(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105229461 B
(45)授权公告日 2018.06.26

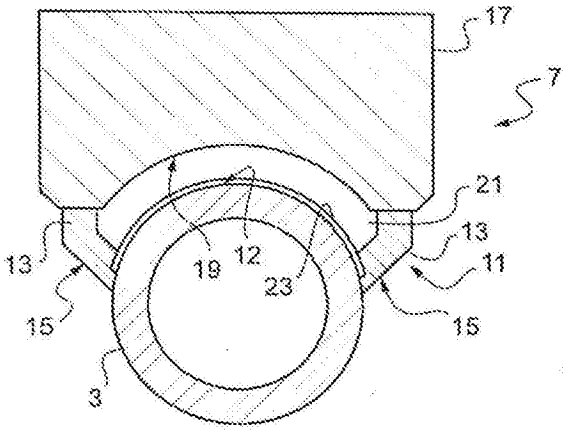
(21)申请号 201480029439.5
(22)申请日 2014.03.19
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105229461 A
(43)申请公布日 2016.01.06
(30)优先权数据
1352548 2013.03.21 FR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.11.20
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/FR2014/050643 2014.03.19
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/147344 FR 2014.09.25
(73)专利权人 法国瓦卢瑞克钢管公司
地址 法国布洛涅-比扬古
(72)发明人 F.德纳维利
(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
代理人 邱军
(51)Int.Cl.
G01N 29/22(2006.01)
G01N 29/24(2006.01)
G01N 29/26(2006.01)
G01N 29/265(2006.01)
(56)对比文件
US 2007227249 A1,2007.10.04,
CN 1530651 A,2004.09.22,
US 6813950 B2,2004.11.09,
CN 101907609 A,2010.12.08,
EP 2138837 A2,2009.12.30,
审查员 詹晨希
权利要求书3页 说明书21页 附图11页

(54)发明名称

用于管状产品的尤其现场非破坏性检查的装置和方法

(57)摘要

一种控制管状部件(3)的装置包括拖车(7),拖车(7)装配有沿着至少第一方向分布的多个基本超声波换能器的以及导引件(11),该导引件与该部件的外表面(12)接合以便定位拖车(7),使得该第一方向实质上对应于横向于管状部件(3)的方向。一种连接到电声换能器的电子控制器包括储存激励时间定律的存储器和控制器,该控制器连续地施加相应的激励时间定律到在第一方向上相互相邻的基本换能器的子组。激励时间定律被设计成使得相应的子组的基本换能器共同地产生沿着相应的方向传播的超声波的入射束,所述相应的方向相对于垂直于管状部件(3)的外表面(12)的方向倾斜。



CN 105229461 B

1.用于检查管状件(3,72)类型的装置,包括:

-至少一个拖车(7),装配有:

-沿着至少第一方向分布的电声类型的多个基本换能器(32,76,210,320,3200),

-导引件(11),该导引件能够与被检查的管状件(3,72)的外表面(12,74)协作以便定位所述拖车(7),使得所述第一方向实质上对应于横向于所述管状件(3,72)的方向;

-电子控制设备(100),被连接到电声换能器(32,76,210,320,3200);

其特征在于,所述电子控制设备(100)包括:

-储存一个或多个激励时间定律的存储器;

-一个或多个控制器(110),该一个或多个控制器被设计成连续地施加至少一个相应的激励时间定律到沿着第一方向相互相邻的基本换能器(32,76,210,320,3200)的子组(78,ETS1,……,ETS7);

以及在于:

-至少某些激励时间定律被设计成使得相应的子组(78,ETS1,…,ETS7)的基本换能器(32,76,210,320,3200)共同地产生沿着相应的方向传播的超声波(UB1,…,UB7,UB′1,UB′i,UB′N)的入射束,所述相应的方向相对于垂直于所述管状件(3,72)的外表面(12,74)的方向倾斜。

2.根据权利要求1所述的装置,其中至少某些激励时间定律被设计成以使得相应的子组(78,ETS1,…,ETS7)的基本换能器(32,76,210,320,3200)产生沿着相应的方向传播的超声波(UB1,…,UB7,UB′1,UB′i,UB′N)的入射束,所述相应的方向相对于垂直于所述管状件(3,72)的外表面(12,74)的方向(N2)具有相同的倾角。

3.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中至少某些激励时间定律被设计成以使得相应的子组(78,ETS1,…,ETS7)的基本换能器(32,76,210,320,3200)产生超声波(UB1,…,UB7)的入射束,所述超声波的入射束在管状件(3,72)中至少部分地折射成沿着相应的方向传播的超声波(RB1,…,RB7)的束,每个相应的方向相对于垂直于所述管状件(3,72)的外表面(12,74)的方向(N2)具有大于35°的倾角。

4.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中至少某些激励时间定律被设计成以使得相应的子组(78,ETS1,…,ETS7)的基本换能器(32,76,210,320,3200)产生超声波(UB1,…,UB7)的入射束,该超声波的入射束在管状件(3,72)中被至少部分地折射成沿着相应的方向传播的超声波(RB1,…,RB7)的束,每个相应的方向相对于垂直于所述管状件(3,72)的外表面(12,74)的方向(N2)具有小于60°的倾角。

5.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中至少某些激励时间定律被设计成以使得相应的子组(78,ETS1,…,ETS7)的基本换能器(32,76,210,320,3200)产生超声波(UB1,…,UB7)的入射束,该超声波的入射束在管状件(3,72)中被至少部分地折射成沿着相应的方向传播的超声波(RB1,…,RB7)的束,每个相应的方向相对于垂直于所述管状件(3,72)的外表面(12,74)的方向(N2)具有大约40°的倾角。

6.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中所述控制器(110)被设计成施加若干相应激励时间定律到基本换能器的至少某些子组(ETS1,ETSi,ETSN),所述基本换能器的子组(ETS1,ETSi,ETSN)的相应激励时间定律被设计成以便产生沿着相应的方向传播的超声波(UB1;UB′1,UBi;UB′i,UBN;UB′N)的入射束,每个相应的方向在垂直于所述管状件的外表面

的方向(N2)的两侧上倾斜相同的角度。

7.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中所述控制器(110)被设计成施加若干相应激励时间定律到基本换能器的至少某些子组(ETS1,ETSi,ETSN),每个子组的相应激励时间定律中的至少一个被设计成以便产生沿着方向(N2)传播的超声波(UB"1,UB"i;UB"N)的入射束,所述方向(N2)垂直于所述管状件(3,72)的外表面。

8.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中所述电子控制设备(100)被设计成在每次施加激励时间定律到基本换能器(32,76,210,320,3200)的相应的子组(78,ETS1,…,ETS7,ETSi,ETSN)之后保存至少一部分电信号的数字表示,所述至少一部分电信号由至少一些基本换能器(32,76,210,320,3200)接收超声波引起,以及其中所述数字表示与基本换能器(32,76,210,320,3200)的所述相应的子组(78,ETS1,…,ETS7,ETSi,ETSN)的标识符结合被保存。

9.根据权利要求8所述的装置,其中所述电子控制设备(100)还包括能够在至少一些数字表示上操作的至少一个处理模块(140),以及其中所述处理模块被设计成每次在与基本换能器的子组的相同的标识符结合保存的数字表示上操作。

10.根据权利要求9所述的装置,其中所述处理模块(140)被设计成每次仅在电信号的数字表示上操作,所述电信号由激励时间定律施加到其上的子组的基本换能器或者它们中的至少一些基本换能器接收超声波引起。

11.根据权利要求9和10之一所述的装置,其中所述处理模块(140)被设计成建立至少一个数字表示的一部分与管状件(3,72)中的角位置数据和/或该管状件的厚度中的位置数据之间的对应。

12.根据权利要求11所述的装置,其中所述角位置数据包括特定的基本换能器和/或基本换能器的特定的子组的标识符。

13.根据权利要求12所述的装置,其中所述特定的基本换能器和/或基本换能器的特定的子组(78,ETS1,…,ETS7)是基于与基本换能器的子组的不同标识符有关的数字表示中的最大振幅值进行选择的。

14.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中连续地激励的至少两个子组(78,ETS1,ETS2,ETS3,ETS4,ETS5,ETS6,ETS7)具有共同的一个或多个基本换能器。

15.根据权利要求1和2之一所述的装置,此外包括一个或多个超声波耦合元件,该一个或多个超声波耦合元件与所述拖车集成在一起并且被插入在多个基本换能器和管状件之间。

16.根据权利要求1和2之一所述的装置,还包括附连到所述拖车(7)并连接到所述电子控制设备(100)的位置编码器(9,250),其中所述电子控制设备(100)被设计成在激励时间定律每次施加到基本换能器的相应的子组(78,ETS1,…,ETS7)之后,保存由至少一些基本换能器接收超声波引起的电信号的至少一部分的数字表示,以及其中所述数字表示与和所述管状件(3,72)有关的且由位置编码器(9,250)引起的位置数据结合被保存。

17.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中拖车(7)包括工作表面(19),所述工作表面(19)的形状与所述管状件(3,72)对应,以及其中所述基本换能器被分布在所述工作表面之上。

18.根据权利要求1和2之一所述的装置,其中所述基本换能器(3200)还沿着至少一个

第二方向分布，以及其中所述导引件(11)能够与被检查的管状件的外表面协作以便定位所述拖车(7)以使得所述第二方向实质上对应于所述管状件的纵向。

19.根据权利要求18所述的装置，其中沿着第一方向相互相邻的基本换能器(3200)的至少一些子组还包含沿着第二方向相互相邻的基本换能器(3200)，以及在于至少一些激励时间定律被设计成以使得相应的子组的基本换能器(3200)共同地产生沿着一方向传播的超声波的入射束，所述方向还关于所述管状件(3,72)的纵向和/或该部件的横向倾斜。

20.根据权利要求1和2之一所述的装置，其中所述控制器(110)被设计成施加相应激励时间定律到靠近基本换能器的分布的一端的基本换能器的至少一子组，所述激励时间定律被设计成以使得靠近拖车的一端的至少一个子组的基本换能器共同地产生沿着一方向传播的超声波的入射束，所述方向相对于垂直于管状件的外表面的方向比其余的子组倾斜更多。

21.根据权利要求9所述的装置，其中所述处理模块(140)被设计成建立数字表示中的振幅数据与相对于被检查的部件的纵向位置数据和/或横向位置数据之间的关系。

22.根据权利要求21所述的装置，其中至少一些所述振幅数据由至少一些数字表示与一个或多个阈值的比较引起。

23.一种用于管状件的检查的方法，其中导引件与被检查的管状件的外表面协作，以便定位装配有电声类型的多个基本换能器的至少一个拖车，以使得所述换能器沿着管状件的至少一个横向分布，所述方法包括至少一个检查阶段，该至少一个检查阶段包含连续地施加至少一个激励时间定律到沿着第一方向相互相邻的基本换能器的子组，以使得每个相应的子组的基本换能器共同地产生沿着一方向传播的超声波的入射束，所述方向相对于垂直于所述管状件的外表面的方向倾斜。

24.根据权利要求23所述的用于管状件的检查的方法，其中所述拖车在每个检查步骤之后沿着被检查的管状件的长度位移。

用于管状产品的尤其现场非破坏性检查的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及以非破坏性方式检查管状的钢件的装置和方法。

背景技术

[0002] 通常的是，在这些部件的制造之后，特别是在生产线自身处，检查这些部件以检测缺陷的存在。检查通常是借助于自动检查机器进行的。这样的机器特别地考虑到所谓的“在线”检查，在这种情形下每个生产的部件相对于检查机器在部件的纵向运动。所述机器可以是各个类型的，特别地，超声波的，傅科电流的，或者磁通泄漏的。

[0003] 生产中使用的大部分的检查机器包括相对于所述部件螺旋运动的一个或多个检查探针。由此，所述部件沿着它的周边和它的长度被扫描。最经常的，探针被布置在所述部件的外部处，尤其是由于节省时间、人机工程学以及检查机器的低成本的原因。通过这样的扫描，可获得检查部件中的缺陷的真实绘制：将得到与所述部件有关的每个缺陷的位置数据。

[0004] 通常，缺陷会出现在管状的部件中和/或发展。特别地，这包含疲劳裂缝或腐蚀、腐蚀区域、或由于氧化物形成在内表面上引起的所述部件的减小的厚度、还或者是由于侵蚀引起的厚度减小的区域。有必要检测这样的缺陷以便执行所述部件的诊断。

[0005] 经常地，管状件被彼此组装以便在现场形成相对较大尺寸和/或复杂几何形状的结构。例如，可能会是钻杆、管道、发电装置、金属结构、施工现场机械及其他重型工业车辆、或气缸。

[0006] 有必要检查这些结构的管状件以便检测在使用期间产生的缺陷，和/或监视缺陷的发展。此外，会希望在管状件已经被组装在一起之后，或至少在它们的使用之前核查这些管状件，以便检测在组装期间产生的任何缺陷，和/或由于该组装引起的先前存在缺陷的负面的发展。可取的是，使用非破坏性方法，且该方法可被实施而不用拆卸所述结构。

[0007] 在部件的外表面上的缺陷、瑕疵或恶化可通过简单的方法例如外观检查进行检测。

[0008] 位于产品的内表面上或在它的厚度中的缺陷要难发现得多。

[0009] 不像在生产期间发生的，一旦部件被现场安装，在大多数情况下，实际上不可能通过螺旋运动使它们相对于检查探针运动：管状件通常被彼此固定并且最终结构的足印或它的几何结构都妨碍探针围绕所述部件的旋转的任何运动。尤其是每当管状件被组装成结构或面板形状时的情况下，在这种情况下所述部件以非常靠近在一起的方式彼此并排布置。特别地热交换器、蒸汽发生器中使用的薄膜管、或管道的弯曲或弓形部分就是这种情况。

