

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01B 7/02

G01R 27/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00812306.3

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1149384C

[22] 申请日 2000.6.22 [21] 申请号 00812306.3

[30] 优先权

[32] 1999.6.30 [33] SE [31] 9902477-0

[86] 国际申请 PCT/SE2000/001328 2000.6.22

[87] 国际公布 WO01/001065 英 2001.1.4

[85] 进入国家阶段日期 2002.2.28

[71] 专利权人 ABB 股份有限公司

地址 瑞典韦斯特罗斯

[72] 发明人 S·林德

审查员 臧自欣

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

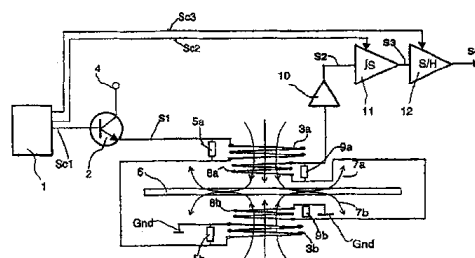
代理人 罗朋 张志醒

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 3 页

[54] 发明名称 物体尺寸的感应测量方法

[57] 摘要

一种对导电物体(6)的诸如厚度或直径的外形尺寸以及电特性进行非接触测量方法,该方法基于电磁感应以及时变磁场。将基本上恒定的电流供给至少一个发射线圈(3)以便电磁场透过该物体(6)。切断供给发射线圈(3)的电流且在至少一个接收线圈(8)中由于至少一个磁场的衰减而感应生成电压。从紧随空气中磁场的衰减之后的第一时间(T3)直到磁场已经衰减为零的时间(T4, T5, T6),测量接收线圈(8)中的电压,并且对该信号积分。由该积分值计算物体(6)的外形尺寸值。本方法精确、不受表面污染或物体移动的扰动,且适用于各种几何形状,包括板状、棒状或管状。



1. 一种对导电物体(6)的几何尺寸以及电特性进行非接触测量方法,该方法基于电磁感应以及时变磁场,其中将恒定的电流供给至少一个发射线圈(3)以便电磁场透过该物体(6),迅速切断发射线圈(3)的电流供给且检测读出在至少一个接收线圈(8)中由于磁场衰减而感应生成的电压,其特征在于透过所述物体(6)的所述电磁场垂直于所述几何尺寸的测量方向,且所述方法包括步骤:

10 -从所述物体(6)外部的磁场衰减之后的第一时间(T3)起,测量在所述至少一个接收线圈(8)中感应生成的电压,作为第一信号(S)

-由第一信号(S)计算所述物体(6)的所述几何尺寸的值。

2. 依照权利要求1的方法,其特征在于步骤:

15 -对第一信号(S)进行积分,积分时间由紧随所述物体(6)外部的磁场衰减之后的第一时间(T3)起直到材料磁场已经完全衰减为零时(T4, T5, T6)止。

3. 依照权利要求1的方法,其特征在于通过在透过所述物体(6)的磁场的衰减期间对第一信号(S)进行积分来测量所述物体(6)的厚度或直径。

20 4. 依照权利要求1的方法,其特征在于还有一个步骤:由所述物体(6)外部的磁场衰减之后的第一时间(T3)开始到第一时间(T3)之后不久的第二时间(T30)为止,通过同时测量在所述至少一个接收线圈(8)中感应生成的电压,且由那个电压计算出关于电阻系数的值作为第二信号(S6),来测量所述物体(6)的电阻系数。

25 5. 依照权利要求4的方法,其特征在于,在由所述物体(6)外部的磁场衰减之后的第一时间(T3)开始到第一时间(T3)之后不久的第二时间(T30)为止的时间间隔内对第二信号(S6)进行积分,该积分是对所述物体(6)的电阻系数的测量。

30

6. 依照权利要求4的方法,其特征在于,计算第二信号(S6)的积分的平方,其正比于所述物体(6)的电阻系数。

7. 依照权利要求1的方法,其特征在于,在所述物体(6)的两侧一侧一个地设置两个所述发射线圈(3a, 3b),这样由每个线圈感应生成的磁场在所述物体(6)的中心部分相遇,且透过所述物体(6)的磁场的总和的方向垂直于测量的方向。

8. 依照权利要求7的方法,其特征在于:

-由所述物体(6)外部的磁场衰减之后的第一时间(T3)开始到第一时间(T3)之后不久的第二时间(T30)为止,测量在至少一个接收线圈(8)中感应生成的电压

-计算修正的初始信号 $S5a_{korr} = S5a + C2 * S6a$ 和 $S5b_{korr} = S5b + C2 * S6b$, 其中 $S5a_{korr}$ 和 $S5b_{korr}$ 为来自两个线圈的修正信号, S5a、S5b、S6a、S6b 由四个信号通道得到,且 C2 是常数,且通过这种装置修正由第一时间(T3)之前材料磁场衰减引起的所述几何尺寸的测量误差。

9. 依照权利要求7的方法,其特征在于步骤:

-将在所述物体(6)外部的磁场衰减之后的第一时间(T3)开始到第二时间(T30)为止期间的积分值的一部分加到开始测量的第一信号(S)上。

10. 依照权利要求7的方法,其特征在于步骤:

-当材料磁场的滞后时间间隔很长时,作为一种计算关于第三时间(T4)的值得方法,计算修正的初始信号

$S5a_{korr} = S5a - S5a * (S6a / S5a)$ 和 $S5b_{korr} = S5b - S5b * Fu(S6b / S5b)$, 其中 S5a、S5b、S6a、S6b 由四个信号通道得到,而 Fu 函数仅取决于第一时间(T3)至第二时间(T30)之间的积分值与第一时间(T3)至第三时间(T4)之间的积分值的比率,第三时间(T4)是材料磁场的滞后时间。

11. 依照权利要求4的方法,其特征在于步骤:

-利用一对以上的接收线圈(8a、8b、13a、13b)

