



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103154692 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201180044619. 7

(22) 申请日 2011. 09. 19

(30) 优先权数据

10177499. 0 2010. 09. 17 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 03. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/066245 2011. 09. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/035169 EN 2012. 03. 22

(73) 专利权人 贝斯特森斯有限公司

地址 德国科堡

(72) 发明人 格哈德·林德纳 马丁·施米特

约瑟菲娜·施莱默

桑德罗·克伦佩尔

亨德里克·福斯特曼

克里斯托夫·布吕克纳

沃尔夫冈·迪勒 拉尔斯·迈森巴赫

塞巴斯蒂安·施蒂希

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 郎晓虹 陈炜

(51) Int. Cl.

G01M 13/04(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1598569 A1, 2005. 11. 23, 全文.

EP 1731893 A1, 2006. 12. 13, 说明书第
[0066]—[0106] 段, 附图 1-7.

US 7546211 B2, 2009. 06. 09, 全文.

Drinkwater Bruce W. 等. 利用压电薄膜
对滚动轴承润滑进行超声检测. 《国外轴承技
术》. 2009, 第 23-31 页.

王美波. 基于声学方法的滚动轴承故障信号
分析方法研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数
据库工程科技 II 辑》. 2010, 正文第 12-29 页.

审查员 陈改平

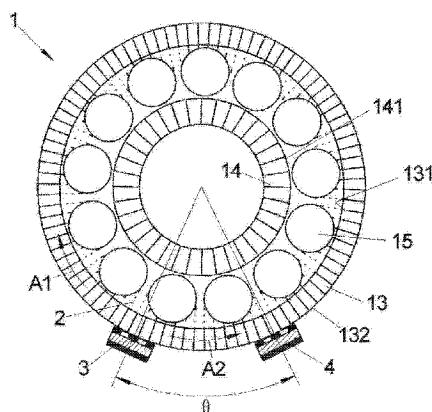
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

确定轴承特性的装置和方法

(57) 摘要

本发明涉及轴承, 该轴承包括: 彼此可相对移动的第一和第二轴承元件(11、13、17、12、14、18); 接收在第一和 / 或第二轴承元件(11、13、17、12、14、18) 中激发的声波的至少一个接收器(4), 接收器(4) 布置在第一或第二轴承元件(11、13、17、12、14、18) 上, 其中, 使用接收器(4) 在接收到第一和 / 或第二轴承元件中的声波时所生成的信号可确定与轴承的特性有关的信息。本发明还涉及确定轴承的特性的方法。



1. 一种确定具有第一和第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 的轴承的特性的装置, 包括:
在第一和 / 或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 中激发声波的至少一个发射器 (3);
接收发射器 (3) 引起的声波的至少一个接收器 (4), 其中, 使用接收器 (4) 在接收到发射器 (3) 引起的声波时所生成的信号能够确定所述轴承的特性;
将发射器和接收器可拆卸地连接到第一或第二轴承元件的连接装置。
2. 根据权利要求 1 所述的装置, 还包括配置成使用接收器在接收到发射器所引起的声波时生成的信号来确定与润滑剂 (2) 的特性有关的信息的估算装置。
3. 根据权利要求 2 所述的装置, 其中, 所述估算装置配置成估算所述信号的幅度值和传送时间。
4. 一种包括第一和第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 以及根据权利要求 1 所述的装置的轴承, 其中所述发射器和所述接收器经由所述连接装置可拆卸地连接到第一或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18)。
5. 根据权利要求 4 所述的轴承, 其中, 所述轴承是滚动元件轴承, 使得至少一个滚动元件 (15、16) 布置在第一和第二轴承元件 (13、17、14、18) 之间。
6. 一种确定轴承特性的方法, 该方法包括以下步骤:
 - a) 提供具有彼此能够相对移动的第一和第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 的轴承 (1);
 - b) 在第一和 / 或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 中激发声波 (A、A1、A2);
 - c) 布置至少一个接收器 (4) 并且使用接收器接收在第一和 / 或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 中的声波, 并且将发射器布置在第一或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 上, 发射器用于在第一和 / 或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 中激发声波;
 - d) 通过估算接收器在接收到第一和 / 或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 中的声波时所生成的信号来确定与所述轴承的特性有关的信息, 其中
所述轴承 (1) 是滚动元件轴承, 使得当操作所述轴承时生成周期性的接收器信号;
注册由所述接收器生成的所述周期性的接收器信号; 并且
在步骤 d) 中通过确定所述信号的平均幅度、平均传送时间、幅度的标准差、传送时间的标准差或通过执行接收器信号的频率分析来估算所述周期性的接收器信号。
7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中, 在步骤 d) 中确定所述轴承的润滑剂的特性。
8. 根据权利要求 6 或 7 所述的方法, 其中, 在步骤 d) 中以这样方式来估算所述信号: 识别所述轴承 (1) 的缺陷。
9. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中, 在步骤 d) 中使用所述信号的确定的平均幅度和 / 或平均传送时间来确定在所述轴承中存在的润滑剂量。
10. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中, 在步骤 d) 中确定滚动元件的速度和 / 或布置滚动元件的容器的速度。

11. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 根据 $\omega_{cage} = 2\pi \frac{f_{mod}}{n_{re}}$ 计算所述容器的角速度

ω_{cage} , 其中, f_{mod} 是接收器信号的调制的频率, 并且 n_{re} 是在所述滚动元件轴承中存在的滚动元件的数目。

12. 根据权利要求 10 所述的方法, 其中, 将所确定的速度与对应的单独速度检测器所测量的速度相比较以确定所述轴承的滑动。

13. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中, 在步骤 d) 中确定所述轴承中的润滑剂膜的厚度。

14. 根据权利要求 13 所述的方法, 其中, 在步骤 d) 中确定所述轴承中存在的润滑剂量, 其中, 使用所确定的润滑剂量和所确定的速度来确定所述润滑剂膜的厚度。

15. 根据权利要求 6 所述的方法, 其中发射器布置在第一或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 上, 发射器用于在第一和 / 或第二轴承元件 (11、13、17、12、14、18) 中激发声波, 并且其中, 发射器和接收器布置在相同的轴承元件上, 通过估算接收器信号的绝对幅度来确定该轴承元件上的负载。

确定轴承特性的装置和方法

[0001] 本发明涉及轴承、确定轴承特性的装置和确定轴承特性的方法。

[0002] 轴承（例如，摩擦型或滚动元件轴承）通常包含控制轴承的可移动部件之间的摩擦的润滑剂（例如，油）。监控轴承中的润滑剂特性（诸如数量或粘度等）是重要的以能够确保轴承的可靠操作。例如，已知用于润滑剂监控的光和超声方法。

[0003] 本发明的一个目的是提供尽可能可靠地监控轴承的特性的可能性，尤其是监控轴承中的润滑剂的特性的可能性。

[0004] 根据本发明，提供了一种轴承，该轴承包括：

[0005] 彼此可相对移动的第一和第二轴承元件，

[0006] 接收在第一和 / 或第二轴承元件中激发的声波的至少一个接收器，接收器布置在第一或第二轴承元件上，其中，使用接收器在接收到第一和 / 或第二轴承元件中的声波时所生成的信号可确定与轴承的特性有关的信息。

[0007] 例如，使用接收器信号确定在第一和第二轴承元件之间布置的用于减少第一和第二轴承元件之间的摩擦的润滑剂和轴承的特性。此外，在第一或第二轴承元件中激发声波的至少一个发射器可布置在第一或第二轴承元件上，其中，接收器接收发射器所引起的声波，其中，使用接收器在接收到发射器引起的声波时所生成的信号可确定与润滑剂的特性有关的信息。

[0008] 特别地，发射器配置成在第一或第二轴承元件中激发表面声波。特别是在第一或第二轴承元件中生成从发射器行进到接收器的兰姆波或兰姆 - 瑞利波形式的并发声波。

[0009] 如果在第一或第二轴承元件的表面上存在润滑剂，则只要在第一或第二轴承元件中激发的声波包括在具有非零矢状分量的基板的表面的位移（这通过兰姆波或瑞利波来实现），并且只要润滑剂中的声音速度小于在第一或第二轴承元件中 / 上的波速度，在轴承元件中传播的声波的至少一部分将转换成润滑剂中的声波，这对于普通润滑剂（例如，油）和普通材料的轴承元件（例如，金属）是正确的。此外，如下面将要讨论的，必须适当选择波的频率。

[0010] 因此，在激发声波的轴承元件的表面的润滑剂（例如润滑剂膜）的存在将引起到达接收器的声波的变化以及因此接收器在接收到波时所生成的（电）信号的变化。例如，接收器信号的幅度将根据在轴承元件的内表面上存在的润滑剂量（例如，润滑剂膜的厚度）降低。另外，润滑剂的其他特性的变化（诸如其温度或组成）将导致接收器信号的变化。因此，通过检测和估算在第一或第二轴承元件中行进的声波，可导出关于一些重要的润滑剂特性的信息。