[0010] 具有内探针尤其是旋转的内探针的检查装置可运动到管状件内。这些装置在使用中是十分不切实际的：不得不拆卸一部分的管状结构以便插入它们和/或提供进入端口。此外，这些装置有卡在所述结构内的倾向。然后需要定位所述装置，并且将所述结构拆卸直到可以接触到它们。此外是较长的检查时间，这是由于需要在所述结构中的来回往返，以及导引和耦合位于所述部件内的任何装置的困难。

[0011] 除此之外，有必要具备现场在管状件的外部上的检查技术，尤其是使得能够绘制所述结构的图。基于超声波的技术是优选的，因为这些波容易在部件中传播，即使当部件具有显著的厚度，达到几百毫米时。

[0012] 在具有大的约束的足印或复杂的几何形状的结构中可以围绕所述管状件并且沿着它们的长度移动便携式超声波探针，以覆盖所述结构的每个部件的整个周边。然而，这导致非常长的检查时间。需要提供每个超声波探针和被检查的部件之间的耦合介质，例如水或凝胶。

[0013] 最经常地，使用有机玻璃波导管，或者其他刚性材料之一。该解决方案几乎不适合于恶化的表面，例如可在已运行中的部件上发现的那些表面。

[0014] 除了其缓慢之外，这些技术要求相对于被检查的部件的周边位移，尤其是手动位移，其遭受了有效地覆盖整个被检查区域并且允许正确的可跟踪性的实际困难。以恒定的扫描增量，同时在部件的纵向上并且沿着它们的周边来手动执行规则的运动是困难的。结果，实际上不可能从检查的结果实现绘制图。实际上，检查员愿意例如通过标记来粗略地指示可疑区域。这使得一定时间内的任何可跟踪性复杂化。

[0015] 从US 7,975,549 B2得知一种装置，用于部件的非破坏性检查，所述部件具有至少部分地弯曲的外表面，其尤其是用于航空制造中的纵梁。所述器械包括形状与所述纵梁相对应的壳体，使所述器械相对于所述部件稳定的机械导引件，超声波转换器，例如压电超声波转换器，所述超声波转换器包括沿着圆弧规则分布的多个基本换能器，以及插入在所述转换器和所述部件之间的波导管。所述波导管具有形状与所述圆弧相对应的第一表面，以及与该第一表面相对的第二表面，其曲率与所述部件的曲率相对应。每个基本换能器发射超声波，所述超声波在垂直于所述部件的弯曲表面的方向上传播的。所述基本换能器相继地，或者以连续的组，被激活，以便扫描出与所述部件的弯曲表面相对应的角扇形。

[0016] 所述纵梁实质上是实心部件并且与管状件大不相同。所述器械仅能够检测同时位于所述纵梁的弯曲部分中且取向为切向于该曲率的缺陷。所述器械能够检测所述纵梁的厚度中的缺陷，尤其地在工业中称为层状缺陷类型的轧制缺陷。然而，它不适合于现场的管状件的检查，为此人们最感兴趣的是找到内壁上的缺陷和/或实质上径向地取向的缺陷，例如特别是疲劳裂缝。

[0017] 从US 7,984,650 B2得知一种装置，其机械结构基本上类似于US 7,975,549 B2中的装置。此类携带式扫描器用于管的现场非破坏性检查，所述管道通过板结合在一起以形成锅炉面板，所述携带式扫描器包括超声波探针、附连到探针的波导管、以及编码器，该编码器提供指示探针相对于被检查的管的位置的信号。所述波导管的形状需要每次都适于所述面板的管的形状。该文献对如何控制探针来检查所述管道没有记载。

[0018] 此外，从美国专利US 5,526,691得知一种锅炉面板的管道的现场检查的方法，其特别与腐蚀裂缝的存在有关。所述方法使用了被称为EMAT类型的两个线圈：其中一个线圈发射一束超声剪切波，该一束超声剪切波的发散角每次确定为所述管道的直径和它们的厚度的函数，而另一个线圈接收最终的超声波，尤其是由存在的任何缺陷转播的那些超声波。使用EMAT线圈的方法实际上是无用的，这是由于该技术的许多缺陷，例如被检查的部件的磁化，这是一种会削弱线圈相对于管的位移的强磁性，以及困难的诊断，。该技术尤其不能够定位缺陷，尤其不能识别由位于内表面处至位于外表面处的缺陷。结果，该技术几乎不适

合于由管状件构造的装置的绘图。

[0019] 从US 5,549,004得知一种用于锅炉面板的管道的现场检查的装置。所述装置建议检测所述管的壁面的厚度的减小。所述装置具有在原理上类似于US 7,975,549 B2的机械结构。文献US 5,549,004要求发射实质上垂直于被检查的管的表面的(也就是说没有偏斜地发射)多束超声波。这至少在理论上允许检查60度和70度之间的角度部分。根据专利申请人的经验,检查的尺度和检测的缺陷的性质在很大程度上是不够的。

[0020] 从US 7,516,664,得知一种用于检查实心复合材料部件的方法,在该方法中发射的多束超声波借助于多元件传感器偏斜。传输多束纵向超声波到所述部件,使得相对于垂直于所述部件的分界面边界的方向的倾角在-10°和+10°之间。由此提出了在减小的倾角范围的一种扫描,以选择允许在复合材料部件中的多孔性或层状的瑕疵的最佳检测的倾角值。所述方法尤其地对不完美的几何结构的部件的检查是有用的,特别是那些不对称的并且具有在内弧面和外弧面之间的曲率差的几何结构。它不允许检测在内表面和外表面上的裂缝,尤其是径向上的裂缝,至少不是以令人满意的方式。

发明内容

[0021] 专利申请人已经试着去改善现状。它已经给自己设定了一种方法和装置的目标,所述方法和装置使得基于管状件的设施的全面现场检查成为可能,尤其是搜寻位于部件的内表面上、在外表面上或接近这些表面的缺陷。所述方法和所述装置使得可以区别不同的缺陷并且在部件的横截面和在它们的长度上定位它们。此外,所述装置和所述方法应当允许产生设施的绘制图,除此之外能够监视缺陷的出现,和/或它们的进展。

[0022] 提出了一种用于检查管状件的装置,所述装置是包括至少一个拖车和导引件的类型,所述至少一个拖车装配有电声类型的多个基本换能器,所述多个基本换能器沿着至少第一方向分布,所述导引件能够与被检查的管状件的外表面协作,以便定位拖车以使得所述第一方向实质上对应于横向于所述管状件的方向。电子控制设备被连接到电声换能器。所述电子控制设备包括储存一个或多个激励时间定律的存储器,以及一个或多个控制器,该一个或多个控制器被设计成连续地施加至少一个相应的激励时间定律到沿着第一方向相互相邻的基本换能器的子组。至少一些激励时间定律被设计成以使得相应的子组的基本换能器共同地产生沿着一相应的方向传播的超声波的入射束,所述相应的方向相对于垂直于管状件的外表面的方向倾斜。

[0023] 提出的装置使得可以扫描管状件的横截面的至少一个部分,并且同时检测其内表面附近或出现在其上的缺陷,以及其外表面附近或出现其上的缺陷。特别地,提出的装置使得检测径向地延伸的缺陷成为可能,例如特别是裂缝。它的制造成本低于自动化机械。其检查速度与收益性的需要一致,特别是在复杂形状的部件的情况下。其容易操纵且不笨重,以使得其可容易地在现场使用,在这种情形下所述部件保持为安装状态。

[0024] 还提出了一种用于检测管状件的方法,其中导引件与被检查的管状件的外表面协作,以便定位至少一个拖车,所述至少一个拖车装配有电声类型的多个基本换能器,以使得所述换能器沿着管状件的至少一个横向分布,所述方法包括至少一个检查阶段,所述检查阶段包含连续地施加至少一个激励时间定律到沿着第一方向相互相邻的基本换能器的子组,以使得每个相应的子组的基本换能器共同地产生沿着一方向传播的超声波的入射束,

所述方向相对于垂直于管状件的外表面的方向倾斜。

附图说明

[0025] 本发明的其他的特征和优点将通过细读以下的说明和附图显现，在附图中：

[0026] 图1示意性地示出了基于管状件的设施；

[0027] 图2示出了用于管状件的检查装置的前视图，在图1的设施的一部分上的工作位置上；

[0028] 图3示出了图2的装置的侧视图；

[0029] 图4示出了沿着线IV-IV截得的图3的装置的截面图；

[0030] 图5示出了第一类型的多元件传感器的透视图；

[0031] 图6示出了例如用于图2到4的装置中的电子控制设备的功能图；

[0032] 图7示出了来自多元件传感器的超声波发射，在相对于被检查的部件的工作位置；

[0033] 图8示出了超声波在被检查的部件的表面上的反射和折射；

[0034] 图9示出了超声波在钢中的折射的进展，其为入射角的函数；

[0035] 图10类似于图9，示出了折射角的值；

[0036] 图11A示出了由于第一类型的缺陷的超声波的反射；

[0037] 图11B示出了由于第二类型的缺陷的超声波的反射；

[0038] 图12示出了缺陷的响应振幅的进展，其作为在钢中的折射角的值的函数；

[0039] 图13示意性地示出了A型扫描的示意图，其示出了超声波的振幅，所述超声波的振幅作为这些超声波的传输时间的函数而接收；

[0040] 图14示意性地示出了A型扫描的示意图，其示出了超声波的振幅，所述超声波的振幅作为这些超声波传播的距离的函数而接收；

[0041] 图15示出了根据本发明的第一方面的检查顺序，其借助于多元件传感器；

[0042] 图16示出了B型扫描的示意图，其示出了根据本发明的第一方面的检查顺序的结果；

[0043] 图17示出了根据本发明的第一方面的C型扫描的示意图，其作为多个检查顺序的结果；

[0044] 图18示出了与图17的示意图对应的缺陷图；

[0045] 图19示出了基于管状件的设施的一部分的缺陷图；

[0046] 图20示出了根据本发明的第二方面的检查循环；

[0047] 图21示出了根据本发明的第三方面的检查顺序；

[0048] 图22示出了作为图5的传感器的变体的多元件传感器；

[0049] 图23示出了作为图15的顺序的变体的检查顺序；

[0050] 图24示出了作为图5的传感器的另一个变体的多元件传感器。

具体实施方式

[0051] 附图包含某一特性的元件，且因此不仅可用来补充本发明，而且还有助于其限定，视情况而定。

[0052] 参照图1。

[0053] 其示出了基于管道1的形式的管状件的设施的示例，管道1包括多个直的管状区段3，其布置成彼此靠近且由管状弯头5互连。管道1通常在平面上延伸。管道1可被视为构成了管状件的面板，例如作为管状件内部循环的流体和位于这些部件外部的热源之间的热交换器，所述热源在所述面板的至少一侧上。

[0054] 管道1需要被检查。每个区段3需要被检查，以寻找其壁中的缺陷，尤其是裂缝，特别是径向裂缝，无论这些缺陷位于区段3的内表面上、在其外表面上、或接近这些表面中的一个或另一个。该检查应当沿着每个区段3的整个长度进行，并且以半个圆周的量级覆盖其横截面的一部分。换句话说，需要核查由管道1形成的面板的至少一个表面，在换热器的情况下该至少一个表面典型地位于具有热源的一侧上的表面。

[0055] 由于将两个区段3彼此分开的间隙十分小，因此实际上不可能借助于横向运动和/或围绕区段3转动的装置来检查每个区段。此外，区段3可能彼此结合在一起。

[0056] 另一方面，这样的技术会太慢而不能用于工业用途中。

[0057] 参照图2。

[0058] 其示出了一种检查装置，其尤其是用于图1的设施。该检查装置包括倚靠在被检查的管状件的外表面上的携带式拖车7，所述管状件在此为区段3。在此，拖车7可沿着区段3的纵向手动地运动。作为一变体，拖车7可被机械化，至少以有助于在该运动中的操作人员。

[0059] 在此，所述检查装置还包括位置编码器，该位置编码器连接到拖车7并且输出数据，该数据可以与拖车7相对于直线区段3的位置相对应，该位置至少沿着该区段的纵向。在此，位置编码器采用引线传感器9的形式，引线传感器9被附连到区段3，靠近其纵向端部之一。引线10的一端被附连到拖车7，而另一端被附连到传感器9。拖车7的位移引起引线10卷起或展开，取决于拖车7的运动方向。位置数据可源自展开和/或卷起的引线长度、卷轴执行的转动的数目、和/或与卷轴的角转动对应的脉冲的数目。

[0060] 在一变体中，位置编码器可采用不同的实施例的形式，包括安装在拖车7上的装置。举例来说，位置编码器可以是机械的、线性的或旋转的、电磁的、光学类型的，或者也采用加速计的形式。此类型的编码器的选择可取决于设施的几何形状，至少在被检查的区域处和/或构成它的基本部件的几何形状。例如，为了检查设施的弯曲的管状部分，例如设施1的弯头5，优选使用机械编码器。

[0061] 参照图3和4。

[0062] 拖车7包括支架11，该支架具有支靠区段3的外表面12的第一面，并且形状与区段3的至少一部分轮廓对应。

[0063] 在此，支架11被实现为大体U形状的轮廓的形式，其臂13将被设置在区段3的任一侧上，穿过它。每个臂13终止于朝向U形的内部的部分15中，并且其有助于保持支架11相对于区段3的位置。