-根据所述物体(6)不同的几何尺寸选择线圈的大小,这样可以由一对以上的接收线圈(8a、8b、13a、13b)接收到的信号

来计算出一个以上的几何尺寸。

12. 依照权利要求 11 的方法，其特征在于：

所述几何尺寸为厚度与直径。

5 13. 依照权利要求 1-11 中任意一项的方法，其特征在于：所述物体（6）包括金属或金属合金。

14. 依照权利要求 1-11 中任意一项的方法，其特征在于：所述物体（6）包括非金属。

15. 依照权利要求 1-11 中任意一项的方法，其特征在于：所述物体（6）包括不同的金属和/或金属合金的组合物。

10 16. 依照权利要求 4 的方法，其特征在于步骤：

-由在切断电流供给的时间（T2）与第一时间（T3）之间的时间间隔期间的第一信号（S）计算第一值作为发射线圈（3）与物体（6）表面之间的距离；

15 -由第一值与发射线圈（3a，3b）之间的距离计算物体（6）的所述几何尺寸。

17. 依照权利要求 16 的方法，其特征在于步骤：

-利用并设置一对以上的接收线圈（8a、8b、13a、13b）

20 -根据所述物体（6）不同的几何尺寸选择线圈的大小，这样可以由一对以上的接收线圈（8a、8b、13a、13b）接收到的信号来计算出一个以上的几何尺寸。

18. 依照权利要求 17 的方法，其特征在于：

所述几何尺寸为厚度与直径。

19. 依照权利要求 11 的方法，其特征在于步骤：

25 -由在切断电流供给时间（T2）与第一时间（T3）之间的时间间隔期间的第一信号（S）计算第一值作为发射线圈（3）与物体（6）表面之间的距离

-由第一值与发射线圈（3a，3b）之间的距离计算物体（6）的所述几何尺寸。

20. 依照权利要求 19 的方法，其特征在于步骤：

30 -从第一时间（T3）到第一时间（T3）之后不久的第二时间

(T30) 计算第二信号 (S6) 的平方值, 由此提供的值正比于所述物体 (6) 的电阻。

21. 一种对导电物体 (6) 的几何尺寸以及电特性进行非接触测量方法, 该方法基于电磁感应以及时变磁场, 其中将恒定的电流供给至少一个发射线圈 (3) 以便电磁场透过该物体 (6), 迅速切断发射线圈 (3) 的电流供给且检测读出在至少一个接收线圈 (8) 中由于磁场衰减而感应生成的电压, 其特征在于透过所述物体 (6) 的所述电磁场垂直于所述几何尺寸的测量方向, 且所述方法包括步骤:

- 10 -由在切断电流供给时间 (T2) 与所述物体 (6) 外部的磁场衰减之后的第一时间 (T3) 之间的时间间隔期间的第一信号 (S) 计算第一值, 作为发射线圈 (3) 与物体 (6) 表面之间的距离
- 由第一值与发射线圈 (3a, 3b) 之间的距离计算物体 (6) 的所述几何尺寸。

物体尺寸的感应测量方法

技术领域

- 5 本发明涉及基于电磁感应的对导电的、基本上非磁性的物体的第一和最重要的尺寸诸如厚度与直径的值的非接触测量领域。本发明还可用于测量上述尺寸且同时可用于测量导电物体的电特性诸如电阻。

10 本发明可用于金属制品制造过程中，诸如板或条带、棒或管，在制造过程中需要测量那些制品的尺寸。它还可用于和金属制品的火法冶金处理过程有关的尺寸测量。本发明也可用于导电物体(包括非金属物体)的尺寸测量，在另一方面例如可用于控制金属部分特性且识别看不见的物体，诸如与锯切有关的在木材中的金属物体等等。本发明还可应用于同时需要测量上述尺寸和电学特性的应用中。

背景技术

- 15 一种已知的对板厚度的非接触测量方法，用放射性辐射或 X-射线照射板且然后测量金属板中的辐射吸收。这种吸收取决于板厚度而非其他且构成了对厚度的初始测量值。材料成分和材料表面涂层的改变会影响辐射吸收且因此减小这种装置的精确度。而且，用于这种装置的辐射迫使要求进行健康与安全检测。

- 20 利用电感应方法测量条带或板状的导电物体是公知的。一个或多个发射线圈产生时变磁场，该时变磁场可穿透进入导电物体且在那里感应生成电流。这些电流沿着它们的匝圈产生磁场，该磁场在一个或多个发射线圈中沿着它的匝圈感应生成电压，且该感应电压在经信号处理后用于测量厚度。

- 25 这样的方法和装置常常是基于正弦变化的磁场，由被测物体引起波幅改变和相位改变。这两种改变受至少测量系统的三个参数影响：物体位置、物体电阻和物体厚度，而因此以最简单形式存在的这样的系统从根本上讲是不确定的。有人试图通过引入不同频率的依次测量在某种意义上以获取更多的测量参数来解决该问题，但是这导致信号
30 表述变得很复杂且不能达到足够的测量精度。

通过利用随着时间变化的磁场上述问题已经得到解决，通过在一定时间周期内将恒定电流提供给发射线圈(过后马上切断电流供给)

来获得该场，如 US5 059 902 所述。利用这种技术在至少三个时间间隔期间内测量接收线圈中的感应信号，一个时间间隔是在电流刚刚切断后，一个时间间隔是在电流刚刚切断后且在磁场改变未穿透被测物体之前，以及最后一个时间间隔是在电流切断很久以后（此时磁场改变已经穿透被测物体）。借助于这三个测量值可以计算出物体的厚度。

上述方法在很多情况下好用，但是这三个测量值中的每一个仍然都包括一定程度的不确定性。尤其是第三个测量值，物体速度影响该测量值。总之这意味着厚度的测量值并不总是能达到所要求的精度。

US5 059 902 中披露了一种测量板的厚度的方法，参照附图 14，该方法借助于放置在板的两侧的两个线圈。通过下述方法测量板的厚度，在供给线圈的电流切断后紧随着的时间间隔期间分别测量每一侧的线圈和板表面之间的距离。那些线圈到板之间的距离和两个线圈之间的距离的差值就是板的厚度。这种计量仪器能够满足普通精度要求，但是线圈之间距离的自然变化例如由温度引起的变化对高精度要求而言是值得考虑的问题，该问题会导致降低该计量仪器的可用性。

美国专利 6236198 和 6188217 描述了测量制造过程中棒及类似制品尺寸的一种方法。该方法已表明可用于像例如热轧这样一类的多种生产过程测量，而且当测量精度与稳定性要求很高时该方法也有局限性。这些局限性在上下文中有描述，其中那些类型装置的测量精度由线圈在装置中的定位精度以及由此引起的在装置中的运动灵敏度确定。

发明概述

本发明的目的是提供一种用于导电物体的诸如直径或厚度的外形尺寸高精度感应测量的方法和装置，不受其它可变参数诸如物体位置与物体材料参数的影响。在上述实践中测量值仅仅直接取决于物体尺寸是实现高精度测量的前提条件。而且，实施该测量不受与物体近似的诸如水、油的其它材料以及表面涂层的影响。几何尺寸指在特别预先确定的方向上的。因此，例如平板厚度指与板平面垂直的几何尺寸，且条棒直径指与条棒长轴垂直方向的几何尺寸。