[0011] 根据本发明的实施例，发射器布置在第一轴承元件处（上或中），接收器布置在第二轴承元件处。特别地，发射器布置在第一轴承元件的表面上，第二轴承元件布置在第二轴承元件的表面上。然而，例如，根据轴承的类型，发射器和接收器也可布置在相同的轴承元件处，即发射器和接收器都布置在第一或第二轴承元件上。

[0012] 为了激发以兰姆波、兰姆 - 瑞利波或瑞利波形式的表面声波，轴承元件中的激发的波的频率适于轴承元件的厚度，使得激发在轴承元件的第一侧和第二（相对的）侧上传

播的并发表面声波,其中第一侧是与润滑剂相接触的轴承元件的内侧,第二侧是轴承元件的外侧。

[0013] 在兰姆波或兰姆-瑞利波的情形中,发射器所激发的轴承元件的相对表面的位移是相关联的,使得尤其是轴承元件的内和外表面的位移运动的幅度和/或相位是相互联系的。例如,如果轴承的厚度显著小于(例如,至少是五分之一)激发的声波的波长,则在轴承元件中激发的声波将主要或唯一是兰姆波类型。因此必须根据轴承元件的厚度并且考虑兰姆波的频散关系选择激发的声波的频率。

[0014] 然而,如上文所述,例如,还可以使用兰姆波和瑞利波的过渡类型,即,轴承元件的厚度(外侧和内侧之间的距离)可具有与激发的声波的波长相同的数量级。在那种情形中,在轴承元件的相对表面的位移运动之间还可存在关联。例如,轴承元件的厚度在0.1mm-5mm之间的范围中。激发频率可选择在500kHz和2MHz之间的范围中,特别地可选择在800kHz和1.5MHz之间的范围中。

[0015] 发射器和/或接收器可以是叉指式压电换能器。然而,注意到术语“发射器”不限于叉指式压电换能器。本发明的其他实施例包括基于热弹性效应在基板中激发声波的(例如,脉冲的)激光形式的发射器。另外,楔形物(“楔形转换器”)可用于激发声波或梳状震荡器(“梳状转换器”),其中,楔形转换器和/或梳状转换器可结合叉指式压电换能器使用。当然,也可组合使用不同发射器类型。另外,接收器也不必须是叉指式压电换能器。例如,可使用诸如干涉仪或激光多普勒测振仪的光位移检测器形式的接收器。

[0016] 例如,轴承是摩擦型轴承使得第一轴承元件的表面可在第二轴承元件的表面上滑动,其中润滑剂减少两个表面之间的摩擦。第一和/或第二轴承元件可连接到另外的部件。

[0017] 在另一实施例中,轴承是滚动元件,其中至少一个滚动元件布置在第一和第二轴承元件之间。例如,滚动元件是球(球轴承)或圆柱(滚动轴承)。

[0018] 特别地,发射器和接收器都布置在外侧上,即在第一或第二元件的背向滚动元件的侧上。例如,滚动元件轴承是轴向轴承,第一轴承元件形成轴承的外环,第二轴承元件形成轴承的内环。内环,例如,配置成接纳转动轴。然而,还可设想第二轴承元件本身是安装在第一轴承元件上的机械部件(例如,转动轴)。因此,可仅通过在轴承的外表面上布置发射器和接收器来确定润滑剂的特性,而不需要在轴承内部布置传感器。当然,注意到还能够以线性滚动元件轴承使用本发明。

[0019] 根据本发明的另一变型,发射器和接收器布置在轴承的外环的外表面上。特别地,以这样一种方式来布置和配置发射器:激发沿外环顺时针方向行进的第一声波和沿外环逆时针方向行进的第二声波。

[0020] 例如,以这样一种方式来布置和配置接收器:沿顺时针方向的发射器和接收器之间的路径长度不同于沿逆时针方向的发射器和接收器之间的路径长度。以这种方式,单个的发射信号在接收器处产生两个容易区分的信号。这两个信号同等地依赖于外部参数(诸如,例如轴承周围的温度),但对应于声波和润滑剂和/或轴承的滚动元件之间的相互作用的不同的路径长度。因此,使用这两个信号的差异,可消除外部参数的影响。注意到该原理例如通过使用放置在距发射器不同距离处的两个接收器也可用于线性轴承。

[0021] 该轴承也可包括估算装置,该估算装置配置成使用接收器根据接收发射器引起的声波所生成的信号来确定与润滑剂的特性有关的信息。特别地,估算装置配置成估算第一

声波引起的接收器所生成的第一信号和第二声波引起的接收器所生成的第二信号,并且配置成使用第一和第二信号之间的差异来确定与润滑剂的特性有关的信息。

[0022] 估算接收器信号可包括估算信号的幅度和时间响应(传送时间)。如上文所述,在轴承表面上存在润滑剂将导致轴承元件中的一些声波能量转换为润滑剂中的波能量,使得相比于没有润滑剂的轴承,如果存在润滑剂,则到达接收器的声波的幅度将会更小。

[0023] 至于估算接收器信号的传送时间,发射器例如在轴承元件中激发脉冲声波,该脉冲声波(根据其在发射器和接收器之间选取的路径)具有从发射器到接收器的固定的传播时间(“传送时间”)。对轴承元件的内表面和轴承的内部之间的分界面的修改将影响轴承中的声波的传送时间(即,波阵面或声脉冲从发射器到接收器行进所需要的时间)。因此,估算传送时间的变化可有助于确定轴承中的润滑剂的特性。

[0024] 估算装置可被实现为可编程的电子电路或在可编程设备上运行的软件。

[0025] 根据本发明的另一方面,提供一种特别是上面描述的轴承,包括:

[0026] 彼此可相对移动的第一和第二轴承元件;

[0027] 在第一和第二轴承元件之间布置的用来减少第一和第二轴承元件之间的摩擦的润滑剂;

[0028] 在第一或第二轴承元件中激发声波的装置;

[0029] 接收在第一或第二轴承元件中引起的声波的装置,

[0030] 其中,使用接收声的装置在接收到声波时所生成的信号确定与润滑剂的特性有关的信息,

[0031] 其中,以这样一种方式来配置激发声波的装置和接收声波的装置:第一声波在被接收装置接收以前沿第一路径行进,第二声波在被接收装置接收以前沿第二路径行进,其中,第一和第二路径的路径长度不同。

[0032] 例如,在第一或第二轴承元件中激发声波的装置包括至少一个发射器,接收声波的装置包括至少一个接收器,其中,上面已经讨论了发射器、接收器和轴承元件的可能配置。例如,至少一个轴承元件是环形的,并且发射器和接收器都布置在这个环形的轴承元件处。还可设想接收装置包括两个接收器,其中发射器和第一及第二接收器之间的距离分别实现了不同的路径长度。

[0033] 本发明还涉及一种确定轴承的特性特别是轴承的润滑剂的特性的装置,其中,该轴承具有第一和第二轴承元件,所述装置包括:

[0034] 在第一和/或第二轴承元件中激发声波的至少一个发射器;

[0035] 接收发射器所引起的声波的至少一个接收器,其中,使用接收器在接收到发射器引起的声波时所生成的信号可确定润滑剂的特性;

[0036] 将发射器和接收器连接到第一或第二轴承元件的连接装置。

[0037] 连接装置可允许发射器和/或接收器可拆卸地连接到轴承元件。例如,连接装置包括锁存元件。特别地,连接装置允许以上述的方式布置发射器和/或接收器。

[0038] 根据本发明的装置还可包括配置成使用接收器在接收到发射器引起的声波时所生成的信号来确定与润滑剂的特性有关的信息的估算装置。特别地,如上所述配置估算装置。

[0039] 本发明还包括一种确定轴承的特性(例如,轴承的润滑剂的特性)的方法,该方法

包括以下步骤：

[0040] a) 提供具有彼此可相对移动的第一和第二轴承元件的轴承；

[0041] b) (例如使用,即例如布置在第一或第二轴承元件处的发射器)在第一和/或第二轴承元件中激发声波(特别是表面声波,例如,如上所述的兰姆波)；

[0042] c) 布置至少一个接收器并且使用接收器接收第一和/或第二轴承元件中的(例如,发射器所引起的)声波；

[0043] d) 通过估算接收器在接收到第一和/或第二轴承元件中的(例如,发射器所引起的)声波时所生成的信号来确定与轴承的特性有关的信息。

[0044] 例如,确定用于没有润滑剂的轴承的信号幅度的参考值,估算信号的步骤包括确定参考值和所接收的信号(或相位或传播时间)之间的差。如果该差低于预定值,则可生成信号(警报信号)。此外,可执行校准。例如,如下面将详细解释的,确定多个不同的润滑剂量(即,轴承填充物)的幅度值。