[0064] 支架11的第一面被成形为导引件，其能够与被检查的区段3的外表面协作，以便相对于区段3定位拖车7。该第一面还起到相对于区段3沿着其纵向方向以平移方式导引拖车7的作用。换句话说，支架11的第一面可视为拖车7相对于区段3的导引/定位表面。

[0065] 拖车7还包括超声波转换器17，该超声波转换器安装在支架11上，位于第一面相对的第二面。

[0066] 超声波转换器17具有工作面，其取向朝向拖车7的导引面，用于发射和接收超声

波。所述工作面包括发射/接收表面19，在该发射/接收表面上，沿着垂直于支架11的臂13的第一方向，规则地分布有电声类型的多个基本换能器。当拖车7借助于定位导引件在相对于直线区段3的合适位置时，该第一方向对应于该直线区段3的横向方向。

[0067] 每个基本换能器可与其他的独立地运行。特别地，每个基本换能器可被激励以发射超声波，同时通过输出电信号来响应该类型的波的接收。每个基本换能器能够作为发射器/接收器运行。

[0068] 发射/接收表面19实质上在支架11的臂13之间延伸。

[0069] 在此，发射/接收表面19是弯曲的。它具有与区段3的轮廓对应的形状，其至少一部分包括在支架11的臂13之间。换句话说，发射/接收表面19是共形的，以便当拖车7在合适位置时，与区段3的轮廓的所述部分保持着恒定的距离。在图4示出的特殊情况下，发射/接收表面19共形为圆形的柱体部分的一部分，其对应于区段3的圆形轮廓。发射/接收表面19和区段3的圆形的轮廓是相互同心的。

[0070] 在此，将发射/接收表面19与区段3的外表面12分开的距离大约是14.5毫米。区段3具有25.5毫米的半径，而发射/接收表面19具有40毫米的曲率半径。

[0071] 发射/接收表面19在此在大约110°的角部分内延伸。因此，转换器17和支架在邻近拖车7位于其上的区段3将都不抵靠区段3。在该构造中，转换器17是“半环绕”类型的。基本换能器以角度的方式被有规则地分布为相对于被检查的区段3的外表面12的一部分。

[0072] 发射/接收表面19的那部分的角范围基本上取决于在两个相邻区段3之间留下的自由间隙。为了最大化可被检查的区段3的区域，优选的是，使发射/接收表面19延伸到最大值。

[0073] 所述检查装置进一步包括声音耦合机构，其与拖车7集成在一起，并且插入转换器13的工作面和直的区段3的外表面12之间。当支架11的导引面与区段3接触时，耦合机构是工作的，无论支架11相对于区段3的纵向位置如何。

[0074] 在此，耦合机构包括盒子21，盒子21充满水并且由柔性薄膜23封闭。薄膜23是在拖车7和区段3之间的接触表面的一部分。在对应转换器17的工作表面19的区段3的角部分上，它与区段3的形状匹配。薄膜23由具有稍微衰减超声波的材料制成，以及其中所述波的传播速度接近于在水中的传播速度，或者如可适用的耦合介质中的传播速度。由此，薄膜23的存在实际上对施加到基本换能器的延迟的定律的计算或者对超声波的折射没有影响。薄膜23可由称为鲨烯的材料制成。

[0075] 薄膜23的柔韧性允许所述装置适于区段3的外表面12的恶化状态。另外，耦合凝胶或水可被插入外表面12和薄膜23之间。

[0076] 作为一变体，盒子21可具有自由流动，也就是说，没有薄膜23。水压力然后应当足够高，以使得发射/接收表面19和外表面12之间的空间保持充满水。在这样的情况下，可以安装回收箱和水回收回路。

[0077] 盒子21可至少部分地替换为由具有声学性质的材料制成的柔性凸缘，所述声学性质适于钢中的超声波在折射，例如类似于薄膜23的声学性质的类型的材料，或者例如由树脂玻璃类型的材料制成的刚性凸缘。

[0078] 可选择地，支架11可装配有补充的导引件，以便于拖车7沿着区段3的纵向的运动。特别地，该补充的导引件被设计成与定位导引件协作，以使得在所述运动期间维持拖车7相

对于区段3的横向位置。导引辊可安装在支架11上，例如在它的臂13上。

[0079] 作为另一个选择，拖车7可装配有能够平整薄膜23、盒子21和/或抵靠区段3的外表面12的凸缘的张紧机构。例如，可使用一个或多个压缩弹簧。

[0080] 检查装置进一步包括电子控制设备，转换器17和位置编码器9被分别地连接到所述电子控制设备。

[0081] 电子控制设备能够发送激励信号到转换器17的每个基本传感器，用于发射超声波。

[0082] 参照图5。

[0083] 其示出了例如用作图4中的发射/接收表面19的类型的多元件传感器30。传感器30包括多个超声换能器32，例如压电换能器，它们彼此相似且在弯曲表面上排成行地分布。每个超声换能器32在此被示出为扁平的矩形元件的形式。超声换能器32沿着它们的宽度相互对齐。

[0084] 举例来说，此处的每个超声换能器32都具有0.5毫米的宽度并且相互间隔开0.1毫米。

[0085] 在此，所述多元件传感器包括保护条带34，例如为已知的类型的树脂层的形式，熟悉的为环氧树脂。

[0086] 参照图6。

[0087] 这是电子控制设备100的功能性表示，其被设计用于多元件超声传感器200，例如图5的传感器30。

[0088] 传感器200包括多个基本换能器210，标记为e1，e2，…，ei，…eN，其中N代表传感器200的基本换能器210的数目。在图6的功能图中，N个基本换能器210被布置成一行。实际上，超声传感器中的换能器被组织成一表，每个换能器具有地址编号。

[0089] 基本换能器210能够在超声传感器200中起到发射/接收的作用。

[0090] 电子设备100包括控制电路110的形式的发射路径，其电连接到每个换能器210的。控制电路110能够激励每个换能器210，也就是说，使它发射例如在1MHz和15MHz之间的超声频率的脉冲波。使用的超声频率实际上取决于寻找的缺陷的尺寸。对于在此描述的申请，5MHz的值是特别合适的。

[0091] 电子设备100还包括处理器140，其一个输出端被连接到控制电路110。处理器140可激活控制电路110以激励一个或多个基本换能器210。

[0092] 换能器210可被成组地激励，每个组具有相对于对该组的换能器共用的时间基点的相位偏移或者时间延迟。通常，我们将对于换能器ei相对于它的时间起点的激励的时间延迟指定为ti。存储器，例如与处理器140有关的存储器，存储一个或多个激励时间定律。处理器140可连续地调用至少一些定律用于基本换能器的子组，以使得它们通过控制电路110被施加，以便实现所谓的检查序列。

[0093] 处理器140和控制电路110由此以控制器的方式共同地动作，所述控制器能够连续地施加至少一个相应的激励时间定律到基本换能器210的子组。施加激励时间定律到基本换能器210的子组导致由基本换能器210发射一束超声波。该发射还可以被称为本领域的术语的“射击”。

[0094] 传感器200既是发射器又是接收器。超声波可由换能器210接收。电子设备100包括

多个模-数转换器130。每个转换器130的输入端被连接到相应的换能器210，而其输出端被连接到处理器140的相应的输入端。来自于换能器210的电信号由此可转换成数字信号，并被存储例如在处理器140的存储器中。

[0095] 存储器存储与数据有关的数字信号，该数据允许了换能器210的子组的识别，激励时间定律施加到该换能器210的子组。

[0096] 除此之外，处理器140此外被编程以使保存在存储器中并且与同一组的换能器对应的时间信号相位同步。更通常的，每当与相同的识别数据有关时，也就是说与换能器210的相同的子组有关时，处理器140能够对存储器中的数字信号进行操作。由此，它充当电子控制设备100中的处理模块。

[0097] 处理器140的一个输入端可被连接到脉冲编码器250，例如，图2的编码器9。

[0098] 处理器140可此外被编程来增加信号，该信号与每组换能器的每次射击相对应，以产生A型扫描400。为了同相地放置信号，在发射期间使用的延迟可在一个特定实施例中被相反地施加，也就是说，最大的延迟值以接收模式被施加到由换能器接收到的信号，该传感器被最小延迟值激励。

[0099] 在一个有利的改进中，处理操作可包含施加不同于用于发射模式的延迟定律的一个或多个延迟定律到每个接收到的信号，且对应于不同的倾斜值。该类型的处理例如被描述在以本申请人的名义提交，且公布为编号WO2003/50527的国际申请中。这样的处理可改进某些缺陷的检测，特别是关于径向倾斜的缺陷。

[0100] 接收到的数据的处理使得可以通过建立在周边扫描期间使用的连续组的顺序的A型扫描来产生B型扫描500图。最后，C型扫描600图，或者制图，可通过建立与在所述装置沿着管状件运动期间运行的距离有关的B型扫描的信息来进行重建。

[0101] 参照图7。

[0102] 它示出类似于图5的传感器30的多元件传感器70，其在相对于管72的合适位置，与管72的外表面74的一部分相对。

[0103] 激励时间定律可以这样的方式被计算，以使得子组78的基本换能器76共同地产生一束超声波。该发射束由它的在图7中的传播方向D1表示。

[0104] 在管72的横向平面中，发射束的方向D1相对于方向N1倾斜一偏转角β，该方向N1垂直于传感器70的邻近外表面74的表面，至少在该组换能器78的基本上中间的或者中央的位置。传感器70在此相对于管72设置以使得垂直方向N1穿过管72的横截面的中心80。

[0105] 方向D1相对于方向N2倾斜入射角θ，该方向N2垂直于管72的外表面74，其中第一方向D1与该外表面74相遇。

[0106] 激励时间定律对应于该组延迟值，通过该组延迟值，子组78的基本换能器76关于子组的基本换能器的共同的时间基点被激励。

[0107] 附录A.1中的公式以通常方式表示被施加到子组78的次序n的基本传感器76延迟值Δtn，例如以秒表示。在该公式中：

[0108] -量dn，例如以米表达，对应于将子组的第一换能器与次序n的换能器分开的距离，该距离被认为从一个换能器的中心到另一个换能器的中心。距离dn可通过基本换能器的尺寸和基本换能器的相互间隔进行计算。

[0109] -角度β对应于在耦合介质中的偏转角，也就是说，对应于所述束的传播方向D1相

对于垂直于中央换能器的平面的方向N1的倾斜角。该角度还被称为“发射角度”。

[0110] -量V对应于超声波在耦合介质中的速度，例如在水中是1480米/秒。

[0111] 发射的超声波束可没有焦点，或者至少具有一焦点，相对于将传感器70与管72分开的距离，其距离传感器70非常远。在该情况下，邻近所述管的外表面74的缺陷和邻近管70的内表面的缺陷可用相同的灵敏度进行检测。作为一变体，至少一些发射束具有邻近管72的焦点，例如在它的内表面、它的外表面74、或者在管72的厚度中。然后优选检测管72的相应区域中的缺陷。

[0112] 附录A.3和A.4的公式使得可以计算超声波束相对于传感器的倾斜角β的值，其作为到管72的外表面74的入射角θ的值的函数。

[0113] 在该公式中：

[0114] -量r1对应于管72的外半径。

[0115] -量r2对应于传感器70的工作面的发射/接收表面的曲率半径。

[0116] 参照图8。

[0117] 在耦合介质和钢之间的分界面INTF处，在此为水和钢，例如图4的部件的外表面12，纵向超声波的入射束，在此由它的主传播方向IB表示，具有相对于垂直于所述分界面的方向N为非零的入射角θ1，所述纵向超声波的入射束被折射成在主方向LB传播的一束纵向超声波以及在主方向TB传播的一束横向超声波，主方向LB相对于垂直方向N倾斜非零的折射角$\theta 2_L$，主方向TB相对于垂直方向N倾斜折射角$\theta 2_T$。

[0118] 此外，入射束在分界面INTF处被部分地反射成在主方向RB上传播的一束纵向超声波，主方向RB相对于方向N倾斜等于角θ1的反射角。

[0119] 从入射角θ1的值开始，反射角和折射角的对应值可通过使用附录A.2的公式进行计算，其中：

[0120] -值$V1_L$对应于纵向声波在水中的速度，或大约1480米/秒；

[0121] -值$V2_L$对应于纵向声波在钢中的速度，或大约5900米/秒；

[0122] -值$V2_T$对应于横向声波在钢中的速度，或大约3230米/秒。

[0123] 参照图9。

[0124] 这示出了一图，该图示出了，每当作为入射角的值(横坐标)的函数时，纵向超声波的入射束的透射系数(纵坐标)的值的变化，该纵向超声波的入射束在水中传播，其一方面被折射成在钢中(虚线)的一束纵向超声波，且另一方面被折射成在钢中(实线)的一束横向超声波。所述系数的值越高，在钢中的特定波的能量的越大。

[0125] 具有相当大的能量的波改进了检查的状况。然而，较低的能量可得到补偿，特别地通过增加接收增益。

[0126] 图9的曲线图示出：

[0127] -对于在大约15°和大约27°之间的入射角的值，折射波仅是横向的；

[0128] -对应于在大约15°和大约27°之间的入射角的值的在横波中的透射系数的值明显地大于在纵波中的透射系数的最大值；

[0129] -对于大于大约27°的入射角的值，在横波中和在纵波中的透射系数实际上为零。仅实质上表面波产生在水和钢的分界面处。这样产生在管状产品的外表面上的波，，不允许检测在管状产品的内表面处的缺陷、或在该产品的厚度中径向取向的缺陷、或在其外表面

