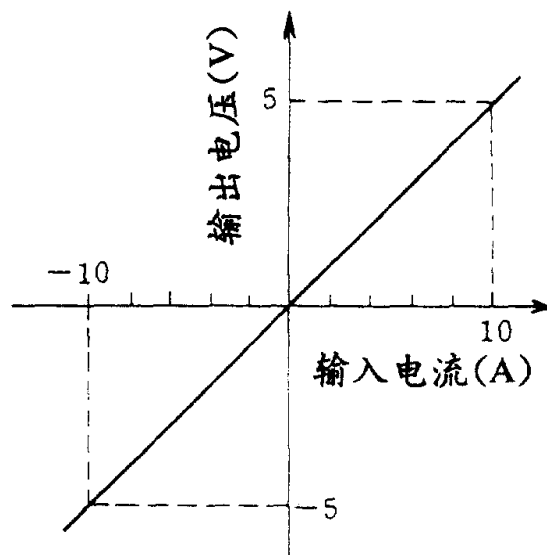


图 6