[0045] 确定与特性有关的信息的步骤可包括确定第一和/或第二轴承元件的表面的润滑剂层的厚度。特别地,执行校准以能够确定该厚度的绝对值。

[0046] 例如,该轴承是摩擦轴承,其中,该轴承可被认为实现三层系统(包括两个轴承元件和在其间的润滑剂膜)。使用接收器信号(例如,其幅度、传送时间和/或相位)和适当的三层模型的轴承,可确定润滑剂膜的厚度和/或其他特性。另外,可以随时间监控接收器信号,使得可检测润滑剂膜的厚度(和/或膜的其他特性)的变化。还可(替代地或另外地)仅使用声波在传送路径上的衰减来确定润滑剂膜的厚度。例如,将直接在发射器后面的波的幅度与在接收器处的幅度(使用接收器信号确定在接收器处的幅度)相比较。另外,因为声波可在污染颗粒处反射,所以可确定轴承中的(例如,润滑剂中的)杂质。

[0047] 如果该轴承包括静止第一轴承元件和移动第二轴承元件(诸如在摩擦或滚动轴承中),静止轴承元件中激发的声波可激发移动轴承元件中的声波,使得所接收的波的频率可由于多普勒效应而变化。该效应可用于确定移动轴承元件的速度。

[0048] 根据本发明的另一实施例,以这样一种方式来估算接收器信号:识别轴承的缺陷,特别是在第一和/或第二轴承元件中的缺陷(诸如裂缝或结构变化)。相比于体声波,表面声波的使用允许在轴承元件中(例如,在滚动轴承的轴承环中)的较小的缺陷在发展成严重损害之前被检测,使得可避免包括轴承的设备的故障。

[0049] 基于(表面)声波至少部分地在缺陷处反射的事实检测缺陷,其中,因为不同声波具有不同穿透深度,所以可通过使用不同波长的不同声波确定缺陷的尺寸(例如深度)。另外,基于缺陷的尺寸和数目,可计算轴承的期望的寿命或故障的概率。另外,如果(通过相应地设置激发频率)在轴承中激发具有不同波长的声波,则波将根据与缺陷的交互被不同地改变。

[0050] 例如,波的传播时间将被不同地改变(频散)。可随时间监控频散行为的变化(例如,信号是否演化成狄拉克脉冲状曲线)。此外,可估算接收器信号的包络随时间的变化以识别轴承的缺陷。

[0051] 此外,激发的声波可仅包括单模式(例如,对称模式),其中,如果根据步骤d)中的估算,接收器接收到多模式波或包括不同模式(例如,反对称模式)的波,则指示缺陷。声波可与缺陷交互,其中最初单模式波可根据与轴承的缺陷区域进行的交互变成多模式波。

[0052] 例如,接收器信号的相移和 / 或幅度变化用于获取关于滚动轴承的润滑剂的信息(例如,与例如在传送路径的开始处测量的参考值作比较)。连续发射器信号可被施加到发射器以生成连续声波,其中发射器信号可调制或便于接收器信号的估算。

[0053] 还可执行接收器信号的频率分析以收集关于轴承的润滑剂和 / 或轴承的机械特性的信息。更特别地,可监控频谱的变化(比如主峰的移动)。另外,可监控(例如,通过对接收器信号施加希尔伯特变换生成的)接收器信号的包络的变化。

[0054] 还可设想如果发射器和 / 或接收器是叉指换能器,则确定换能器中使用的压电材料的电容信号,其中,该电容信号可用作参考值。另外,可估算不同声模式(例如,对称或反对称模式)的关系(例如,其在传送路径开始处的幅度关系可以与在接收器处的情形相比较)。

[0055] 还注意到除了兰姆波,其他类型的表面声波可用于在第一和 / 或第二轴承元件中激发声波。例如,在较大的轴承中,可(例如在第一和 / 或第二轴承元件的内侧上(该内侧面向相应的另一轴承元件))激发瑞利波。

[0056] 另外,轴承可以是滚动元件轴承(如上面描述),使得当操作轴承时生成周期性的接收器信号,其中该方法包括以下步骤:

[0057] 通过接收器注册周期性的接收器信号;

[0058] 通过确定信号的平均幅度和 / 或平均传送时间来估算周期性的接收器信号;以及

[0059] 使用所确定的信号的平均幅度和 / 或平均传送时间来确定轴承中存在的润滑剂量。

[0060] 因此,尤其在适当的轴承校准之后,使用接收器信号可确定轴承中的润滑剂量。除了使用平均幅度或传送时间以外,或者替代使用平均幅度或传送时间,还可使用最小的幅度或传送时间值。另外,可使用幅度或传送时间的周期性变化的平均值。

[0061] 通过估算接收器信号还可确定滚动元件的速度和 / 或布置滚动元件的容器(支架)的速度。在滚动轴承的操作中,由于轴承元件的旋转,接收器信号(例如其幅度和传播时间)将被周期性地调制。使用该调制的周期(具有频率 f_{mod}),可计算轴承元件的尺寸和

滚动元件的数目 n_{re} 、支架速度 V_{cage} 。例如,根据 $\omega_{\text{cage}} = 2\pi \frac{f_{\text{mod}}}{n_{\text{re}}}$ 计算支架的角速度 ω_{cage} 。

[0062] 对应地,轴承支架的内部部分的轨迹速度 V_{cage} 是 $V_{\text{cage}} = \omega_{\text{cage}} \cdot r_{\text{cage}}$ (r_{cage} : 轴承支架的内半径)。

[0063] 此外,所确定的速度(例如支架速度)可以与对应的独立速度检测器(例如,旋转计数器)所测量的速度相比以确定轴承的滑动。

[0064] 注意到可以在轴承元件中生成脉冲声波的方式来操作发射器。然而,如上面提到的,还可激发连续声波,这可具有采样率不受限的效果(使用脉冲波,采样率由于脉冲的传播时间和脉冲之间的时间间隔而受限)。例如,可测量高于 150.000 转 / 分的旋转频率。

[0065] 如上文所述,通过估算接收器信号,可确定滚动轴承中存在的润滑剂量。所确定的润滑剂量和确定的轴承元件和 / 或轴承支架的速度(参见上面)可用于确定滚动元件和第一和 / 或第二轴承元件之间的润滑剂膜的厚度。原则上本领域已知并且例如在通过引用包含在这里的“Rolling Bearing Analysis, 4th Edition, Tedric A. Harris, John Wiley & Sons Canada, Ltd. ; 4th Edition edition (Dec 15 2000)”中描述了润滑剂膜厚度的计算。

[0066] 为了重点调查润滑剂膜并且抑制关于声波的其他效应,可在发射器和接收器之间产生短和 / 或小的传送路径。为此,传送路径可被定向为垂直于滚动元件的运动方向。例如,发射器布置在第一轴承元件的外侧上,接收器布置在第一轴承元件(滚动轴承的外环)的内侧上,内侧面面向第一轴承元件。当然,发射器和接收器也可都布置在第二轴承元件(或第一轴承元件上)的相同侧,例如,在其外侧上。

[0067] 传送路径的宽度(垂直于声波的传播方向测量的)取决于发射器(和 / 或接收器)的相应的宽度。例如,接收器具有沿垂直于根据滚动元件的直径所选择的发射器和接收器之间的连接线(即,传播路径)的方向测量的宽度。例如,接收器宽度小于滚动元件的直径或其小于滚动元件的半径或直径的十分之一。在另一示例中,接收器的宽度不超过 5mm 或其不超过 1mm。

[0068] 包括滚动元件、润滑剂膜和外环(第二轴承元件)的装置可当作三相系统(参见上面),其中使用接收器信号,使用适当的三相模型可确定膜厚度。

[0069] 当然还可使用多于一个的传送路径(通过布置多于一个的发射器和 / 或接收器)以调查润滑剂膜的不同部分。该变型可特别用于连接具有较复杂的几何形状的滚动元件。

[0070] 根据本发明的另一变型,发射器和接收器布置在相同的轴承元件上,其中,通过估算接收器信号的绝对幅度来确定在该轴承元件上的负载。例如,在轴承元件中激发脉冲声波,其中,例如,特别地,施加的负载影响所接收的第一脉冲(或脉冲组)的幅度。另外,可使用两个不同的传送路径,其中分配给不同的传送路径的接收器信号(例如其幅度)被比较。特别地,传送路径中的一个不取决于负载,使得分配给该传送路径的接收器信号可用作参考信号。

[0071] 还可不使用发射器,其中,通过在轴承元件上施加负载在第一和 / 或第二轴承元件中生成声波。特别地,在滚动轴承的操作期间,滚动元件将被周期性地压缩和扩张,其中滚动元件的周期性的压缩和扩张可在第一和 / 或第二轴承元件中激发声波。在滚动轴承的另一配置中,第一接收器存在于第一(内)轴承元件上,第二接收器布置在第二(外)轴承元件上,使得在第二(或类似地在第一)轴承元件中激发的声波将通过滚动元件向第一轴承元件传送。通过滚动元件的波的传送取决于作用在其上的负载,使得通过估算接收器信号,可确定滚动元件上的负载。