上的缺陷。

[0130] 有利的是，尤其是为简化控制的解释，以用于管状件的检查，在水中入射角的值在大约15°和大约27°之间，其对应于在横波中的透射系数的大于大约0.15的升高值。这允许具有高能量水平的检查。

[0131] 在水中的入射角的值小于大约15°，对于此，两种类型的波，纵向和横向的，在钢中共存，没有被排除。然而，两个波的各个回弹的解释会证明是更复杂的。

[0132] 参照图10。

[0133] 其示出了类似于图9的曲线图，其中透射系数的值的变化被表示为折射角的值的函数，并且仅用于横波。透射系数的高值对应于在大约35°和大约80°之间的横波中的折射角的值。

[0134] 再一次参照图7。

[0135] 取决于入射角θ的选择，一束超声波，尤其是横向超声波在管的厚度中被折射，该束在此由它的传播方向D2示出。后者抵达管72的内表面82，结果是超声波的反射束，由它的传播方向D3表示。这对应于本领域的术语中的被称为“回弹”或“弹跳”。即使在图7中没有示出，在方向D3中传播的束在另一弹跳中在外表面74处被反射，等等。

[0136] 参照图11A。

[0137] 以与关于图7描述的相似的方式，基本换能器76的组78，例如图4的多元件转换器17的那些，可朝向管状钢部件72的外表面74，例如区段3的外表面12，在耦合介质中，例如水中，发射在第一方向D1上传播的一束超声波。发射的束在外表面74处被折射成通常在第二方向D2中传播的一束超声波。折射的束在由部件72的内表面82形成的钢/水分界面处被反射成主要在第三方向D3传播的束。

[0138] 当该反射束遭遇到缺陷ID的表面时，在此为内部的和径向的，后者反射击主要在第一返回方向RD1上传播的一束超声波。在由外表面74和耦合介质形成的分界面处，反射束被折射成在第二返回方向RD2上传播的一束超声波。后者可由与外表面74相对的基本换能器76获取。在管状件和缺陷通常以径向方式延伸的情况下，反射束主要由用于发射的子组78的换能器76接收。

[0139] 以类似的方式，在图11A中没有示出，在第二方向D2中传播的折射束可由内部缺陷反射，而没有之前在部件72的内表面82处反射。

[0140] 沿着D2传播的超声波的折射束适合于检测位于部件72的内表面82处或在它附近的纵向缺陷。具有这样的构造的缺陷特别地包括腐蚀或疲劳裂缝。

[0141] 参照图11B。

[0142] 其类似于图11A，除了在方向D2上传播的折射束没有遭遇到任何缺陷，直到它到达72的内表面82。它在此被反射成沿着方向D3传播的束，并且它自己在该部件72的外表面74处被反射成沿着第四方向D4传播的束。后者遭遇缺陷ED的表面，在此为外部的或径向的，并且通过它被反射成沿着第一返回方向RD1传播的束，通过内表面82反射成沿着第二返回方向RD2传播的束，其在部件72的外表面74处折射成沿着第三返回方向RD3传播的束。后者由基本换能器76接收。由于在部件72中的缺陷ED的径向取向，沿着第三返回方向RD3传播的束主要由用于发射的子组78的基本换能器76接收。

[0143] 沿着方向D2的束适合于检测位于部件72的外表面74附近或靠近它的纵向缺陷。

[0144] 图11A和11B每个示出了超声波的束的主要轨迹，其对应于用于检测缺陷的工作束的传播方向。实际上，二次的或附属的束可在每当工作束遭遇钢/耦合介质或钢/空气的分界面时由折射或反射产生。这些二次束在检测部件72中的缺陷时没有作用，至少没有直接的作用。为此，以及为简单起见，二次束的轨迹在图11A和11B中没有被示出。例如，在图11B中，沿着第三方向D3传播的束，在钢/耦合介质分界面处产生在该耦合介质中的一束折射超声波(未示出)，除了沿着第四方向D4传播的反射波的束之外。不像沿着方向RD3传播的束，所述折射波的束没有被发射子组78的基本换能器76接收。

[0145] 图11A和11B示出：至少一些从部件72出现的超声波，尤其是通过径向取向的缺陷由反射产生的超声波，被发射子组的基本换能器接收，或它们中的至少一些接收。

[0146] 根据检查装置的一个实施例，它包括处理电子设备，或模块，例如图6的电子设备100的处理器140，其被设计成仅处理由已经发射入射束的子组的基本换能器接收的信号。换句话说，处理电子设备每次对通过子组的基本换能器接收超声波引起的电信号的数字表示进行操作，激励时间定律刚已经被施加到所述子组。处理接收到的信号所需要的时间在该情况下减少，它保持与经典的检查节奏(cadence)一致，同时仍允许检测径向缺陷。

[0147] 根据不同的实施例，处理电子设备被设计成处理在传感器的基本换能器的组处接收的信号，响应仅由这些换能器中的一个子组发射一束超声波。此外，检查装置然后使得可以检测在部件中以不同方式取向的缺陷，也就是说，没有以径向方式取向的缺陷。

[0148] 根据再一个实施例，处理电子设备可被设计成以便仅处理不同于发射子组的基本换能器的一个或多个子组处接收到的信号。

[0149] 参照图12。

[0150] 其示出一曲线图，该曲线表示回波的振幅(纵坐标)或响应，其由典型的缺陷(靠近内表面的)反射，作为在钢中的一束横向超声波的折射角的值的函数(横坐标)振幅值对应于具有51毫米外径和5毫米的厚度的管状件的情况。典型的缺陷采用部件的壁中的缺口的形式，其沿着部件的长度延伸且径向于它。缺口出现在部件的内表面上并且向下延伸到0.5毫米的深度。

[0151] 发射的超声波的频率接近5兆赫。

[0152] 接近40°的折射角的值是最佳的。在水作为耦合介质的情况下，这对应于接近17°的入射角的值。在大约33°和大约47°之间的折射角的值允许获得大于-6分贝的回波振幅。在大约37°和大约45°之间的折射角的值使得可以获得大于-3分贝的相对回波振幅。

[0153] 沿着相对于垂直于检查的管状件的外表面的方向倾斜大约40°的方向传播的横向超声波的折射束是优选的，在于：它允许检测内部和外部缺陷，并且允许最好地使用超声波转换器的能量。

[0154] 为了简单起见，我们已经限制图12的曲线图为大约26°和大约54°之间的折射角的值。然而，小于26°或大于54°的折射角的值可被构想到。

[0155] 对于给定构造的多元件传感器，发射束的偏转角的值越大，称为“二次裂片”出现的风险越大。该二次裂片由不同的基本换能器分别发射的超声波束之间的不必要的干涉引起。除了超声波的希望的或主要的超声波束之外，该干涉还产生二次束，该二次束在通常与主束的传播方向相反的方向上传播。总的来说，此现象减损了检查的效力。特别地，它可导致缺陷的双重检测或者甚至假警报的产生。

[0156] 实际上，为防止二次裂片的出现，折射角被限制为与偏转角的最大值兼容的值。该值，其适于多元件传感器的每个构造，特别地取决于：

[0157] -基本换能器的宽度(元件越窄，最大值越高)；以及

[0158] -在该耦合介质中的波长，也就是说，超声波在该介质中的传播速度和激励的频率(频率越高，最大值越低)。

[0159] 它的传感器的构造允许检查装置将折射角的可变值实施到甚至对应于由传感器允许的偏转角的最大值的值。

[0160] 在当水被用作所述耦合介质的情况下，以及在图5中描述的类型的多元件传感器被用在5兆赫的频率的情况下，偏转角的最大值，低于此最大值二次裂片的能量保持受到充分抑制以不会影响检查的质量，是大约15°。对于具有40毫米的曲率半径的传感器，在25.5毫米半径的管的14.5毫米的高度处，这对应于大约24°的水中的入射角的最大值，对应于62.5°的横波中的折射角。

[0161] 实际上，在大约35°和大约60°之间的折射角的值是特别合适的，其对应于在15°和23.5°之间的水中的入射角的值。

[0162] 优选地，建议的检查装置具有可被用在高频下的传感器，例如在5兆赫的量级。由此，所述装置能够检测浅深度的缺陷。

[0163] 传感器的几何构造和它相对于被检查的部件的设置可被调整以便减少给定检查情况下所需要的发散角(入射角和折射角)。

[0164] 根据一个特别有利的构造，检查装置包括半环绕类型的传感器，例如在图5和7中示出的，其曲率实质上对应于被检查的部件的曲率。在该构造中，由子组发射的超声波束以同样的方式偏转相同的折射角。

[0165] 优选地，超声波转换器的工作表面与检查的部件的外表面相距一定距离，该距离足够大以使得施加的偏转角保持微小的。该距离可对应于水盒的高度，例如图4的盒子21。优选地，该距离大于10毫米。

[0166] 只作为例子，通过图5的类型的传感器，以及对于被检查的具有51毫米外径的管，传感器的工作表面和该管的外表面之间的距离为14.5毫米，10.7°的偏转角的值使得可以产生具有在水中大约17°的入射角的束。在相同的情况下，在大约5毫米的距离下需要大约14.1°的偏转角。

[0167] 参照图13。

[0168] 响应通过基本换能器的子组的一束超声波的发射，这些基本换能器可接收超声波。这些波转换为数字信号，并且被记录在与时基有关的电子控制设备的存储器中。

[0169] 图13的曲线图示出一个这样的信号。接收到的信号的振幅沿着纵坐标示出，而时基，对应于超声波发射(基准起点)之后它们的飞行时间，被沿着横坐标示出。

[0170] 接收到的信号在时间t1处具有第一振幅峰值EC1，其对应于在被检查的管状件的表面上入射的超声波束的一部分的反射。峰值EC1可被称为“分界面回波”，这是因为它一方面由位于换能器和部件之间的耦合介质的变化引起，以及另一方面由该部件的钢之间的介质的变化引起。它对应于在入射在部件的外表面上并返回到传感器的束的反射时扩散的一部分能量。

[0171] 基点和时间t1之间的时间间隔对应于超声波束在耦合介质中的往返飞行时间，其

在多元件传感器和所述部件的外表面之间。

[0172] 峰值EC1的振幅是十分微小的，特别比在传统的检查方法中获得的峰值更微小，在传统的检查方法中，超声波的入射束在垂直于被检查的管状件的表面的方向传播。峰值EC1的振幅的相对微弱是源于由入射束相对于该垂直方向的倾斜。

[0173] 在被检查的部件中折射的超声波束的路径上不存在缺陷时，所述束在部件的深度中连续地在内表面和空气的分界面处，以及在外表面和耦合介质的分界面处反射。在该情况下，在第一峰值EC1之后，在A型扫描中不再有振幅峰值是可见的。

[0174] 不像传统方法，在传统方法的情况下入射束在垂直于被检查的部件的分界面的方向上传播，其中没有对应于内表面和空气的分界面的振幅峰值。该峰值有时在本领域的术语中称为“背景回波”。

[0175] 在图13中，第二振幅峰值EC2发生在时间t2处，该峰值对应于折射束在缺陷成的反射。时间t2和t1之间的间隔实质上对应于在外表面和缺陷之间的超声波的来回往返飞行时间。该时间间隔可与管状件的厚度中的深度值有关。这使得可以在此断定：第二峰值EC2是源于位于所述部件的内表面附近的缺陷。

[0176] 在图13的曲线图中，通过虚线示出了在时间t3处的第三振幅峰值EC3，其对应于在管状件的内表面回弹之后，由位于被检查的管状件的外表面附近的缺陷反射的折射束的一部分的接收。

[0177] 从横向超声波在钢中的传播速度和检查的管状件的厚度的知识，可形成在图13的曲线图的时基和管状件的厚度中的深度之间的关系。

[0178] 可有利地限定在ti1和tf1之间的第一时间间隔F1，其对应于搜寻的缺陷的深度范围。电子控制设备可包括系统，当大于阈值AS1的振幅峰值在时间间隔F1中被检测到时，该系统能够发射警报信号。

[0179] 以相同的方式，第二时间间隔F2已经被表示在时间ti2和tf2之间，其对应于所述部件的外表面附近的区域。警报系统可被设计成当大于第二阈值AS2的振幅峰值发生在时间间隙F2中时发射警报信号。

[0180] 参照图14。

[0181] 这示出了A型扫描的曲线图，其例如可由电子控制设备输出，例如图6的电子设备100。

[0182] 大体上，该A型扫描曲线图对应于图13的曲线图，除了接收到的信号的振幅和时基之外，所述接收的信号的振幅在此相对于屏幕高度以相对方式表示，按照被搜寻的缺陷的最小增益校准，所述时基已经被在部件中运动的距离的数据替代，借助于在钢中的传播速度的值从时基推断出。

[0183] 图14的A型扫描还示出大约0毫米的运行距离处的第一振幅峰值EC4，其对应于分界面回波，以及第二振幅峰值EC5，具有大约80％的振幅，其发生在距离间隙F4中并且在稍微小于7毫米的运行距离处。第二峰值EC5例如对应于部件的内表面附近的缺陷。