依照本发明借助于适当形状的线圈、发射线圈，供给其基本上恒定的电流，电流在物体中产生磁场，来实现本发明的发明目的。本发明一个重要的特征是该磁场是定向的，因此其具有一个有效分量即磁

场总和，其通常垂直于所要测量的方向。在充分足够长的时间之后，该磁场稳定了，切断供给线圈的电流。

5 在一个与 US5 059 902 中描述方法类似的方法中，测量开始于切断电流供给之后的某个时间。但是，在 US5 059 902 中测量立即开始于切断电流供给时。在本发明中，开始时间（其后开始进行测量）由物体外磁场衰减所用的时间确定。物体外磁场已经衰减之后，开始进行序列测量且对信号进行积分，积分时间是测量区域磁场衰减所用的时间，测量区域磁场由物体材料中的磁场引起。测量信号是基于电压的积分，电压由物体材料中磁场的衰减引起，测量信号是确定物体尺寸的基础。如下文进一步描述，物体外磁场衰减之后的周期可连续分割为两个时间间隔，在这两个时间间隔中接收测量信号，共同构成确定不受其它参数影响的物体尺寸的基础。

15 在所期望的几何尺寸是板的厚度的情况下，依照本发明通过布置相同的发射线圈，一边一个地设置在板的两侧距板相同的距离处且关于磁场彼此相对，可得到理想的磁场形状。当供给这些线圈基本上恒定的电流时在板上与板平面垂直的方向（测量方向）上没有磁场分量产生。在所期望的几何尺寸是棒或管的直径的情况下，依照本发明通过用线圈环绕棒/管使棒/管放置在线圈的中心，可得到理想的磁场形状。

20 在切断电流之前持续供给电流的最小时间取决于物体的大小与材料的电阻。该最小时间与尺寸的平方成正比，与材料的电阻成反比，且例如对于 2mm 厚规格的铝板是 $50\ \mu\text{s}$ 。从切断电流的时刻直至积分测量开始的时刻之间的时间应当尽可能的短，但是，其同时包括所有的物体外磁场衰减的时滞。那个时间基本上由发射线圈放电时间确定，放电时间由线圈的电感和环绕线圈的电分量确定。通常那个时间短于 $1\ \mu\text{s}$ 。直到在检测区域基本上所有的磁场变化都已结束才继而进行积分测量，那就是说，直到所有显著的磁场已经消失。那个时间与上述持续供给电流的最小时间具有同样的幅度量级。

30 通常借助于在一个或多个适当设置的线圈中感应产生的电压来测量磁场的变化。已知在这样的线圈中感应产生的电压正比于单位时间磁场的变化量 dB/dt ，且由开始时间 T_{Start} 到终止时间 T_{Stop} 对该电压进行积分得出

$$\text{积分值} = K * \int_{T_{\text{start}}}^{T_{\text{stop}}} \frac{dB}{dt} dt = K * (B_{T_{\text{stop}}} - B_{T_{\text{start}}}) = K * (0 - B_{T_{\text{start}}})$$

其中，K是比例常数且 $B_{\text{stop}}=0$ ，当时间为 T_{stop} 时磁场为0。这意味着积分值将正比于切断电流前存在于物体中的磁场，以及是对物体尺寸的直接测量。假如物体所在区域的磁场基本上恒定不变，则该积分值将正比于该物体的尺寸。依照本发明该方法还实现了提供精密测量的目的，精密测量直接由测量值给出且与除尺寸之外的其它因素无关。

用于测量磁场变化的测量线圈通常设置在靠近发射线圈的地方且相对于发射线圈对称分开，这样的设置对使用依照本发明的方法是必需的。测量线圈与发射线圈甚至可以是同一种线圈，但是用于在不同的测量时间间隔实现不同的功能。而且，测量可以用适当的技术直接测取且与由上述公式给出该方法预期的结果一致。

在依照本发明的方法中，物体可相对于优选位置移动而不会带来大的测量误差。对于较大的移动或当需要高精度测量时，优选本发明的另一个实施例。依照另一个实施例，可以测量像在依照本发明的两个接收线圈中依照上述的变化总和这样的值，或者是两个接收线圈的差值，而该差值是对物体位置的测量。

使用该方法测量具有高电阻的材料可应用另一个优选实施例。依照该实施例，另一个测量像上述的那些一样，测量线圈的感应电压从时间 T_{start} 到时间 T_{stop} 的积分，即附加的从时间 T_{start} 到时间 T_{stop} 的积分电压加在从时间 T_{start} 到时间 $T_{1\text{stop}}$ 的积分电压的一小部分之后。该部分能够补偿物体外磁场的衰减，磁场的衰减不是理想的快速衰减，且当衰减的时候材料中磁场发生一定的外扩散，该扩散是无法测量的。该部分可以是经验确定的且为常数部分或更加复杂的部分，根据上述的测量值双方精确确定部分。

本发明可方便地应用于同时需要尺寸的精确测量和诸如电阻和/或导磁率的电特性测量的那些情况。依照上文所述实施测量需要利用两个感应电压的积分，第一感应电压是从时间 T_{start} 到时间 T_{stop} 的积分，第二感应电压是从时间 T_{start} 到时间 $T_{1\text{stop}}$ 的积分。在电阻较低的情况下不需要补偿尺寸测量，且对从 T_{start} 到时间 $T_{1\text{stop}}$ 的积分开始信号的测量值可用于计算电阻，电阻正比于积分值的平方。

附图简述

结合附图将更加详细地对本发明进行描述。

图 1 示意性地显示了依照本发明的测量装置的略图。

图 2 显示了依照本发明的信号关于时间的示意性坐标图，其描述了测量发生所在的时间间隔。

图 3 显示了依照本发明的一个实施例，用以测量电特性。

图 4 显示了依照本发明的信号关于时间的另一个示意性坐标图，用以测量电特性。

图 5 显示了依照本发明的一个实施例，用以测量棒的尺寸。

图 6 显示了依照本发明的一个实施例，用以同时测量物体的两个尺寸。

优选实施例的描述

在图 1 中，显示了依照本发明的用于板厚度尺寸与板材料电特性测量的略图。这包括板形的测量物体 6、发射线圈 3a 与 3b，其中一个小“a”在下文中指板的一侧而“b”指板的另一侧。在第一测量周期将基本上恒定的电流由电流源 4 经过晶体管 2 供给两个发射线圈，晶体管 2 由来自控制电路 1 的控制信号 Sc1 控制。在这个电流供给周期中，晶体管将恒定电流传送到相连的发射线圈 3a、3b，且进而接地到 Gnd。这个电流供给周期过后立刻通过停止晶体管中的电流来切断经过发射线圈 3a、3b 的电流。跨接在发射线圈 3a、3b 上的电阻 5a 与 5b 在切断电流时能够对发射线圈 3a、3b 中的磁场励磁放电，并且能够以一种公知的方式在一段时间内执行励磁放电，该段时间具有线圈电感除以电阻的数量级。