[0072] 此外,如果发射器和 / 或接收器包括压电换能器,则通过(在校准测量之后)测量压电换能器的阻抗可测量轴承的温度。通过比较分配给不同声模式的接收器信号的特性(诸如幅度和 / 或传送时间)也可测量轴承温度。例如,使用参考传送路径。

[0073] 在另一实施例中,使用宽带接收器使得体声波可被注册并且体声波的频谱可被生成。

[0074] 上面已经描述了发射器和接收器的可能布置和操作。

[0075] 下面将参考附图详细描述本发明的实施例,在附图中:

[0076] 图 1 示出了根据本发明的第一实施例的轴承;

[0077] 图 2A 示出了使用图 1 的轴承装置获得的接收器信号;

[0078] 图 2B 示出了关于图 1 的轴承装置的不同润滑剂情形的接收器信号幅度;

[0079] 图 3A 示出了根据本发明的第二实施例的轴承的顶视图;

[0080] 图 3B 示出了图 3A 中示出的轴承的变型;

[0081] 图 4 示出了图 2 的放大细节；

[0082] 图 5A 示出了根据本发明的第三实施例的轴承的顶视图；

[0083] 图 5B 示出了图 5A 和图 5B 的装置的侧视图；

[0084] 图 6 示出了使用图 5A 和图 5B 的装置生成的接收器信号；

[0085] 图 7A、7B 示出了不同轴承位置的幅度和传送时间；

[0086] 图 8A、8B 示出了不同位置的图 5A 和图 5B 的装置的侧视图；

[0087] 图 9A、9B 示出了关于润滑剂体积的旋转轴承的平均幅度和平均传送时间；以及

[0088] 图 10A、10B 示出了关于润滑剂体积的旋转轴承的幅度和平均传送时间的标准差。

[0089] 图 1 示出了摩擦型轴承（平面轴承）形式的轴承 1，其包括第一长方体 11 和第二长方体 12 的形式的的第一轴承元件。这两个体 11、12 可以彼此相对移动，其中第一体 11 的表面 111 可以在第二体 12 的表面 121 上滑动。表面彼此相对并且基本上平行延伸。第一和 / 或第二体可连接到应彼此相对移动的另外的部件（未示出）。

[0090] 在表面 111、121 之间，布置润滑剂 2 以减少两个体 11、12 之间（即，在体的表面 111、121 之间）的摩擦。为了能够确定润滑剂的一些特性，在第一体 11 上激发表面声波 A。为此，发射器 3 布置在第一体 11 的表面 111 上，其中发射器 3 放置在第一体 11 和第二体 12 之间的重叠区域外部（即，远离润滑剂 2）。此外，接收器 4 布置在第二体 12 的表面 121 上。

[0091] 声波 A 最初沿第一体 11 行进。然而，由于上述的模式转换效应，在润滑剂 2 的区域中，至少部分的声波 A 转换成润滑剂 2 中的声波 B。转换的声波在润滑剂中向第二体 12 传播，在第二体 12 中，部分声波被重新转换成第二体 12 中的表面声波。这些重新转换的声波 C 沿第二体 12 向接收器 4 行进，在接收器 4 中这些声波被检测并且根据检测来生成电信号。

[0092] 接收器 4 生成的电信号的特性取决于声波 C 的特性（幅度、传送时间），声波 C 的特性又取决于模式转换效应以及因此的润滑剂 2 的特性（例如，轴承中存在的润滑剂的体积）。因此，估算接收器 4 生成的电信号的幅度和时间行为允许确定关于润滑剂的特性的信息。图 2A 和图 2B 中示出了接收器信号的示例。

[0093] 图 2A 示出了在根据图 1 的摩擦轴承装置中获得的接收器信号。如果在轴承中存在润滑剂，则信号的幅度剧烈增加（连续线：没有润滑剂的轴承，虚线：具有润滑剂的轴承）。这是由于这样的事实：在下部轴承体 1 中的部分声波通过润滑剂 2 耦合到上部轴承体 2，使得其将被接收器 4 所接收。图 2B 示出了在不存在润滑剂（柱 100）、油用作润滑剂（柱 200）以及油脂用作润滑剂（柱 300）的情形下的接收器信号的最大幅度。

[0094] 图 3A（顶视图）和图 4（侧视图）涉及本发明的另一实施例，其中轴承 1 是球轴承形式的滚动元件轴承。

[0095] 轴承 1 包括外环 13 形式的第一轴承元件和具有小于外环的直径并放置在外环内的内环 14 形式的第二轴承元件。在外环的内表面 131 和内环 14 的外表面 141（面向表面 131）之间布置球 15 形式的多个滚动元件。此外，在内表面 131 和表面 141 之间的体积的至少一部分被润滑剂 2 所填充。

[0096] 为了测量润滑剂 2 的特性（例如，填充水平），设置声传感器装置，该传感器装置包括发射器 3 形式的在轴承元件中激发声波的装置和接收器 4 形式的接收声波的装置。发射器 3 和接收器 4 都布置在外环 13 的外表面 132 上，外表面背向内表面 131。

[0097] 发射器 3 在外环 13 中激发表面声波,该表面声波被接收器 4 所检测,其中接收器信号的幅度和时间响应取决于外环 13 的内表面 131 和其周围之间的分界面的特性。特别地,接收器信号取决于与内表面 131 相接触的润滑剂的存在和特性,使得如上文所述以及如图 4 所示将发生在外环中生成的表面声波的模式转换。在外环 13 中的声波的一部分耦合到润滑剂 2(箭头 B),使得例如接收器信号的幅度将根据,例如环 13 和 14 之间存在的润滑剂量而下降。

[0098] 以这样一种方式构造和布置发射器 3:产生沿外环 13 顺时针方向(相对于轴承的顶视图)行进的第一声波 A1 和沿外环 13 逆时针方向行进的第二声波 A2。此外,以这样一种方式相对于接收器 4 布置发射器 3:发射器和接收器之间的顺时针方向的路径长度长于发射器和接收器之间的逆时针方向的路径长度。因此,接收器将在接收到第一和第二声波时生成两个很好区分的信号,其中通过使用差分信号,即通过将对应于第一声波的信号减去对应于第二声波的信号或反过来,可消除或至少减少外部失真。

[0099] 例如,发射器和接收器分开 30° 的角 θ 。当然,可能是其他的角度。

[0100] 如在图 3B 所描述,在外环 13 上布置另外的发射器-接收器-换能器 3'。换能器 3' 可以与发射器 3 和接收器 4 有相同的类型(叉指换能器),其中它可作为发射器或作为接收器工作。另外的换能器 3' 允许产生可分别估算的不同的声路径以增强测量的准确度。例如,换能器 3' 作为接收器工作,其中在换能器 3' 和接收器 4 处都接收和估算发射器 3 激发的声波。换能器 3' 当然还可以是纯粹的发射器(或接收器)。另外,可设置多于一个的另外的换能器。

[0101] 图 5A(顶视图)和图 5B(侧视图)涉及本发明的另一实施例,其中轴承是圆柱滚动轴承形式的滚动元件轴承。这个轴承包括布置在第一环 17 形式的第一轴承元件和第二环 18 形式的第二轴承元件之间的圆柱 16 形式的多个滚动元件,其中第一环的直径与第二环的直径相比较。此外,设置保持架 19 以保持圆柱 16。圆柱 16 的轴相对于环 17、18 径向定向,使得圆柱将在第一环的内表面 171 和第二环 18 的内表面 181 之间滚动,表面 171 和 181 彼此相对。此外,在第一环 17 和第二环 18 之间存在润滑剂 2。

[0102] 发射器 3 和接收器 4 布置在第一环 17 的外侧 172 上。如关于其他的实施例所述,使用发射器 3 和接收器 4 生成和检测表面声波 A,使得即使轴承 1 在操作时也可检测润滑剂 2 的特性。特别地,与图 3 相类似地布置发射器 3 和接收器 4,使得在第一环 17 中生成第一声波 A1 和第二声波 A2 沿相对方向行进并且具有从发射器到接收器的不同的路径长度。注意到当然可使用多于一个的发射器和/或多于一个的接收器。例如,另一接收器可布置在第一环或第二环上(类似于图 3B)。

[0103] 由于发射器和接收器的这个布置,如图 6 所示两个可识别的信号将出现在接收器信号中。第一信号(脉冲)S2 对应沿发射器 3 和接收器 4 之间的较短路径行进的第二声波 A2,其中后面的信号 S1 对应于沿较长路径传播的第一声波 A1。

[0104] 图 7A 和图 7B 示出了工作中的如图 5A、5B 所示的滚动轴承装置的接收器信号(图 7A:幅度,图 7B:传送时间)。关于图 7A,上面的曲线 S20 和 S2 对应于第二声波 A2(较短路径),下面的曲线 S10 和 S1 对应于第一声波 A1(较长路径)。曲线 S10 和 S20 是使用没有润滑剂的轴承测量的参考曲线,而曲线 S1 和 S2 是在填充油性润滑剂之后测量的。