[0184] 距离间隙F4的边界可确定为被检查的部件的厚度的函数进。这使得可以基于相应峰值在所述间隙中的位置来定位在所述部件的厚度中的缺陷。

[0185] 参照图15。

[0186] 这以类似于图7的视图示出多元件传感器70和被检查的管72。多元件传感器70在

此与用于基本换能器的保护条带75一起示出，该保护条带75被插入在多元件传感器70和管72的外表面74之间。

[0187] 根据本发明的一个方面，电子控制设备包括控制器，包括例如图6的电子设备100的处理器140和控制电路110，其被设计成连续地施加相应的激励时间定律到在第一方向上相互相邻的基本换能器的子组ETS1，…ETSN。换能器的每个子组的连续的激励对应于所谓的检查顺序。在激励时间定律的每次施加之后，电子控制设备保存由基本换能器接收超声波引起的电信号的至少一部分的数字表示，例如，为数字信号的形式。每次，所述数字表示被保存为与激励时间定律施加到其上的基本换能器的子组的识别数据有关。

[0188] 每个激励时间定律限定用于所述相应子组的每个基本换能器的相应的发射的延迟值。

[0189] 在图15中，作为示例，示出了十六个基本换能器中的每个的七个子组ETS1，…，ETS7。每次相应地施加到基本换能器的延迟值以条形图的形式示出，每个条与相应的基本换能器有关，并且具有与施加到所述换能器的延迟值成正比的高度。

[0190] 所述激励时间定律使得相应的子组的基本换能器共同地生产超声波束，该超声波束的传播方向UB1，…，UB7相对于垂直于管72的外表面74的方向倾斜。

[0191] 在此，每个时间定律使得发射的超声波束在管72的外表面74处折射成在相应的方向RB1，…，RB7上传播的相应的超声波束，所述相应的方向RB1，…，RB7相对于该外表面74垂直方向倾斜35°和60°之间的角度，优选地接近40°。

[0192] 在一个实施例中，如在图15中示出的，激励时间定律被计算以使得每个折射束的相应的传播方向UB1，…，UB7具有相对于垂直于外表面74的方向的相同的折射角倾角或值。

[0193] 在此，在传感器70的发射/接收表面和管72的外表面74之间的形状对应使得可以施加实质上相同的延迟定律到基本换能器ETS1，…，ETS7的每个子组。

[0194] 每个检查顺序产生束的连续的发射，每个都在入射的相应位置处遭遇管72的外表面74的。优选地，对应于检查顺序的入射的位置被规则地分布在外表面72的被检查的角部分之上。

[0195] 结果是管72的横截面的在其角部分之上的扫描，该角部分超过传感器70的角范围和/或薄膜的角范围，该薄膜例如是图4的薄膜23。该扫描发生而没有传感器70相对于管72的运动。

[0196] 基本换能器的子组ETS1，…，ETS7在第一方向彼此相邻。

[0197] 在图15中，子组ETS1，…，ETS7此外彼此分开：两个连续的子组没有任何共同的基本换能器。每个子组的最后的基本换能器物理上靠近在所述顺序中的下一个子组的第一基本换能器。这对应于本发明的简单的实施例，具有尤其是快速检查顺序的优点。

[0198] 有利地，控制器被设计成连续地激励具有至少一些共同的基本换能器的子组。结果是由于入射的位置彼此接近，使得缺陷的角定位更加的精确。

[0199] 总的来说，对两个连续地激励的子组而言，共同的基本换能器的数目越多，缺陷的角定位越好(周边指示器)。所述顺序具有更多数量的射击。

[0200] 被控制的基本换能器的子组被确定以使得两个相邻的入射位置之间的间隙足够小，以使得插入在这些两个位置之间的缺陷可以可接受的方式被检测到。

[0201] 根据申请人进行的测试，在两个连续射击之间的两个基本换能器(两个连续的子

组将两个基本换能器在第一方向彼此区别开)的步骤是足够的。这样的步骤允许通过使用5兆赫的超声波传感器来检测在外径为51毫米而厚度为5毫米的管中的内部缺陷,该内部缺陷例如是深度0.5毫米的纵向和径向缺口。每个子组包括16个基本换能器。对于以中间方式定位在两个连续的子组之间的缺陷,响应间隙保持较低,小于1.5分贝,其确保在该构造中沿着扫描的周边区域的检测的均匀性。

[0202] 参照图16。

[0203] 其示出一图像,其对应于所谓的B型扫描曲线图,例如可通过电子控制设备输出产生,例如是图6的电子设备100。

[0204] 检查装置的转换器的电子控制设备包括处理模块,其设计成建立A型扫描记录,该A型扫描记录由在检查顺序或扫描期间启动的基本换能器的每个子组获得。

[0205] 在纵坐标上绘制的是相应的子组的顺序的次序。例如,标记“11”在此对应于启动的基本换能器的第十一个子组。

[0206] 沿着纵坐标绘制的是共同时基。对于每个次序值,时间基点对应于子组的第一基本换能器的激励,关于此,施加到子组的其他换能器的延迟值被计算。

[0207] 对于给出的横坐标值,图16的曲线图的趋势对应于A型扫描,例如,如关于图14描述的A型扫描。

[0208] 在B型扫描中,接收到的信号的振幅可由彩色温标表示。

[0209] AB型-扫描图使得可以定位在检查的管状件的厚度中的缺陷。不仅可基于超声波回波的最大振幅处的飞行时间定位在产品的厚度的深度中的缺陷,还可以通过确定与最大振幅对应的换能器的子组的次序来定位角位置中的缺陷。换句话说,可形成保存的一部分数字信号和在管状件中的位置数据之间的关系,该管状件中的位置数据为基本换能器的特定子组的标识符的形式。举例来说,所述标识符在此包括以检查顺序的次序的指示。

[0210] 例如,图16示出了角位置中的缺陷D1,该角位置对应于基本换能器的第十一个子组的角位置。

[0211] 作为一选择,可通过考虑超声波在钢中的折射角和它们的轨迹重新计算管状件中的更精确的位置。

[0212] 检查顺序可相对于直线区段3针对拖车7的每个纵向位置进行。在两个纵向位置之间的步骤与需要执行检查顺序的时间是同步的,该时间通常小于一秒。

[0213] 所述步骤可取决于在顺序中执行的射击的数目、电子设备的重复频率(PRF)、以及希望的检查速度。

[0214] 举例来说,在当前可用的微处理器的情况下,申请人可获得每分钟一米的量级的运动速度,其具有满意的轴向点,该轴向点典型地在毫米的量级。通过“轴向指示器”意味着在部件的纵向上测量的在两个连续顺序的相同次序的超声波束的入射的位置之间的距离,或者拖车在所述射击的两个连续的顺序之间运行的距离。

[0215] 参照图17到19。

[0216] 有利地,电子控制设备被设计成另外利用编码器的脉冲,例如图2的编码器9,指示多元件传感器相对于管状件的长度的位置,用于每个检查顺序。

[0217] 这使得可以构造部件的制图法,或C型扫描表示,如例如在图17中可看到的。

[0218] 在纵坐标上绘制的是沿着部件的长度的位置1,检查顺序与其对应。该长度可从编

码器获得。沿着纵坐标绘制的是用于所述顺序中的子组的次序i。在纵标轴上的位置可与检查的区域的周边上的角位置有关。在检测门中的超声波信号的最大振幅由彩色温标表示。由此，制图法可用于记录每个检测门。

[0219] 在图17中，例如，次序18和19的子组“看到”第一回波ECH1，其对应于第一缺陷，延伸大约40毫米和80毫米；第二回波ECH2，延伸大约250和280毫米；第三回波ECH3，延伸大约385和445毫米；以及第四回波ECH4，在大约495和550毫米之间延伸。

[0220] 在替代的表示中，对应于选择的门中的超声波信号的最大振幅的飞行时间也可以由彩色温标指示。

[0221] C型扫描使得可以定位沿着部件的纵轴的任何缺陷，并估计这些缺陷在该方向上的范围。标准化方法，所谓的“在-6dB下的方法”，在于通过距离来估计缺陷的长度，在此情形下信号的振幅保持大于该缺陷获得的最大振幅的一半(-6dB)，其特别地适合于估计缺陷在部件的纵向上的范围，也就是说，缺陷的长度。

[0222] 缺陷的高度，也就是说，它沿着管状件的厚度的尺寸，越大，那么由该缺陷反射的束的振幅就越大。检查装置由此可给出指示，该指示可被考虑以量度检测到的缺陷的严重程度。

[0223] 为了估计径向缺陷的高度，可将接收到的回波的振幅与在具有人造缺陷的类似的部件上(类似的尺寸和材料)上获得的值进行比较，所述人造缺陷典型地为已知深度的缺口的形式的。如果由天然缺陷获得的最大振幅值在观测到的振幅值内，例如在校正阶段期间，两个基准缺口具有彼此不同的深度，然后天然缺陷可在缺陷范围内进行分类，该缺陷范围如由对应于所述缺口的深度的高度极限所限定。

[0224] 更精确的估计，当线性关系被证实在回波的振幅和缺陷的高度之间时是特别合适的，包含由基准缺口获得的最大振幅和该缺口的深度之间的比值的初步计算，然后将该比值施加到由检查的部件获得的回波。

[0225] 其他的方法可被使用，例如联合使用回波在超声波信号中的最大振幅和沿着产品的周边的缺陷的响应的宽度，或组的数目，在此情形下回波对应于已经被观测到的缺陷的。

[0226] 在该处理之后，简化的制图法可在检查结束时产生，例如可在图18中看到。该制图法便于为产品的用户定量解释检查的结果。

[0227] 在此，简化图SM包括长方形区域，其对应于检查的部件的纵向部分，在长度上和周边上被界定，在其上，具有缺陷的部件的区域以不同颜色的区域的形式示出。颜色代码可代表在这些区域中发现的缺陷的严重性的分类。颜色区域的尺寸和位置对应于周边位置和轴向位置，以及检测到的缺陷的长度。

[0228] 简化图SM示出长方形区域RA1，其沿着该图SM的长度的范围对应于图17的第一回波ECH1的范围的，以及第二区域RA2、第三区域RA3和第四区域RA4，其分别对应于第二、第三和第四回波ECH2、ECH3、ECH4。区域RA1、RA2、RA3和RA4实际上彼此对齐，其意味着它们对应于位于检查的部件的相同的角扇形中的缺陷。

[0229] 再者，在图18中，接收到的信号的最大振幅已经与灰色调值匹配。第一区域RA1和第四区域RA4实质上示出相同的灰色调值。相应的缺陷具有彼此接近的高度，或至少属于相同范围的高度值。第二区域RA2比第一区域RA1更暗。对应于第二区域RA2的缺陷具有比第一区域RA1的缺陷更大的高度。

[0230] 这可被实现，如由图19所示的，对于设施的每个管状件中，例如，图1的每个区段3。每个管状件对应于简化图SM1，…SMN。

[0231] 在图19中，对应于基准SM5和SM3的管状件没有颜色区域，并且可被认为是没有任何缺陷，而一个基准SM4例如具有长的带颜色的区域RA5，其对应于沿着相应的管状件的长度延伸的缺陷。

[0232] 沿着管状件纵向或轴向点的检查的分辨率可被限定为希望的制图法的分辨率的函数。通常，它小于希望检测的缺陷的最小长度。

[0233] 电子控制设备可实时计算拖车相对于管状件的前进速度，特别地基于编码器的脉冲。当前进速度相对于检测所述部件的周边区域所需要的时间太高时，可为检查操作者发射信号。检查周边区域所需要的时间实质上是相同的，无论拖车相对于所述部件的纵向位置如何。它可被保存在电子设备中，在射击的第一顺序已经被执行或通过检查参数计算之后，尤其是在该顺序的过程中执行的射击的数目。作为一选择，过高的前进速度可通过获得的“空白”被指示在制图上。由于编码器的脉冲的处理，该制图相对于运行的长度是同步的。

[0234] 参照图20。

[0235] 其示出传感器70和被检查的管72，其相对位置类似于图15。控制器被设计成施加激励时间定律，例如位于传感器70的一端附近的基本换能器的子组，在此，第一子组ETS1发射由它的传播方向UB1’表示的入射超声波束。传播方向UB1’与在超声波束入射的位置处在束UB1(由虚线示出)的传播方向上的所述管72的外表面74的法向(未示出)相反。在方向UB1’上传播的入射超声波束产生一折射超声波束，该折射超声波束沿着方向RB1’在管72的厚度中传播，并且其远离入射的位置运动，还远离管72的厚度的主区域77运动，该管72的厚度的主区域77与传感器70在管72的外表面上的投影相对应。由于在管72中在区域77之外的折射的超声波束的连续的回弹，可在大于区域77的延伸的区域79(虚线)上检查管72。

[0236] 实际上检查的管72的区域的范围对应于该束在管72的厚度中的路径。该尺寸特别地取决于在管72的厚度中折射的束的回弹的数目及管72的厚度。实际上，折射束可回弹达到六次同时保持充分的能量水平以检测缺陷的存在。回弹的该最大数目可受到管72的内部表面和外部表面的状态的影响。

[0237] 在管72的厚度中的来回往返可称为“弹跳”。在图20中，示出了折射束RB1’，其在所述外部表面和内部表面上回弹5次，对应于2.5次弹跳。

[0238] 对于基本换能器的一些子组，发射的束的倾角可改变，以便改变折射束有关的折射束的倾角，所述折射束来源于由所述顺序的其他子组发射的入射束。举例来说，对应于位于传感器的侧向端处的基本换能器的子组可被控制，以使得一个或多个折射束具有比其他更大的倾角，例如在50°和60°之间，而不是大约40°，由此到达更宽的检查区域。