发射线圈 3a 与 3b 基本上设置在距板 6 等同距离处且大小尺寸相同。在装置中如图所示布置线圈 3a 与 3b 从而生成磁场 7a 与 7b，7a 与 7b 彼此完全相反，因此在板 6 中心的磁场总和即有效分量不含有垂直于板 6 平面的分量。因此包围在板中的磁场总量即材料磁场取决于板 6 的厚度。

相对于测量区域，即受来自发射线圈 3a、3b 以及发生在板 6 中的激发现象的磁场影响的区域，两个接收线圈 8a 与 8b 分别被配置，用以通过检测在那些接收线圈 8a、8b 中的感应电压来检测测量区域的磁

场变化。这些接收线圈 8a、8b 具有同样的尺寸大小且设置在距板 6 等
同距离处，且以这样一种方式连接在一起，以便于在这两个接收线圈
8a、8b 中由磁场改变引起的电压相加。放电电阻 9a 与 9b 跨接在接收
线圈 8a、8b 上，以与发射线圈 3a、3b 同样的方法确定放电时间。在
5 放大器 10 中放大接收线圈 8a、8b 中感应生成的电压，由放大器 10 形
成时变信号 S2，此后在积分器 11 中对一定时间间隔的时变信号 S2 积
分，该时间间隔由来自控制电路 1 的控制信号 Sc2 控制。将完成积分
后的信号 S3 送到“采样保持”电路 12，其在前级电路中完成积分之后
采集信号值。由该电路获取的信号值 S4 是相对于时间变化稳定的信号
10 值，其可用作板 6 厚度的初始测量值。

图 2 描述了时间控制和依照所描述发明的图 1 中装置的信号，表
示为电压信号关于时间的坐标图。图 2 中最顶端的信号表示跨接发射
线圈 3a 与 3b 的电压 S1 相对于时间的关系。给晶体管 2 的控制信号 Sc1
15 从时间 T1 到时间 T2 为高电平且因此切换晶体管以使电流在这期间流
经发射线圈 3a、3b。因此跨接发射线圈 3a、3b 的电压 S1 在这期间变
为高电平。控制信号 Sc1 从时间 T2 到时间 T6 为低电平且阻断晶体管
2 以使在这期间没有电流流经发射线圈 3a、3b，因而跨接发射线圈 3a、
3b 的电压 S1 变为 0。时间 T6 之后重复这个次序。从时间 T1 到时间
20 T2 期间生成磁场 7a、7b 且变得强度均匀。时间 T2 时切断供给发射线
圈 3a、3b 的电流，因此磁场急剧变化。接收线圈 8a 将检测到该变化，
因此跨接在该线圈上的感应电压正比于该线圈所在磁场的变化，或，

$$S2 = K_c * \frac{dB}{dt}$$

其中 B 是作用在线圈上的时变磁场，t 是时间，而 Kc 是比例常数，
Kc 取决于线圈的大小尺寸与形状、线圈匝数与放大器 10 的放大系数。
25 而 K 只取决于固定变量且不随被测物体板 6 中的变化而改变。

关于 US5 059 902 如已经描述的那样，具有突然切断供给在导电
物体附近线圈的电流的序列由两个概念磁场的衰减来描述，第一个是
物体外磁场的衰减而第二个是材料磁场的衰减。因此通过测量线圈检
测到的信号的改变有可能区分这两种磁场衰减，这从信号 S2 的电压关
30 于时间的坐标图（顶端往下数第二个坐标图）可以明显的看出来。在
时间 T2 与 T3 之间物体外磁场衰减，其快速发生且导致信号电压在那

个期间有大的改变。

该时间间隔开始于 T2 而结束于 T3, T2 时切断供给线圈产生磁场的电流, T3 时线圈 (主要是发射线圈) 中的磁场衰减。依照已知的描述说明, 那个衰减可以确定表述为:

$$I = I_0 * e^{-L/R * t}$$

其中

I 是流经线圈的瞬时电流值

I_0 是在切断前流经线圈的电流

L 是线圈电感

10 R 是线圈放电电阻 (5)

t 是切断电流之后的时间

当 I 等于或小于 I_0 的 1% 时, 可以认为磁场已经衰减了。这个公式适用的情况是接收线圈的依照上述的衰减时间大致选定为等于或大于发射线圈的衰减时间, 该情况是优选的但不是必需的条件。

15 T2 到 T3 这段时间有大的变化衰减, 应该尽可能短, 以便获取好的测量结果, 且受依照图 1 的电阻 5a、5b、8a 与 8b 选择的影响。通常这些电阻阻值越高, 信号 S2 衰减就越快。通常值得努力使该时间短于 $1 \mu s$, 用一个典型的直径为 50mm 且匝数 10 的线圈意味着需要电阻数量级为 100 至 1000 欧姆。

20 当与物体外磁场有关的来自第一快速衰减部分的信号已经衰减完, 与材料磁场衰减有关的磁场继续进行缓慢的变化。在 T3 到 T4 这段时间当该变化缓慢进行时, 在接收线圈 8a、8b 中感应生成的电压很小, 这可以从信号 S2 的坐标图中明显的看出来。在时间 T4 该变化完全停止而信号 S2 为 0。

25 在关于信号 S3 (依照图 1 在积分电路 11 中积分后的信号) 的电压信号关于时间的坐标图 (图 2 中由上向下数第 3 个坐标图) 中, 表示了该积分信号。在控制信号 Sc2 的作用下设置积分器 11 直到时间 T3 为零, 且此后开始对信号 S2 积分。信号 S2 的变化在时间 T4 终止, 这就是为什么 S3 显示为恒定值的原因。从那以后获取的测量是板 6 中磁场程度的直接测量且是板 6 厚度的直接测量。因此借助于常规的“采样保持”电路 12 在控制信号 Sc3 的控制下进行在时间 T4 的积分测量。
30 其输出信号是信号 S4, 直接正比于板的厚度。