[0105] 可以看出,信号的幅度周期性地改变,其中幅度最大值接近参考值。在图 8A 和图

8B 中示出了这个行为的说明,其示出了该轴承的两个不同的位置。根据图 8A 和图 8B,在发射器 3 和接收器 4 之间存在的圆柱 16 的数目将在轴承的操作(旋转)期间周期性地改变(图 8A:在发射器和接收器之间放置 5 个圆柱,图 8B:在发射器和接收器之间仅存在四个圆柱)。由于润滑剂 2 被滚动圆柱 16 所挤出(即,在环和圆柱之间没有或仅有少的润滑剂膜),与第一轴承环 17 接触的润滑剂量将取决于在发射器和接收器之间存在的圆柱的数目。然而,当轴承在工作时该数目将周期性地变化。

[0106] 可使用最小的幅度值来确定在轴承中存在的润滑剂量(特别地在适当的校准之后)。例如,如果参考线 S10、S20 和最小的幅度值之间的差变得过小,则可触发警报信号。

[0107] 类似于幅度反映润滑剂的存在和特性的对应的传送时间信号 T1、T10、T2、T20(图 7B)示出了对轴承位置(旋转角度)的类似的周期性的依赖。

[0108] 图 9A 和图 9B 示出了关于不同体积的润滑剂(油)工作的轴承(360 转每分钟)的幅度(图 9A)和传送时间(图 9B)的平均值。

[0109] 可以清楚地看到(为沿顺时针方向的波 A1 示出的和为沿逆时针方向的波 A2 示出的)幅度和传送时间都依赖于轴承中存在的油量。因此,即使在轴承的工作状态,也可使用(声波的)幅度和/或传送时间(即接收器信号的幅度和时间行为)来确定轴承中的润滑剂体积。图 10A 和图 10B 示出幅度(图 10A)和传送时间(图 10B)的标准差也取决于轴承中存在的润滑剂体积。