[0239] 在所谓的“薄膜管”的情况下，也就是说，当所述管通过扁平的固定元件，通常是通过焊接彼此结合时，在两个相邻的管的长度上，折射束的倾角的增加可允许检查元件到管的固定区域，或者甚至至少部分的元件自身。

[0240] 在一个有利的改进中，所述控制器被设计成在一个检查顺序中控制基本换能器的每个子组若干次，根据相对于彼此的不同的激励时间定律，以及被设计成发射以相应的角度折射的束。举例来说，这允许检测相对于所述部件的径向稍微倾斜的缺陷。特别地，每个检查顺序可要求基本换能器的每个子组发射彼此相反的两个入射束。在主检查区域中存在

的每个缺陷然后可沿着两个相互相反的面被看到。该结果是更可靠的检查，特别是在不均匀的缺陷的情况下。

[0241] 参照图21。

[0242] 传感器70的每个子组ETSi在检查顺序期间：

[0243] -以类似于图15的方式，在一侧从垂直于被检查的部件的外表面的方向发射第一超声波束UBi；

[0244] -在该垂直方向的另一侧以倾斜相同的角度发射第二超声波束UB'i；

[0245] -沿着该垂直方向传播发射第三入射超声波束UB"i。

[0246] 具有相对于垂直于检查的部件的表面的方向相反的方向的超声波的射击组使得可以为所述主检查区域的实质上径向的缺陷的每个面获得一反射束，其改善了缺陷的检测和合格性。

[0247] 此外，在垂直方向(UB"i)中的每个射击允许确定部件的厚度值，在此情形下所述束穿过所述部件。

[0248] 由获得的制图和厚度制图之间的交叉解释(或数据合并)可以估计部件的剩余厚度，在此情形下缺陷已经被检测到。该信息可有助于估计所述部件的剩余的使用寿命。

[0249] 在具有缺陷的区域中，将该区域的相对厚度值(每次直线射击的厚度的测量不受到径向裂缝类型的缺陷的存在的影响)与所述缺陷的估计的高度值匹配。这些值的减去可被用作剩余厚度值的估计，也就是说，该区域中保留的良好材料的厚度。

[0250] 用户可以然后可将该值与最小值进行比较，例如从结构计算获得的最小值，并且估计所述部件的剩余的使用寿命和/或决定它的替换。

[0251] 此外，除了倾斜的射击之外，直线的射击使得可以保证在传感器和部件的外表面之间的耦合的质量：只要背景回波的振幅大于阈值，例如由检查员和/或检查程序限定的阈值，该耦合可被认为是有效的。

[0252] 参照图22。

[0253] 这示出多元件传感器的一个变体，其例如用于图4的发射/接收表面19，其为扁平的传感器300形式。

[0254] 扁平的传感器300包含多个超声波换能器320，其彼此类似且以直线分布在通常扁平的表面上。超声波换能器320例如类似于关于图5描述的基本换能器32。

[0255] 在未示出的一个变体中，发射/接收表面可通常是弯曲的和/或与被检查的部件的外表面轮廓不同心。总的来说，发射/接收的表面的形状可不同于被检查的部件的外表面的形状，特别是由于足印或可利用的传感器形状的原因。要施加的延迟定律的计算然后应当作为一顺序改变。

[0256] 扁平的传感器，例如传感器300，可具有比弯曲的传感器更实际的足印，例如当管状件借助于它们的相应的外表面相互接触时。

[0257] 参照图23。

[0258] 其示出多元件传感器的变体，其为扁平的传感器700的形式，其相对于被检查的管72处于合适位置。扁平的传感器700示出具有保护条带740。

[0259] 与基本换能器ETSi的每个子组相对示出的是延迟，该延迟要施加到每个基本换能器，以使得所述子组发射一束超声波UBi，该一束超声波UBi在入射的位置处相对于垂直于

管72的外表面的方向倾斜一给定的入射角。

[0260] 不像如上所述的半环绕的转换器，要被施加到每个子组ETSi的延迟的定律彼此不同。

[0261] 扁平的传感器，例如传感器700的使用意味着相对于彼此不同的延迟的定律，以及用于在相当的传感器的第一方向上的足印的较小的检查区域。然而，传感器700可被有利地用在某些特殊的情况下，尤其是因缺乏充分空间而无法将半环绕传感器放置在被检查的设施上的情况下。

[0262] 参照图24。

[0263] 其示出了多元件传感器的再一个变体，其用作图4的发射/接收表面19，其为二维传感器3000的形式。

[0264] 二维传感器3000包括多个基本换能器3200，在此以二维图案分布在弯曲的表面上。在此的图案为彼此垂直的两个方向LD和TD上延伸的表格的形式，它们中的一个，例如方向LD，对应于转换器的第一方向。作为一变体，其上分布有基本换能器3200的表面可以是平面的。

[0265] 二维传感器3000允许单一通过的管状件的核查，其关于纵向缺陷的存在，如上文所述的一维传感器，以及关于横向缺陷和/或倾斜缺陷的存在。为了纵向缺陷的检测，发射/接收的过程类似于以上所述的。

[0266] 为了检查横向缺陷，控制器引起要被发射的超声波束，其在相对于检查的管的纵轴的倾斜的方向上传播并且包含在包含该纵轴的平面内。使用被连续地施加到子组的延迟定律，其中所述子组包括基本换能器，该多个基本换能器在平行于被检查的管的纵轴的方向上对准，该方向在此为方向TD。

[0267] 为了倾斜缺陷的检查，相应的延迟定律可被施加到子组，该子组包括属于二维传感器3000的行和列的基本换能器。换句话说，使用基本换能器的子组，该基本换能器的子组在方向TD上是相互相邻的，还包括在方向LD上相互相邻的基本换能器。例如，图24的子组SS1对应于在每侧上的四个元件的方形图案。

[0268] 激励时间定律可被设计成以使得相应的子组的基本换能器共同地产生超声波的入射束，其还相对于管状件的纵向和/或该部件的横向倾斜。换句话说，所述超声波束沿一方向传播，该方向在该部件的横向平面上投影时，相对于横向方向倾斜，和/或在穿过部件的纵轴的平面上投影时，相对于部件的纵向方向倾斜。

[0269] 我们已经描述了一种检查装置，其适合于检查管状件，该管状件例如是区段3，在接近半周边的其周边部分上。根据本申请，检查的部分可以是更广泛的，特别是如果可能增加转换器17的发射表面的角度尺度的情况下，考虑到被检查的设施的构造以及尤其是两个相邻的区段之间的间隙。

[0270] 提出的装置特别地适合于检查管状件，其中等于或小于半周边的周边区域在操作期间是更特别地强调的。例如，在设计成用于热交换的设施的情况下，仅所述部件的周边的一部分被暴露到热源。取向朝向该源的部件的部分被主要地强调。所述检查可限于小于或等于相应的半周边的区域。

[0271] 作为一变体，可以进行两个检查通过，每次通过每次都对应于面板的一侧，以及更通常地，需要大量的通过以覆盖检查的周边区域。

[0272] 提出的装置特别地适合于检查设施中的管状件，在此情形下这些部件的拆卸是不可行的。在当被检查的管状件在杂乱区域时，或当其中所述部件或其被安装的结构具有复杂的几何形状时的情况下，也是特别有利的。由此个，提出的装置在现场检查的情况下是非常有用的。其还可以有利地用于管状件的生产地点处，尤其是每当自动检查台座不能被使用时。

[0273] 超声波的不同的射击连续地进行，在周边扫描期间，每次一组元件。由此，不同的检查在所述部件之上以单个平移通过进行。

[0274] 以上所述的检查装置根本不同于已知的装置，在于它产生一个或多个超声波的入射束，每个在入射的位置处相对于垂直于被检查的部件的外表面的方向倾斜。

[0275] 垂直于外表面传播的入射束导致一接收到的信号，该信号包括相对于被检查的部件的几何形状的两个回波：在部件的外表面处的第一或分界面回波，对应于在所述耦合介质和所述部件之间的分界面，以及在所述部件的内表面处的第二或背景回波，对应于部件和空气之间的分界面。如果缺陷出现于所述部件的厚度中，在其取向主要垂直于超声波束的情况下，也就是说，相切的或横向的，然后追加的回波将出现。

[0276] 如果该缺陷接近部件的外表面或内表面，然后在响应中接收到的回波会分别与分界面回波或背景回波混淆。且该缺陷不容易被检测到。在传统的技术中，相应的区域有时由于该事实被称为“盲区域”。

[0277] 此外，在管状件中径向地传播的折射超声波束对在微小的宽度的径向裂缝处的反射是不利的，例如是典型地具有疲劳或腐蚀裂缝的情况。

[0278] 描述的装置特别地适合于管状件的直线区段的检查。它还可以用于检查弯曲的区域，例如，图1的弯头5。位置的编码可能需要被调整。

[0279] 本发明不限于如上所述的实施例，仅作为例子，而且包含可由技术人员构想到的所有的变体。

[0280] 例如，我们已经主要描述了将水用作耦合介质。其他类型的介质可被使用。每次应当确定对应于该介质的入射角的值，作为在特定耦合介质中的纵波的声速的函数以便达到希望的折射角。例如可利用附录A.2的公式。由此，我们已经描述了在水中的17°的入射角的值，其对应于在钢中的40°的折射角的优选值。在钢中的折射角的该优选值对应于在鲨烯中的大约18.5°的入射角，以及在有机玻璃中的大约32°的入射角。

[0281] 以相似的方式，在钢中的40°的折射角的优选值可被调整以用于由不同材料制成的管状件，例如仍利用附录A.2的公式。

[0282] 所描述的装置可包括在图2到4中描述的类型的若干拖车，其被连接到相同的电子设备以便改善检查节奏。在某些构造中，不同的拖车可执行不同的控制定律用于所述基本换能器。在一定条件下，不同的拖车可装配有不同构造的传感器。

[0283] 附录A:数学公式

[0284] 附录A.1

[0285] $$\Delta t_n = \frac{d_n}{V}\sin(\beta)$$

[0286] 附录A.2

[0287] $$\frac{sin(\theta 1)}{V1_L}=\frac{sin(\theta 2_L)}{V2_L}=\frac{sin(\theta 2_T)}{V2_T}$$

[0288] 附录A.3

[0289] $$\cos(\beta)=\frac{D-r_1\cdot\sqrt{D}\cdot\cos(\theta)}{r_2\cdot\left(\sqrt{D}-r_1\cdot\cos(\theta)\right)}$$