依照图 1 与图 2 的实施例决不限定依照本发明的方法，但被认为是对依照本发明方法的说明。因此发射与接收线圈也可以以多种方式设置，只要发射线圈供给的磁场在板的中部彼此相遇以便在穿过板的磁场方向上穿越板的磁场总和（在测量平面中）变为零。通常这意味着磁场在板的中心碰到一起以及垂直于板平面的磁场方向上的磁场变为零。对于接收线圈意味着它们是完全相同的且这样设置以便于它们检测板中磁场的变化。接收线圈与发射线圈可以是一样的线圈，且在特殊需求下可使用多于两个的接收线圈。

接收线圈甚至可以用直接磁场测量仪器替代，但是其结果是信号不是积分器产生的积分信号，而是当信号实时出现时直接读出信号值。

控制电路 1 可以是程控计算机，一种组合的或程序控制逻辑的电路或以另一种已知方式组合的控制电路。切断电流供给的电路在图 1 中表示为晶体管 2，但可以是任何类型的电路，无论如何其能够迅速切断供给线圈的电流。除了两个预先确定的时间之间执行获取接收线圈中感应电压积分值的主要任务外，接收方的电路没有限制。

在依照上述的实施例中，通过发射线圈 3a、3b 在给定方向上供给电流。那个方向是什么对本发明没有实际意义，且如下去做甚至更有利：设置电流供给使得在时间 T1 至时间 T2 期间（依照图 2）电流具有一个符合次序的特定方向，随后，当在时间 T6 之后重复该片断的时候，供给电流使流经线圈的电流方向相反。在此情形中，必须设置接受信道使得它能够交替地改变产生的信号的极性，以便初始信号得到相对于时间变化的常数。

在图 3 中显示了本发明的另一个实施例。这个实施例的目的是解决与依照图 1 的实施例相同的测量问题，但其不同点在于，当板的位置在测量区域改变时以及当板具有高电阻时，可以使用这个实施例。其甚至可以用于板非常厚的情况，以及那样可防止时变信号从板的一侧移动到另一侧。其甚至可用于板厚度与板材料电阻系数的同时测量。

在依照图 3 的实施例中，在板 6 两侧的发射线圈 3a、3b 由分离但同步控制的晶体管 2a、2b 分别供电。因此晶体管 2a、2b 用同一个来自控制单元 1 的控制信号 Sc1 控制，但分别用独立的电流源 4a 与 4b

供给恒定电流。在这个实施中，控制信号 Sc1 以及由此产生的线圈中的信号时序大体上与依照图 1 的时序相同，但是用分离的信号通道处理信号，分离的信号通道开始分别用放大器 10a 与 10b，这种情况下它们也可以是一个具有不同输入的放大器。那些放大器 10a、10b 的信号
5 分别进入第一部分通道 11a、12a 与 11b、12b，第一部分通道设置用于厚度测量（以与依照图 1 的通道 11 与 12 相同的方式），且大体上用同样的控制信号 Sc2 与 Sc3 控制，同时设置另一部分通道，用以测量在时间 T3 至时间 T4 整个期间的第一时间间隔（开始于时间 T3 而终止于时间 T30）的积分信号值，显示在图 4 中电压关于时间的坐标图中。
10 来自控制单元 1 的控制信号 Sc4 分别以这样一种方式控制那些积分器 13a 与 13b，如此，依照图 2 直到时间 T3 一直设置积分器为零，此后继续进行积分到时间 T30，时间 T30 后积分值保持为恒定值。在时间 T5 设置积分器为零。分别借助于“采样保持”电路 14a 与 14b 保存上述积分的结果。

15 将四个信号通道的结果 S5a、S5b、S6a 与 S6b 送到公共的计算电路 15。在该计算电路 15 中，使 S5a 与 S5b 相加，且以依照图 1 同样的方式得到板 6 的厚度的初始测量。还计算出那两个信号之间的差值 S5a-S5b，得到板 6 在测量区域中位置的测量。那种测量可以部分用于测量板的位置以及部分使用以便修正板的厚度的初始测量（primary
20 measurement）关于取决于板位置偏离的误差。在最简单的情况中，部分地依照下式通过从信号和 S5a+S5b 中减去信号差 S5a-S5b 的平方实现这种修正：

$$\text{新的初始测量} = (S5a + S5b) - C1 * (S5a - S5b)^2$$

其中 C1 是常数，其可以通过用不同厚度的板的测试来计算或测
25 量。这种方法也可用具有两个发射线圈的实施例来修正由板位置偏离引起的误差。

在板的电阻系数高的情况下，或者在物体外磁场的衰减时间实际上难于达成足够短以至于 T2 至 T3（依照图 2）间的时间变得相当长的情况下，使用信号 S6a 与 S6b 以便修正初级厚度信号的误差，误差由
30 于材料信号衰减开始于比 T3 早的时间而产生。S6a 与 S6b 的信号值分别可看作为时间 T3 以及那之前的时间时的衰减的表达式，且因此可用以计算那个误差。在最简单的情况下，在时间 T3 之前发生的衰减正比

上难于达成足够短以至于 T2 至 T3 (依照图 2) 间的时间变得相当长的情况下, 使用信号 S6a 与 S6b 以便修正初级厚度信号的误差, 误差由于材料信号衰减开始于比 T3 早的时间而产生。S6a 与 S6b 的信号值分别可看作为时间 T3 以及那之前的时间时的衰减的表达式, 且因此可用以计算那个误差。在最简单的情况下, 在时间 T3 之前发生的衰减正比于刚在时间 T3 之后就发生的衰减, 且刚在时间 T3 之后就发生的衰减依照图 4 在时间 T3 与 T30 之间测量, 因为:

$$\text{修正的初始信号 } S5a_{\text{kor}} = S5a + C2 * S6a$$

$$\text{修正的初始信号 } S5b_{\text{kor}} = S5b + C2 * S6b$$

其中 C2 是常数, 其可以通过计算或测量已知电阻的板来确定。

在板非常厚的情况下, 有时可能难于使 T3 至 T4 的时间间隔足够长以容许物体磁场完全衰退, 或者以便于信号 S2 不再改变。长的时间间隔导致长的测量时间, 因此不能以足够高的频率重复测量过程。这又会导致增加测量的干扰或噪声。在这样的情况下, 可以在来自物体的磁场已经完全衰减的时间之前选定至 T4 的时间间隔, 且因此测量信号可以修正为:

$$\text{修正的初始信号 } S5a_{\text{kor}} = S5a * (1 - Fu(S6a / S5a))$$

$$\text{修正的初始信号 } S5b_{\text{kor}} = S5b * (1 - Fu(S6b / S5b))$$

函数 Fu 是单值的修正函数, 其值仅取决于 T3 至 T30 之间的积分值与 T3 至 T4 之间的积分值的比率。该函数可通过对已知厚度以及已知电阻系数的板实施测量来确定。另外可以在切断电流前通过板的场强是常数且磁场迅速切断的假设下通过数学用已知的基本微分公式解决问题来确定。