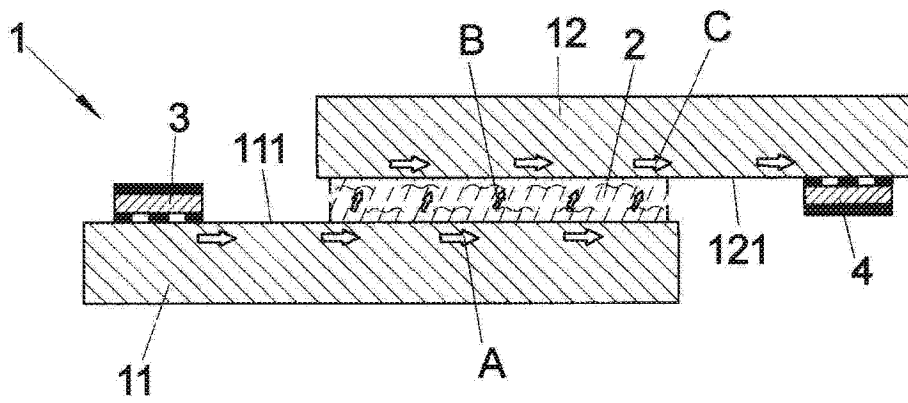


图 1

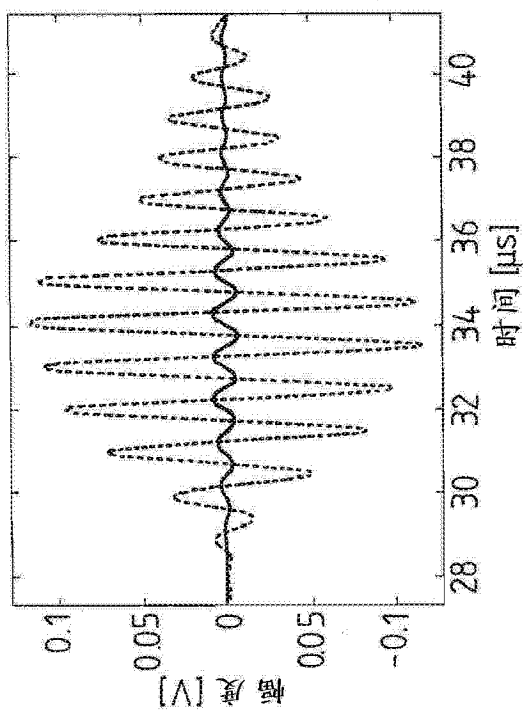


图 2A

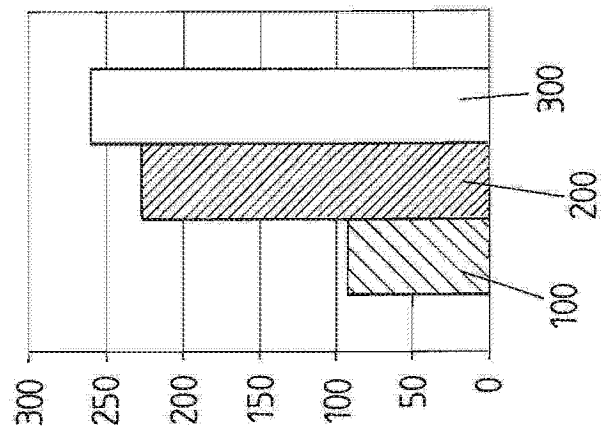


图 2B

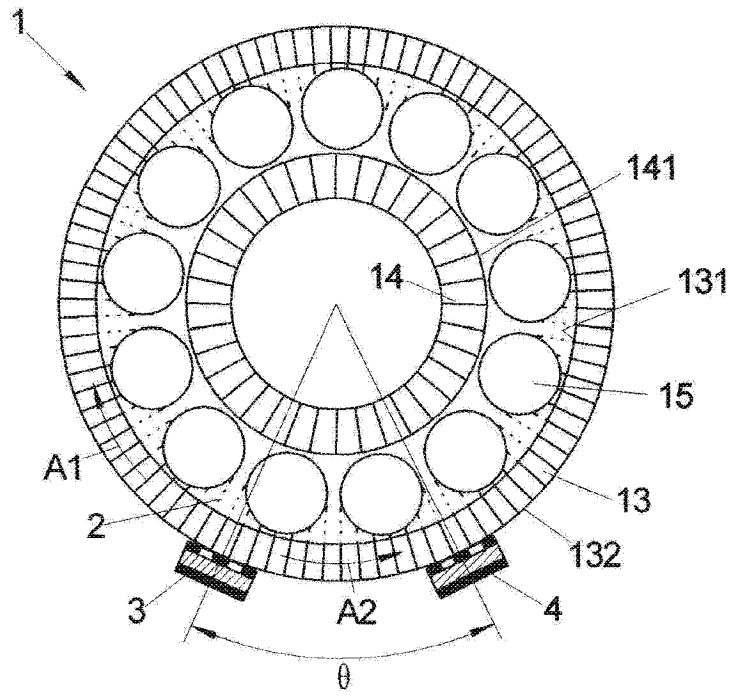


图 3A

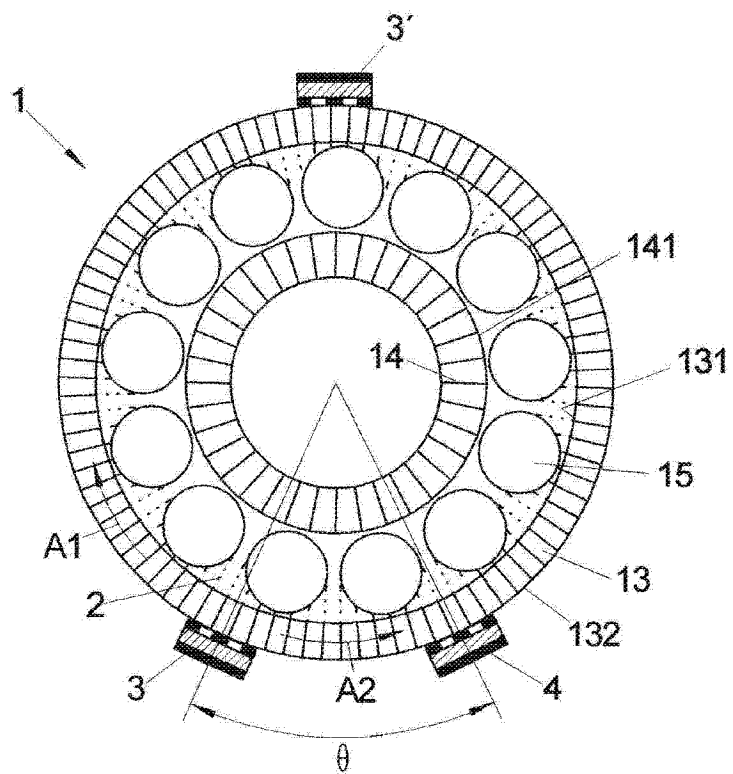


图 3B

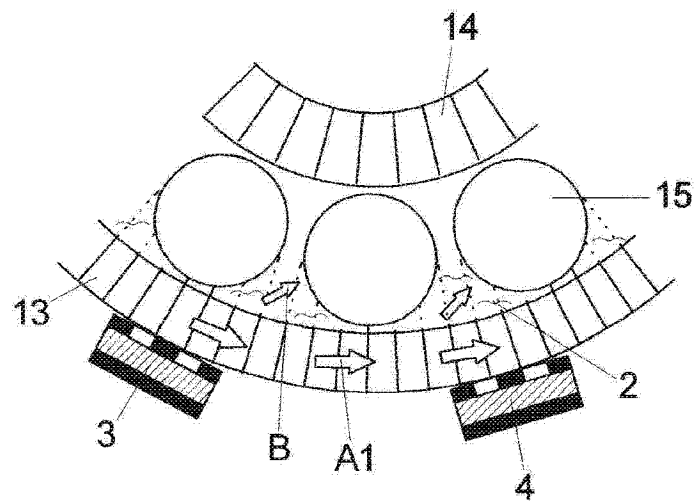