[0290] 附录A.4

[0291] $D=r_1^2\cdot(\cos^2(\theta)-1)+r_2^2$。

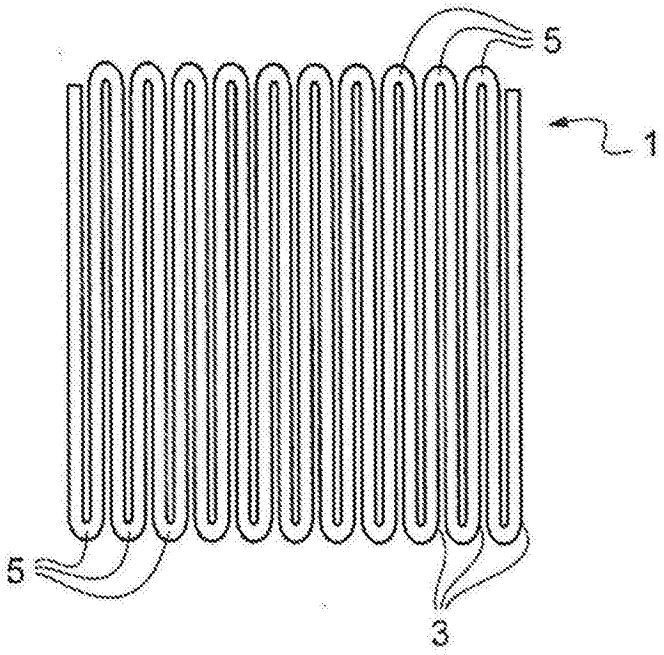


图 1

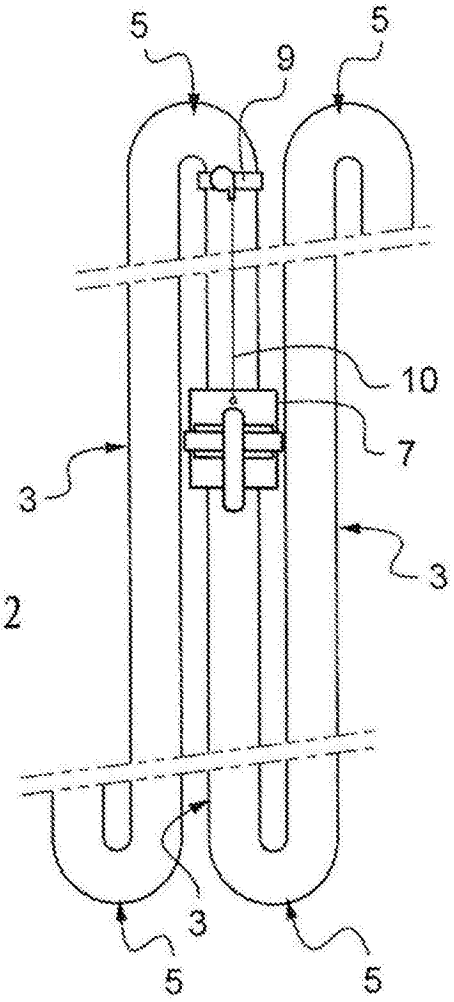


图 2

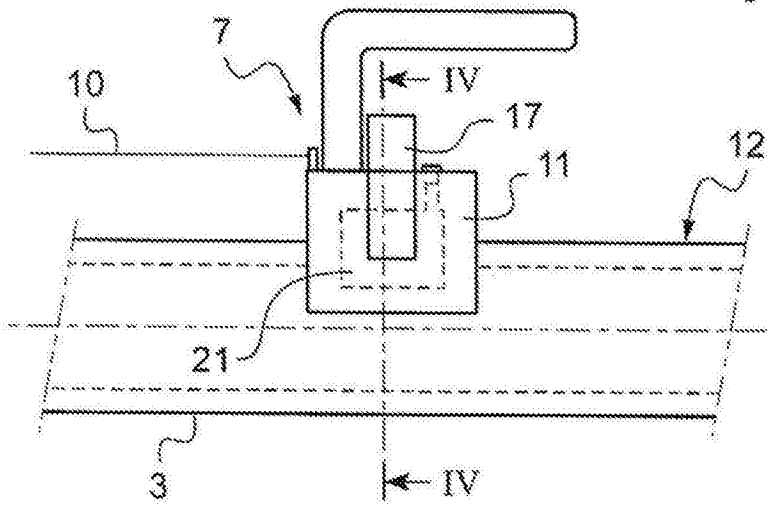


图 3

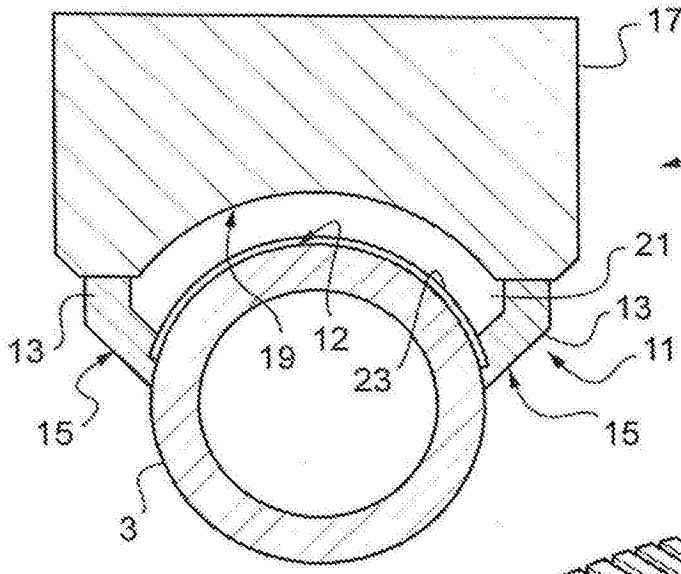

17
7
21
13
11
15
19
12
23
13
15
3

图 4

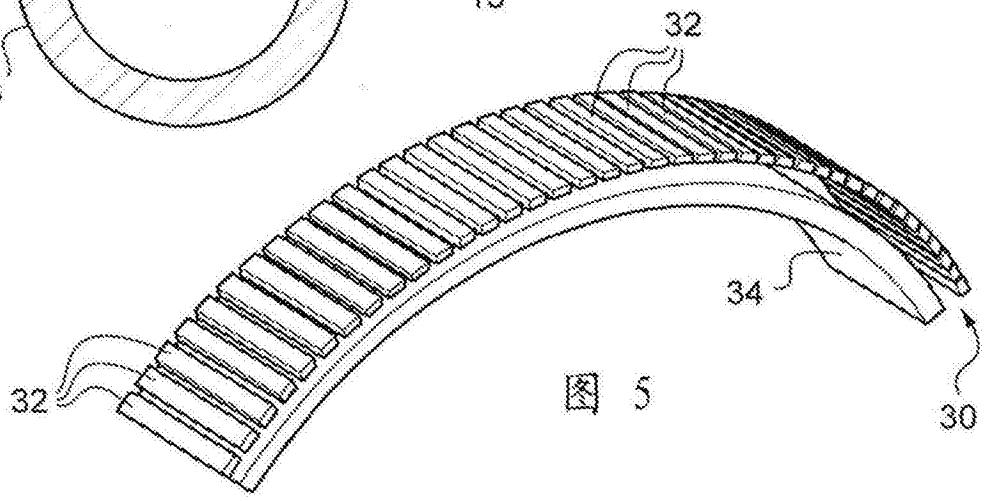

32
34
32
30

图 5

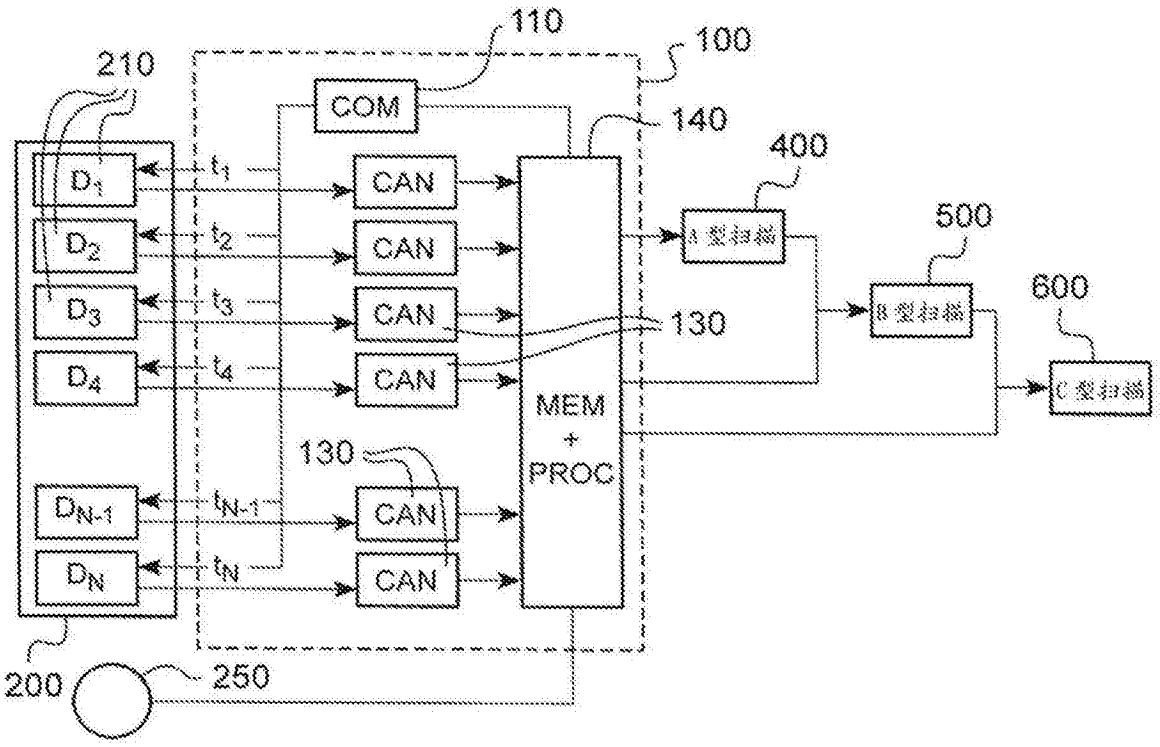

110
100
210
COM
140
400
500
600
D_1
D_2
D_3
D_4
t_1
t_2
t_3
t_4
CAN
CAN
CAN
CAN
130
MEM
+
PROC
130
D_{N-1}
D_N
t_{N-1}
t_N
CAN
CAN
200
250

图6

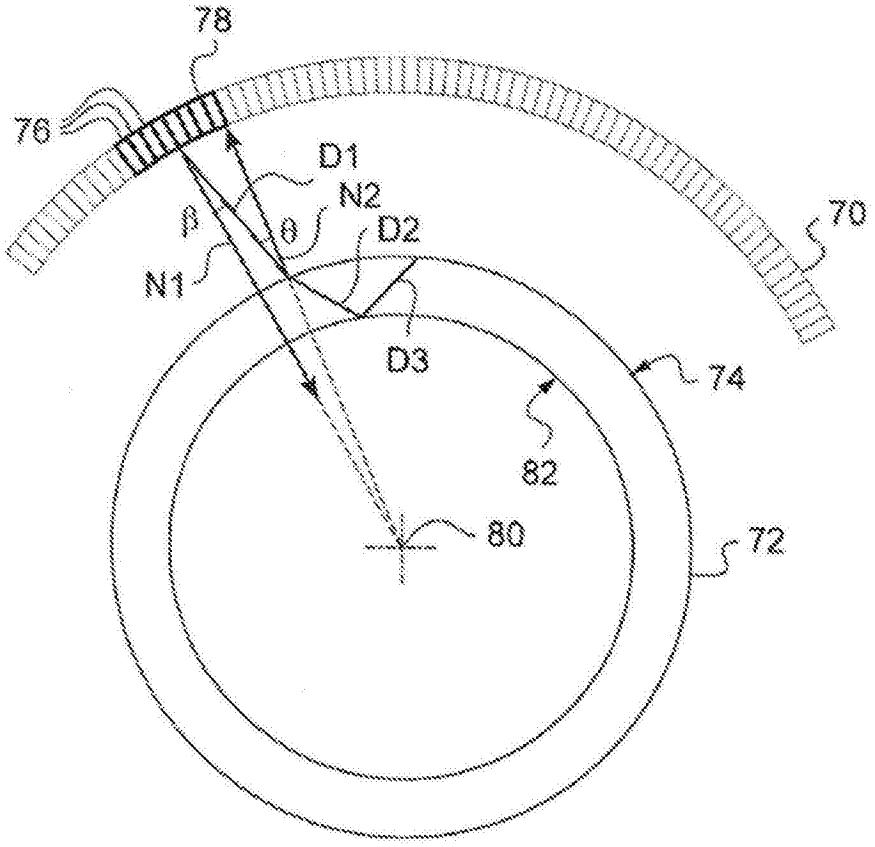

78
76
D1
N2
β
θ
D2
N1
70
D3
74
82
80
72

图7

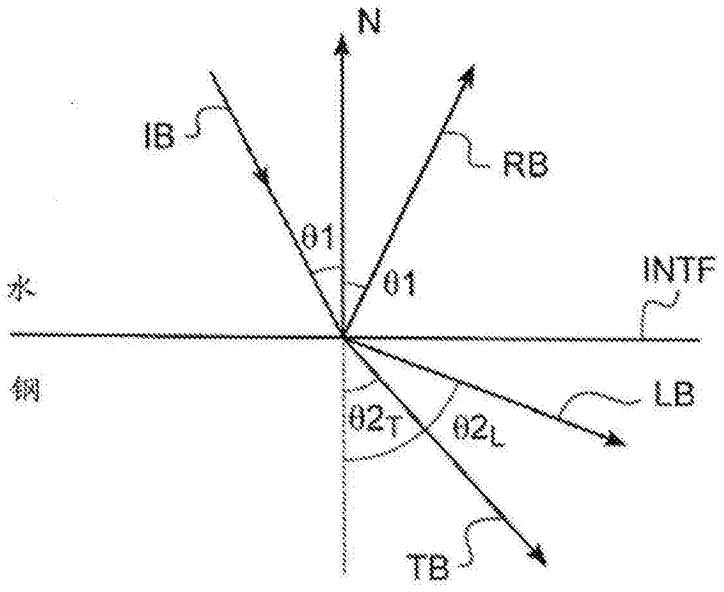

N
IB
RB
θ1
θ1
INTF
水
钢
LB
θ2T
θ2L
TB

图8

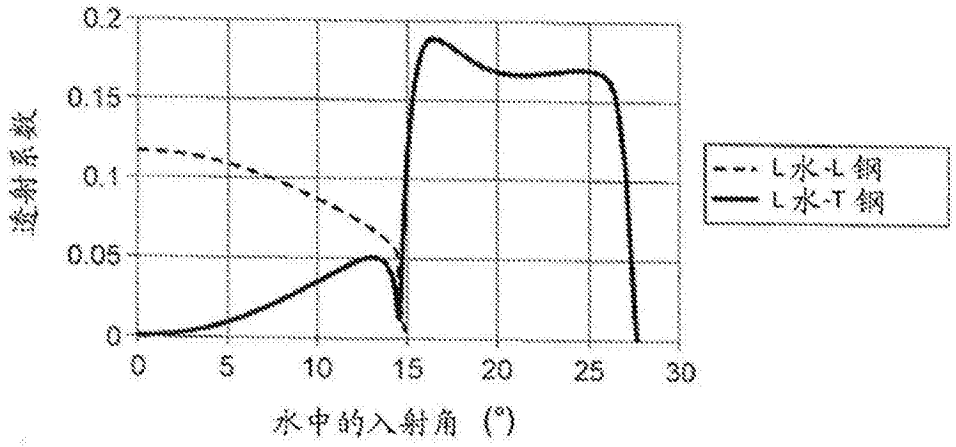

透射系数
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
5
10
15
20
25
30
水中的入射角 (°)
L水-L钢
L水-T钢