除了 T3 至 T30 之间的积分值之外, 还可以测量电阻。因此可以同时得到厚度测量与电阻测量。在最简单的情况中, 可将 T3 至 T30 之间的积分测量值的平方作为物体材料电阻的初始测量。

在图 5 中显示了依照本发明的装置, 其用于测量棒、管或线的尺寸。在这个实施例中物体 6 是具有圆柱形几何形状的棒, 在此设法进行直径的测量且发射线圈 3 均匀对称环绕着该物体。对比依照图 1 的装置, 由于这个实施例的几何形状简单, 因此依照本发明实施测量只需要一个发射线圈 3。所述形状的发射线圈满足条件: 物体上在测量方向上的磁场分量变为 0。同样, 在这个实施例中用接收线圈 8 实施测

限的物体的直径。物体 6 可以是垫圈、硬币或类似物体，其需要测量多于一个方向上的尺寸大小，例如在这个实施例中的厚度和直径。该装置包括两个发射线圈 3a 与 3b，它们相对于物体 6 设置且以依照图 1 中装置同样的方式被供给电流。两个接收线圈 8a 与 8b 相对于发射线圈 3a、3b 以及物体 6 对称且以依照图 1 同样的方式设置，接收线圈 8a 与 8b 的信号通道连接到放大器 10、积分器 11 与采样保持电路 12，用以产生测量信号 S5。而且还有两个附加接收线圈 13a 与 13b，其信号通道连接到放大器 15、积分器 16 与采样保持电路 17，以上述信号通道同样的方式被控制，用以产生测量信号 S6。这些对接收线圈 8a、8b 以及 13a、13b 具有不同的大小尺寸，典型地依次较小的接收线圈对 8a、8b 的大小尺寸稍微小于物体 6，而较大的接收线圈对 13a、13b 的大小尺寸稍微大于物体 6。两个测量信号 S5 与 S6 在计算单元 18 例如微型计算机中用这样一种方式进行处理，以获得厚度尺寸与直径尺寸。这主要借助于利用测量信号 S5 与 S6 来完成，测量信号 S5 取决于厚度与直径两者但更多地取决于厚度，测量信号 S6 取决于厚度与直径两者但更多地取决于直径。这样，在计算或对具有不同厚度与直径的物体测量之后，对来源于 S5 与 S6 测量信号值的厚度与直径计算的算法可以用公式表示且用于计算单元 18 中。

依照图 6 的装置决不限于用附图描述的实施例，当需要测量多于一个尺寸的情况下，依照本发明易于实现使用多个线圈与多个测量通道以获得多个尺寸的物体尺寸的测量方法。

依照前面的描述本发明主要用于测量尺寸大小相对不大的物体。对于大的物体，诸如非常厚的板以及具有大直径的棒，直至磁场变化终止所用的时间即依照图 2 的时间 T4 太长以至于实际上难以控制处理。在那些情况下的长时间意味着不能实现足够频繁的重复，且因此，增大了测量的噪声水平，进而导致在那些情况下损害测量精度。在那些情况下认定什么为大物体还取决于电阻。例如，厚度 10mm 的铝板被认为是厚的。在那些情况下，像厚板或相对较粗的棒一样的测量按通常方法执行，可以用针对普通板厚度描述的实施例，且借助于在 US5 059 902 中描述的方法测量线圈与板表面之间的距离，来构造一个具有优良功能的测量仪表。在本发明可选择的另一个实施例中，通过改变对图 1 中或其它附图中相应的积分器的控制 Sc2 以包括一个 T2 至 T3

的时间间隔（依照图 2 与其它相应附图中的），可以很简单地实现这点。在本发明可选择的另一个实施例中，厚物体可同时用 US5 059 902 披露的方法测量所具有的物体材料电阻系数。同样地，在另一个实施例中，一个尺寸厚的物体可通过选择多于一对的线圈（8a、8b、13a、
5 13b）同时测量另一个尺寸，且相对于物体不同的尺寸来对每一对线圈定大小与设置位置，例如厚度和直径可同时测量。

在权利要求保护范围之内，可依照本发明实现对导电物体 6 诸如厚度的尺寸以及电特性的测量，这样的导电物体 6 不仅可以是金属诸如铜、铝与黄铜等以及它们的合金，而且可以是非金属、组合物以及
10 能够对感应磁场产生响应的其它材料。