图 4

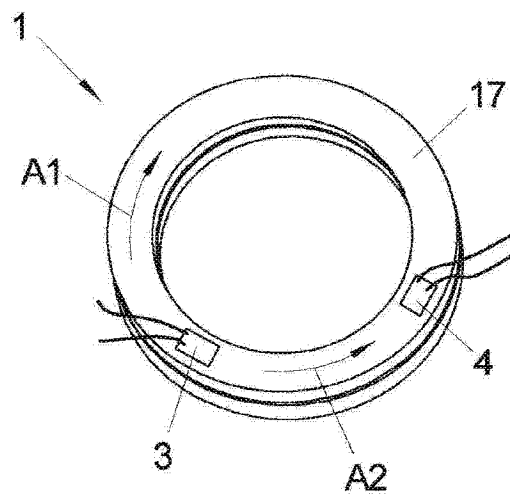


图 5A

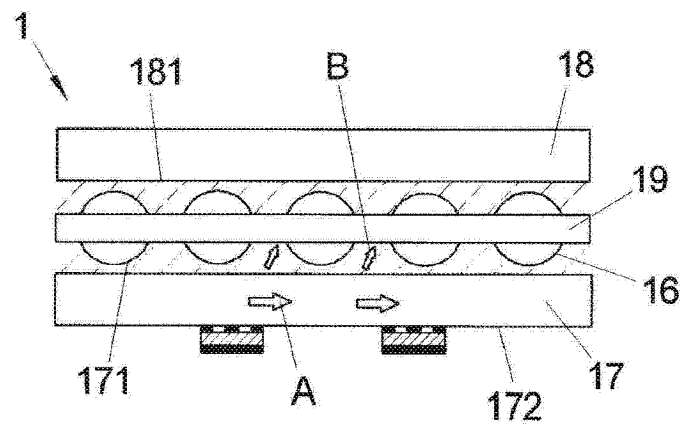


图 5B

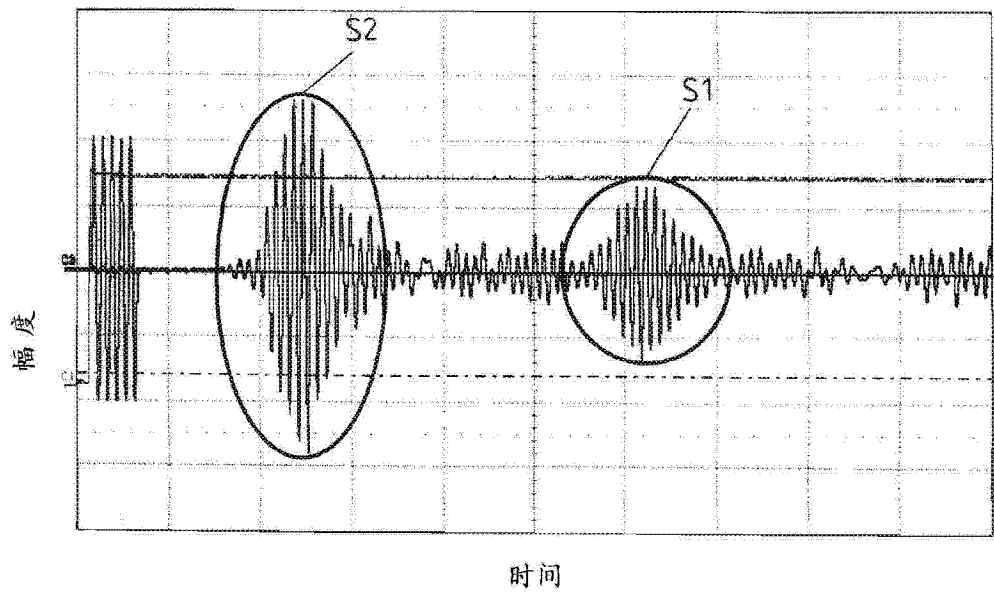


图 6

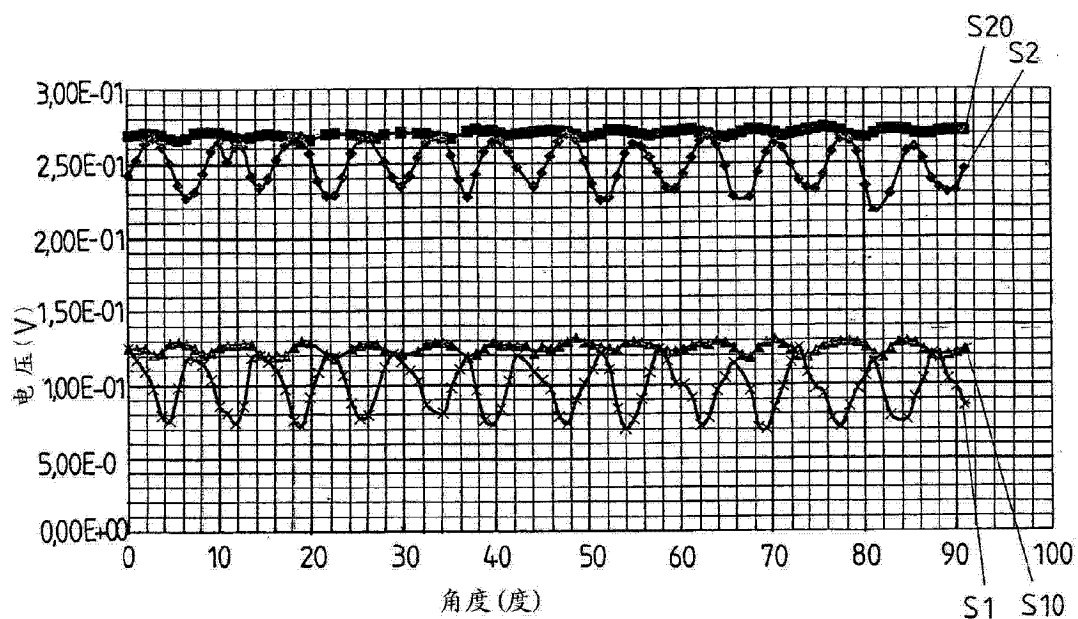


图 7A

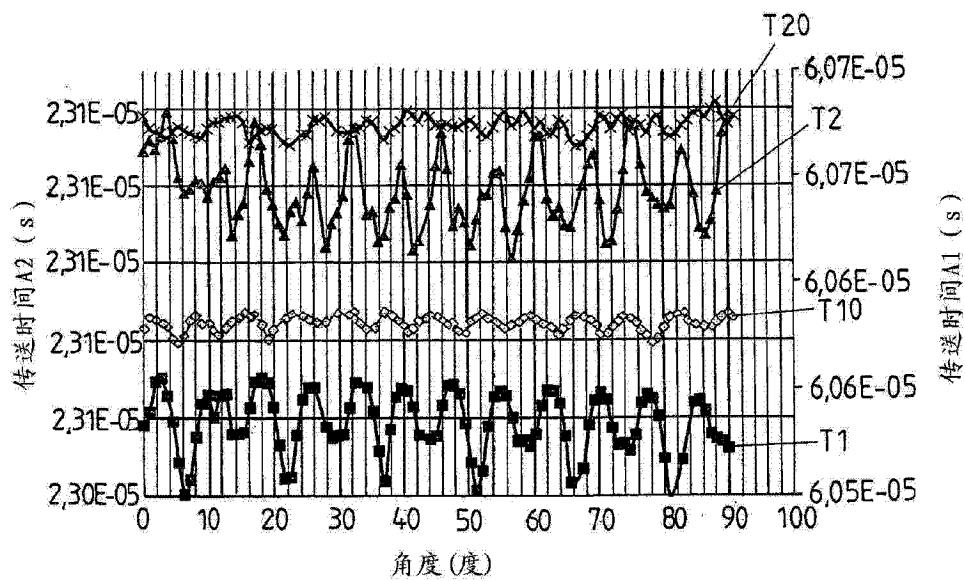


图 7B

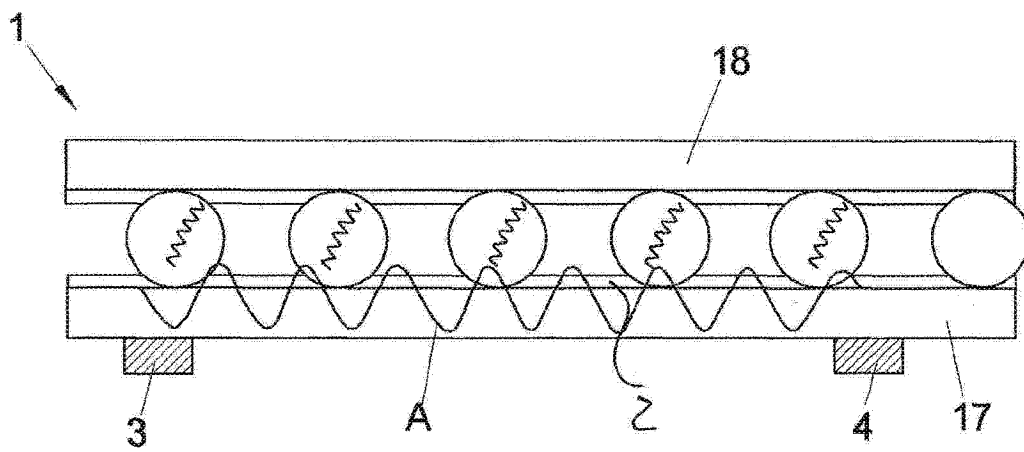


图 8A

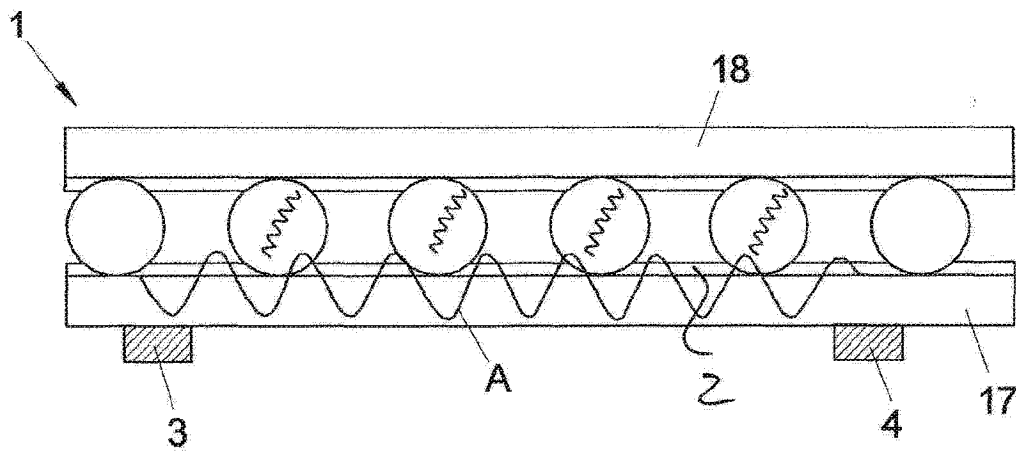


图 8B

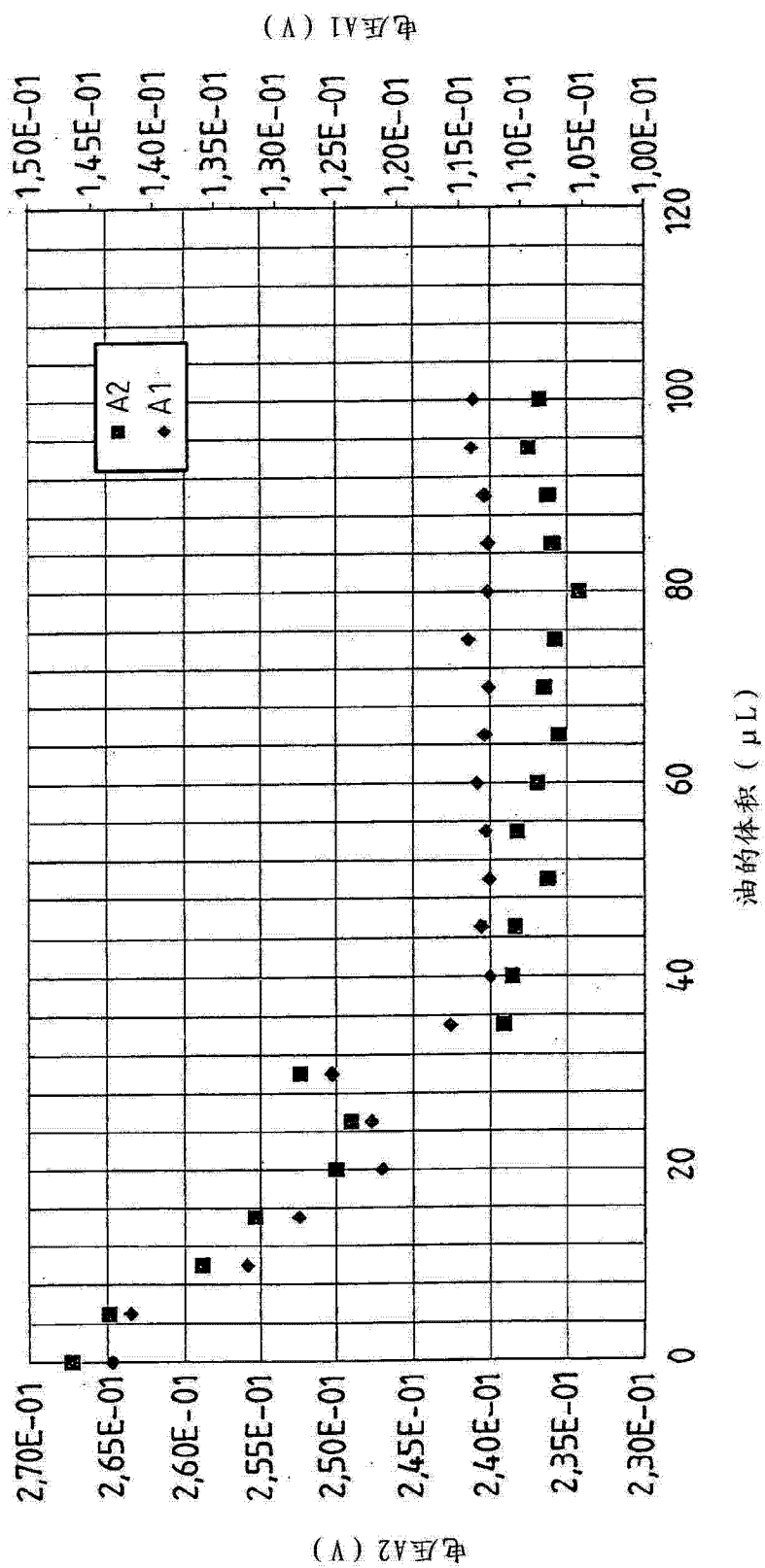


图 9A

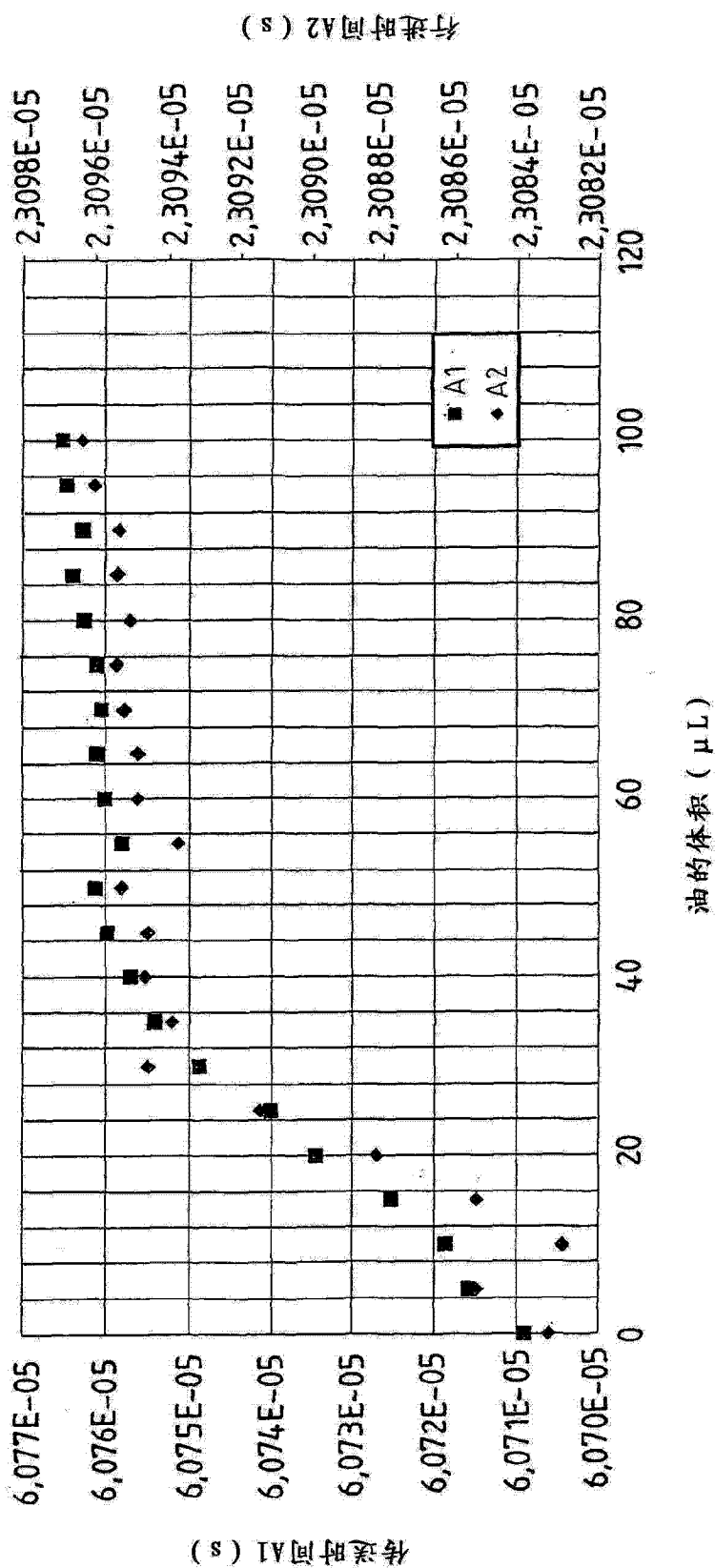


图 9B

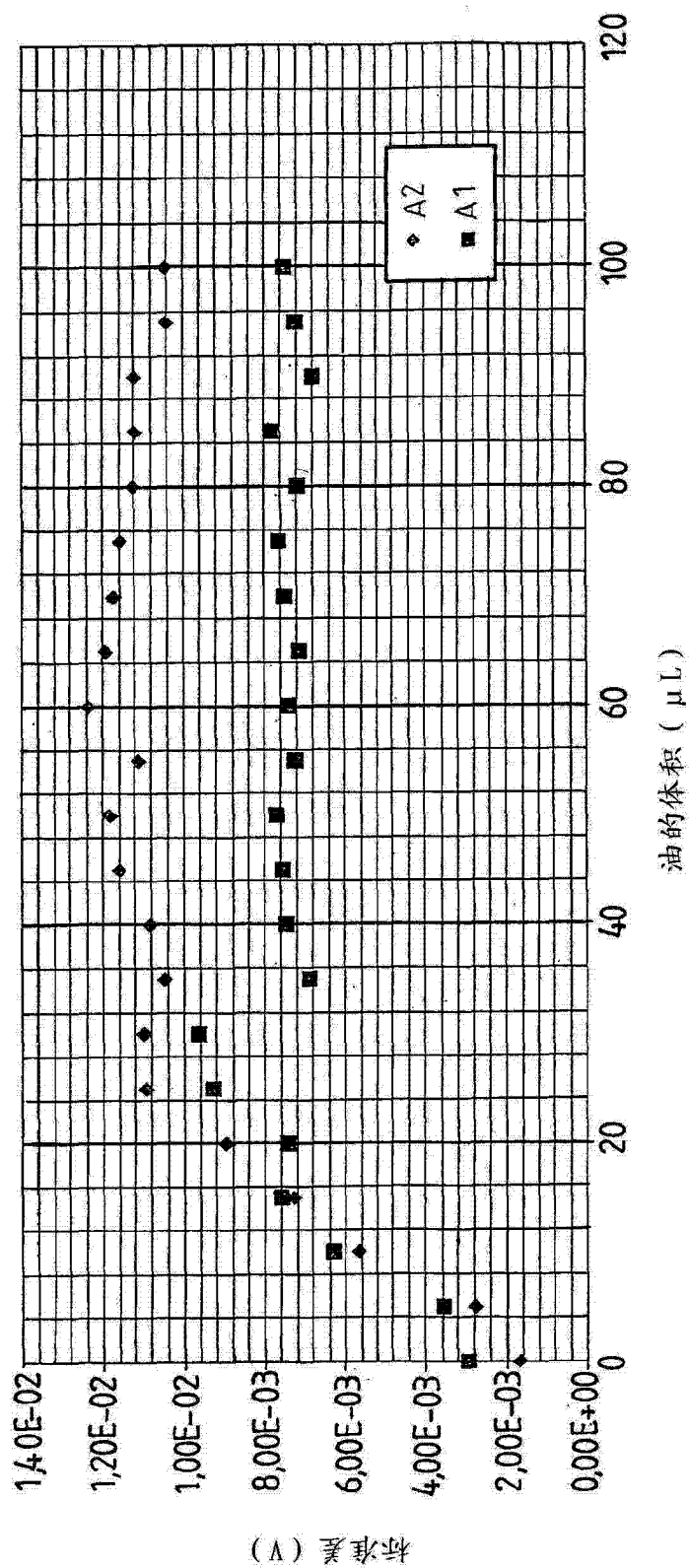


图 10A

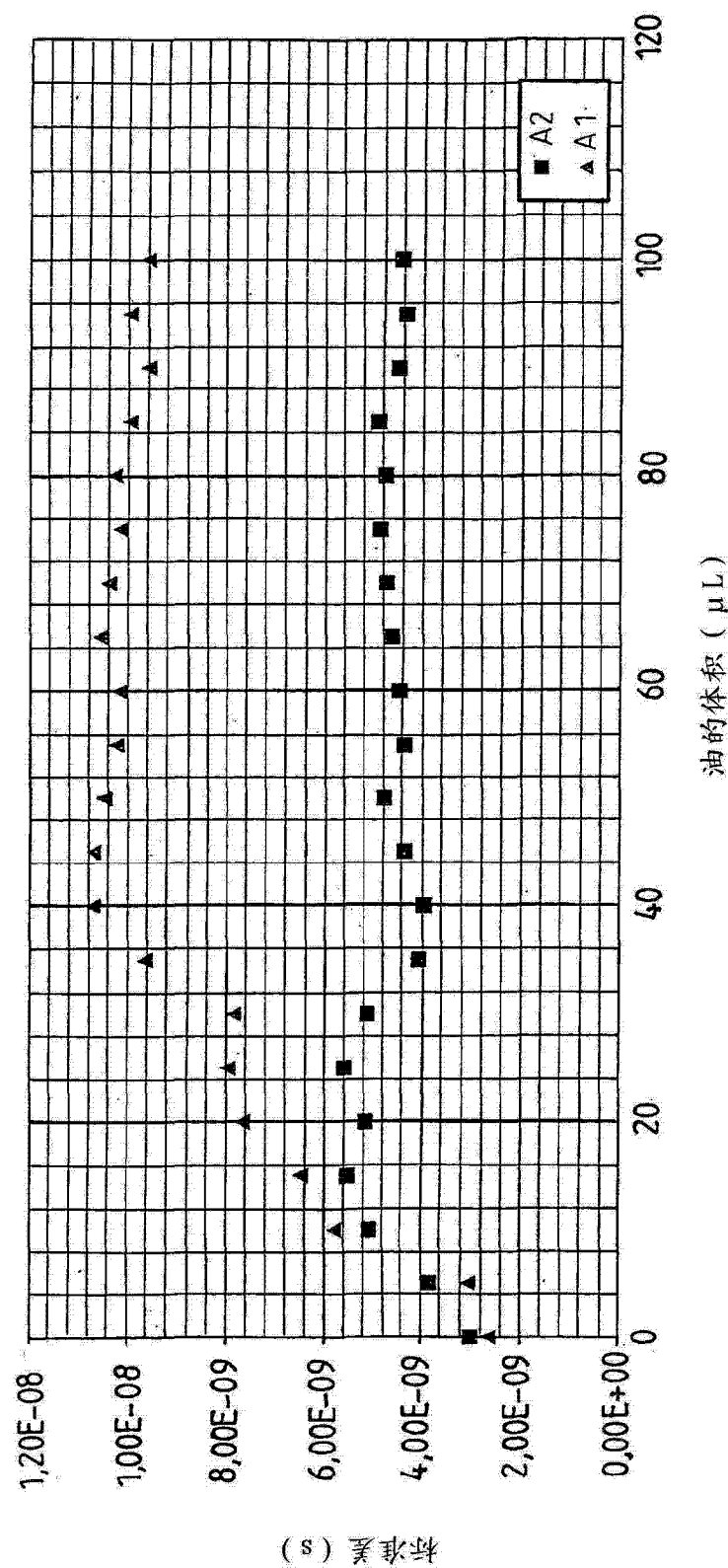


图 10B