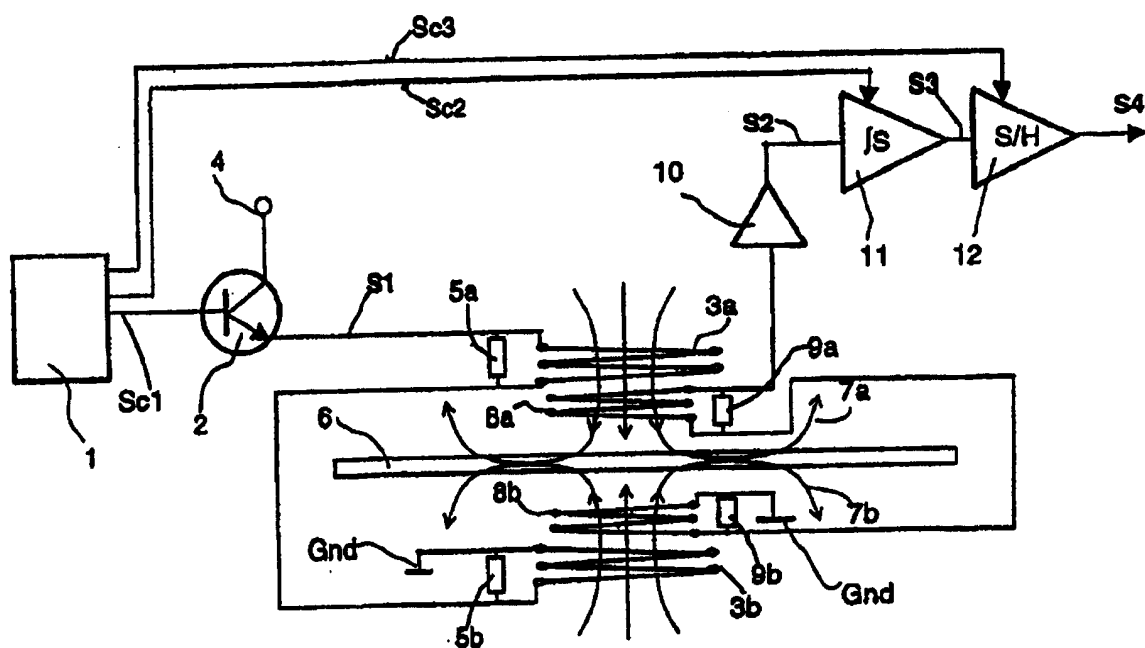


图 1

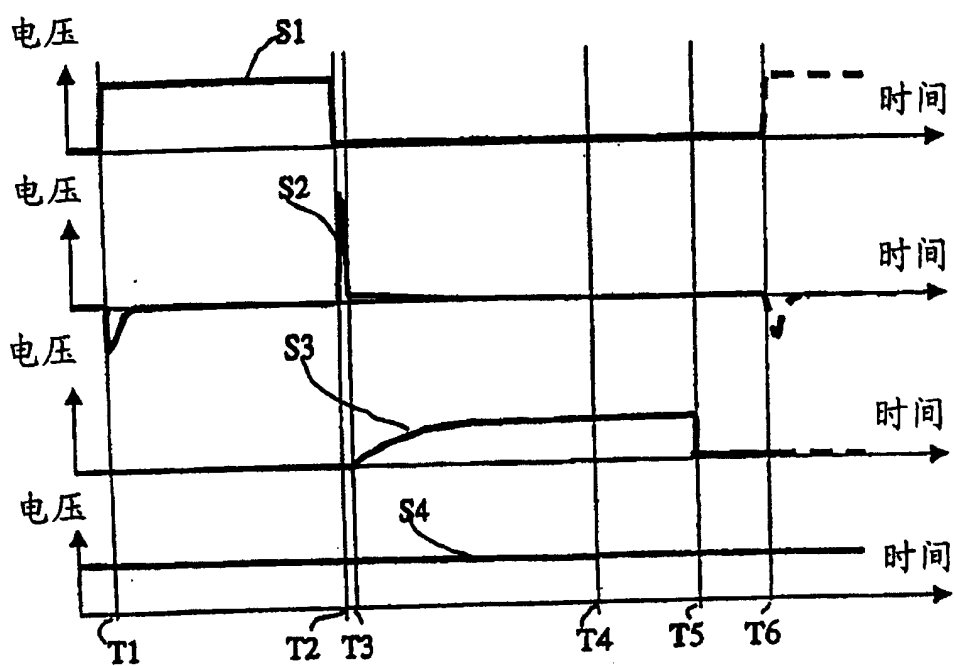


图 2

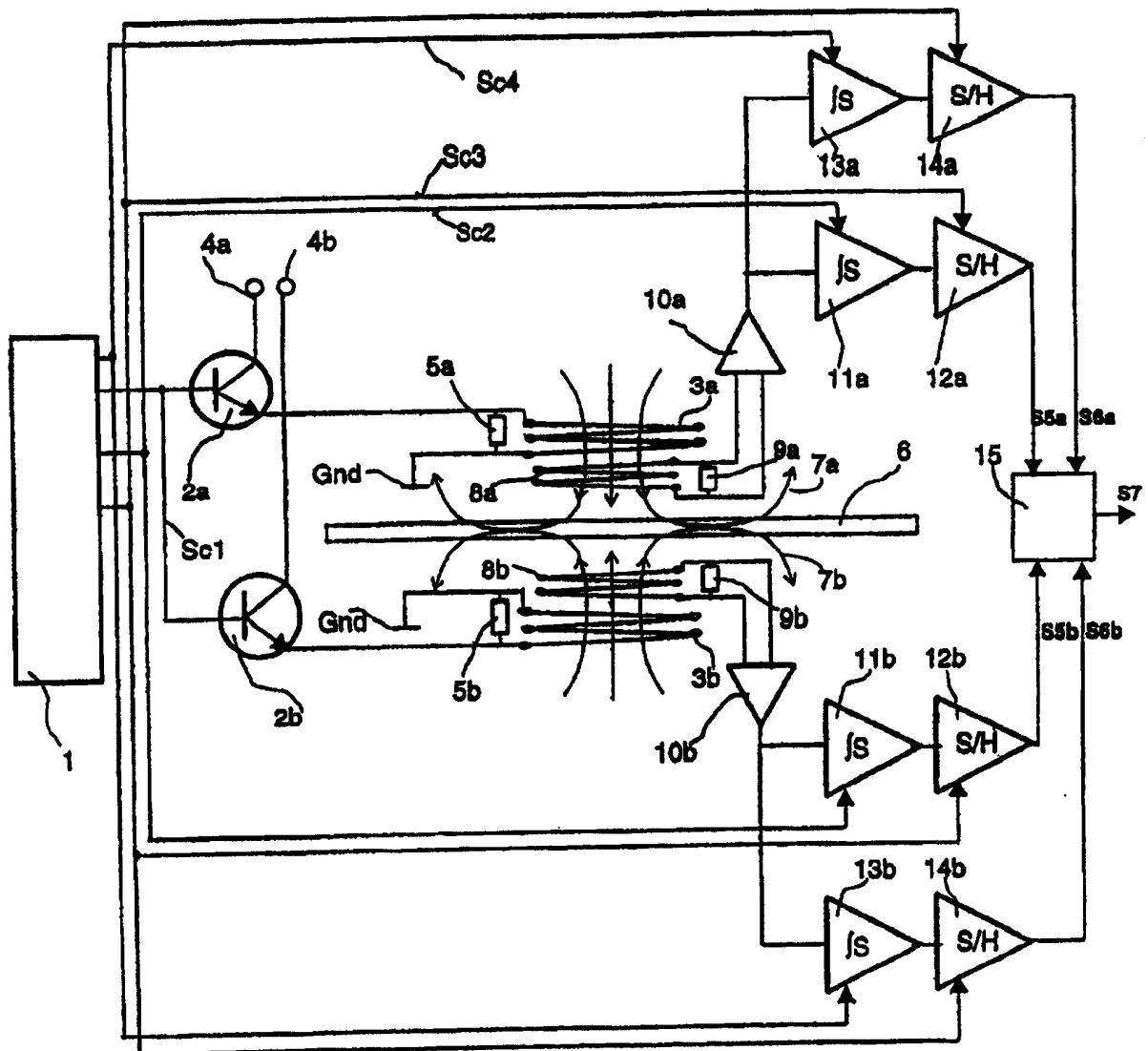


图 3

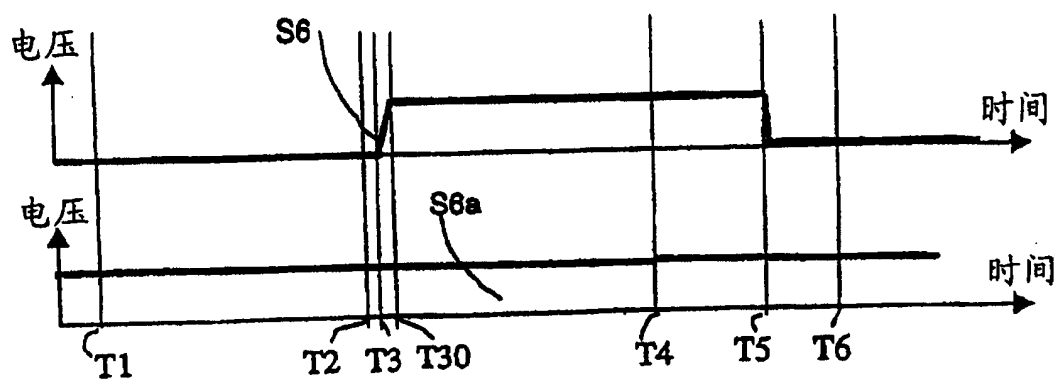


图 4

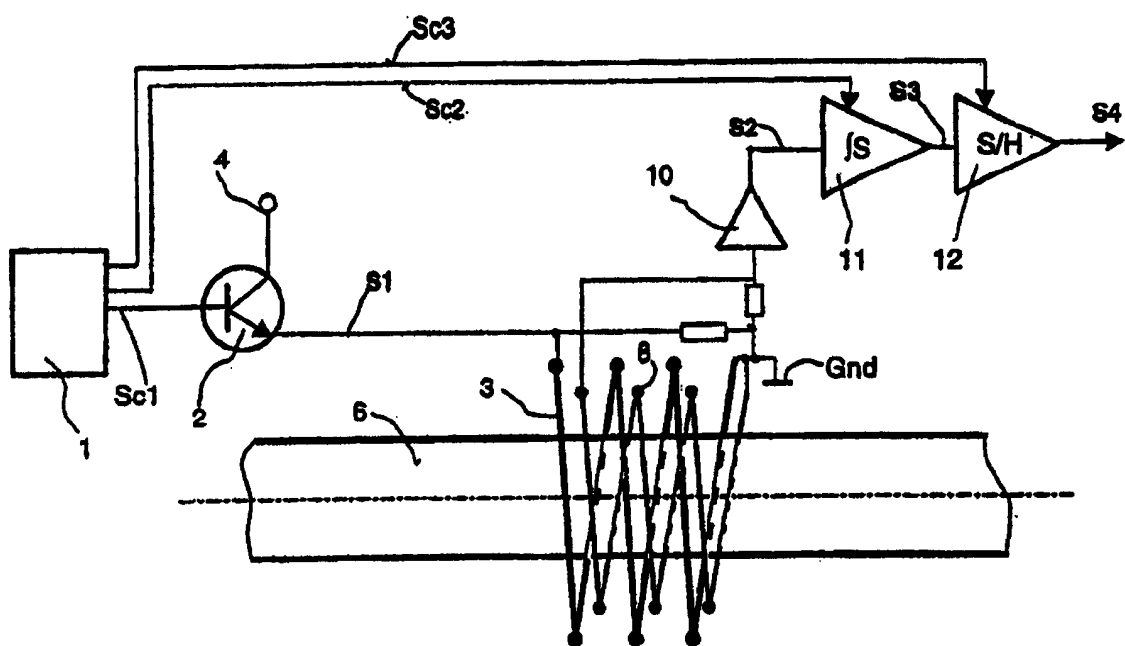


图 5

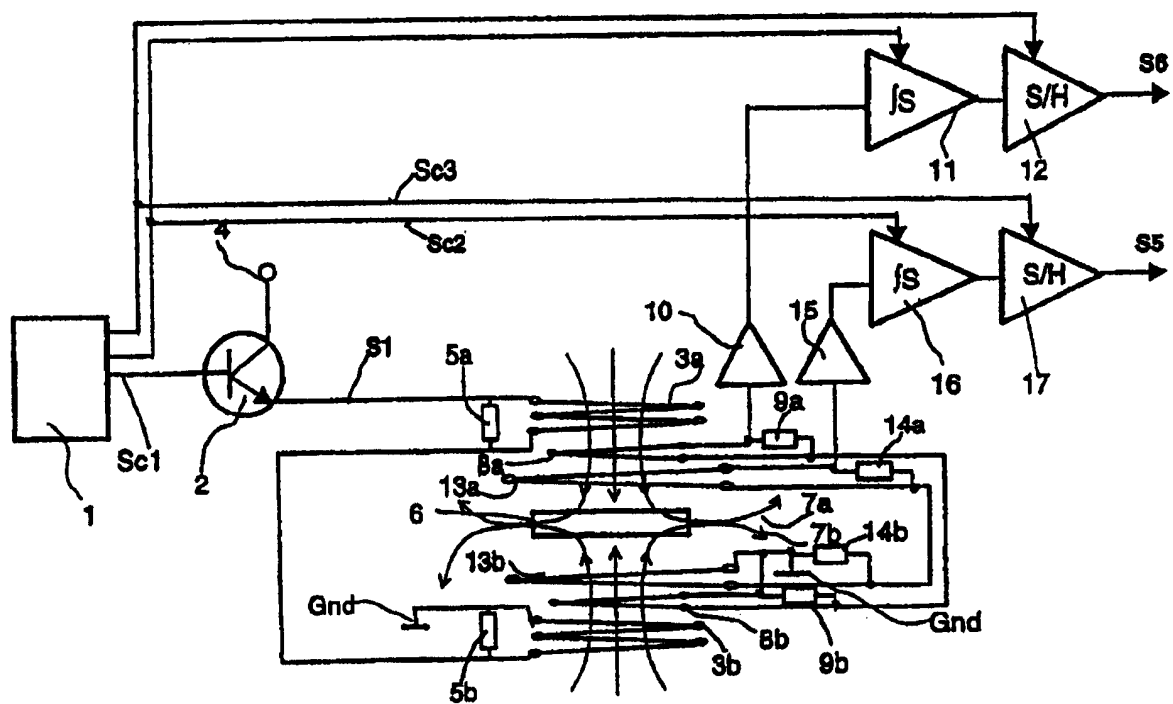


图 6