图9

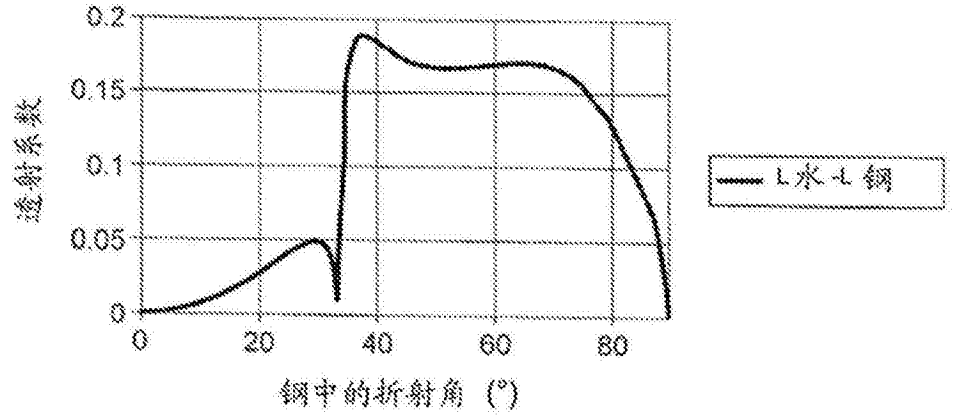

透射系数
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
20
40
60
80
钢中的折射角 (°)
L水-L钢

图10

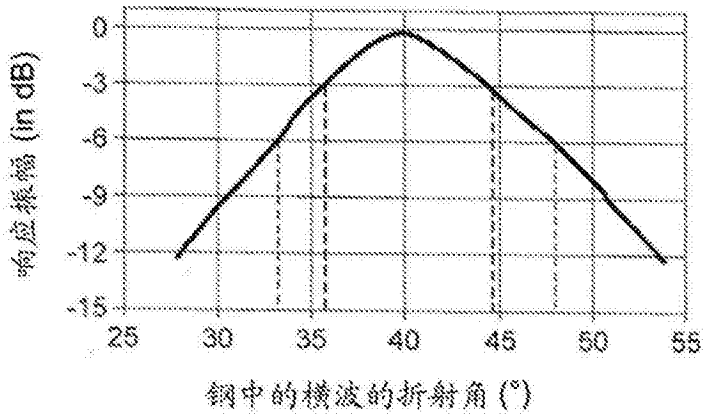

响应振幅 (in dB)
0
-3
-6
-9
-12
-15
25
30
35
40
45
50
55
钢中的横波的折射角 (°)

图12

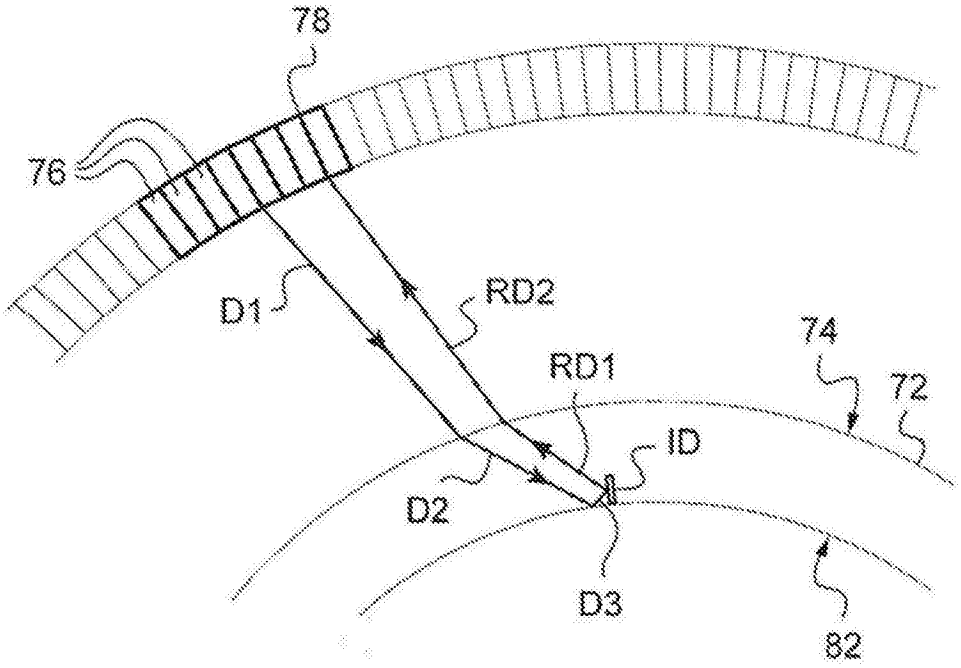

78
76
D1
RD2
RD1
74
72
ID
D2
D3
82

图11A

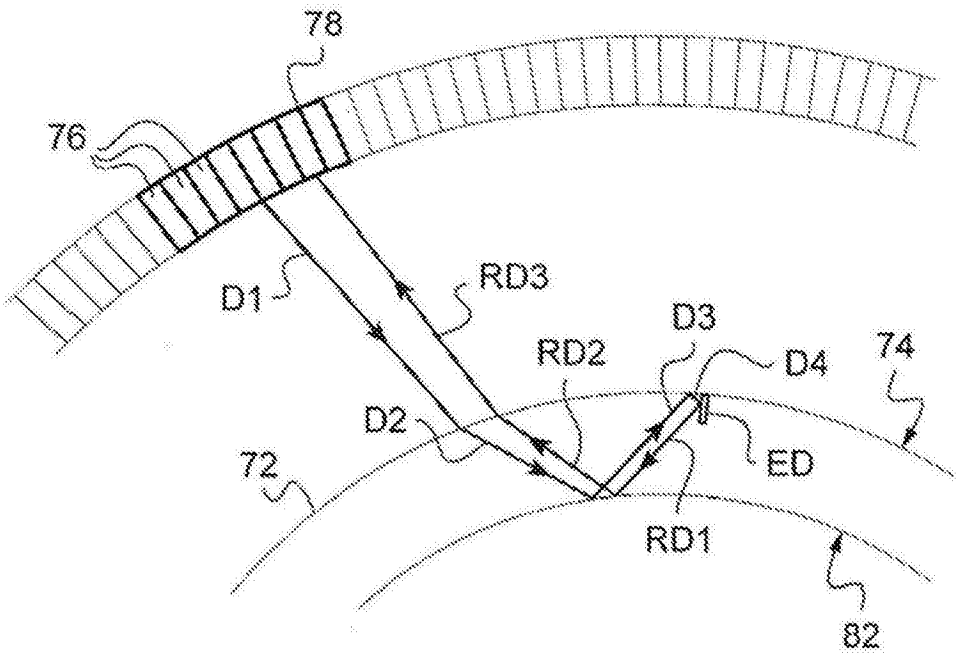

78
76
D1
RD3
D3
RD2
D4
74
D2
ED
72
RD1
82

图11B

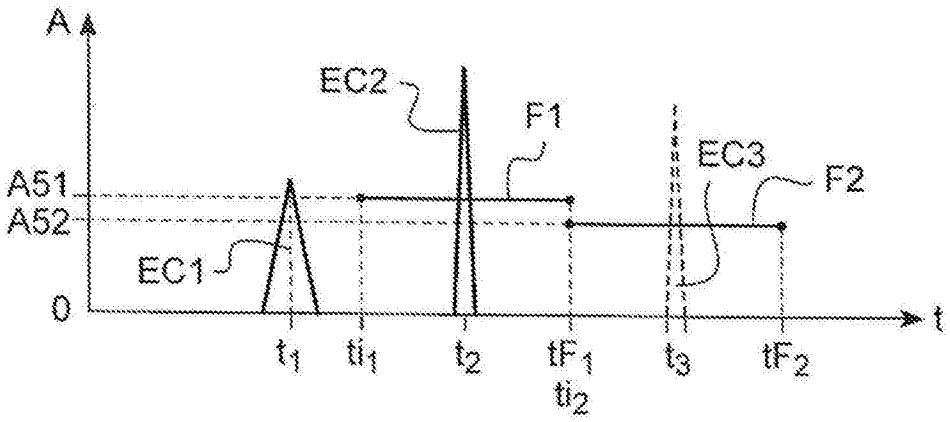

A
EC2
F1
EC3
F2
A51
A52
EC1
0
t
t1
ti1
t2
tF1
ti2
t3
tF2

图13

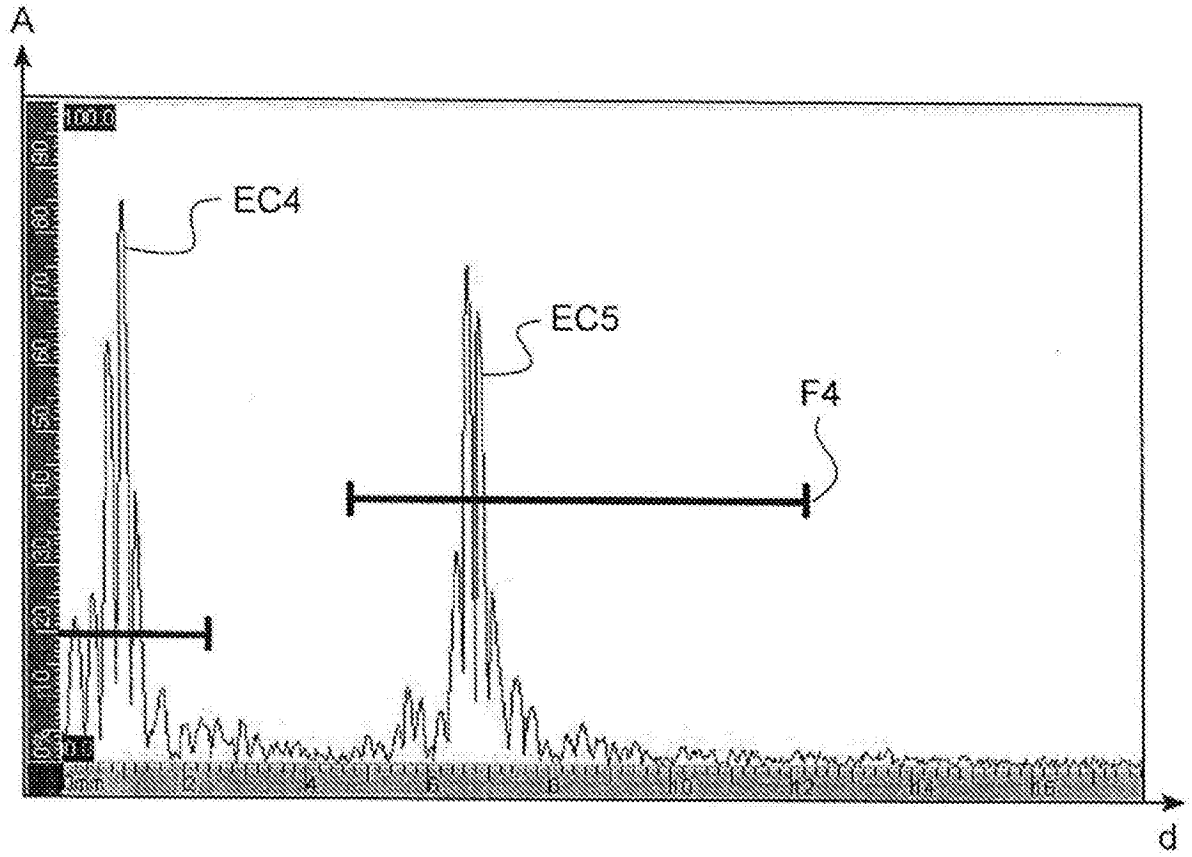

A
EC4
EC5
F4
d

图14

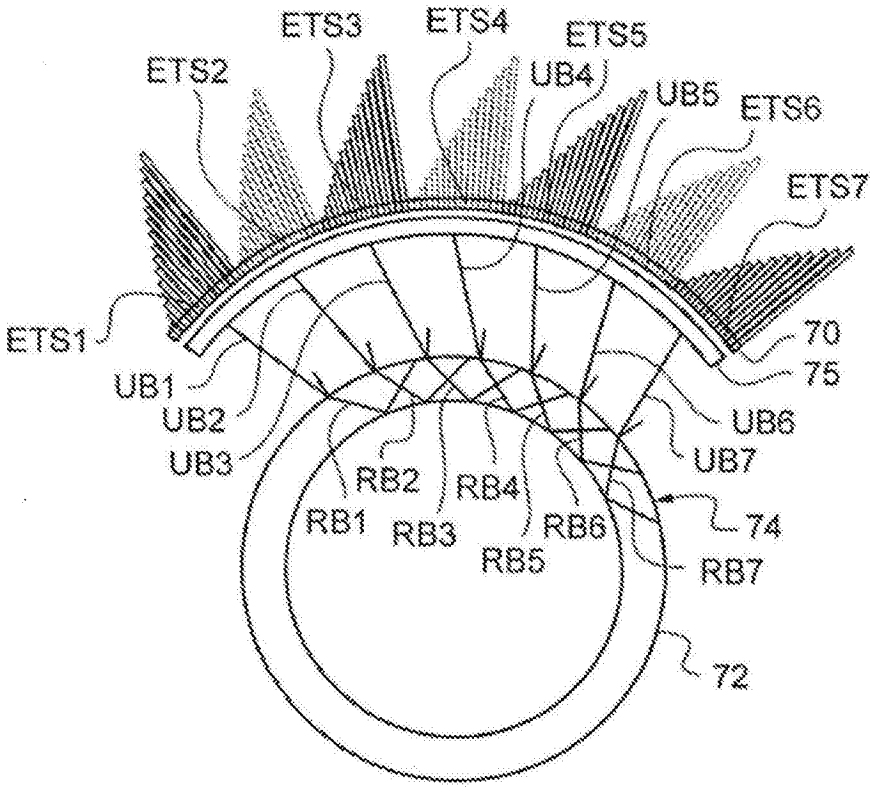

ETS3
ETS4
ETS5
ETS2
UB4
UB5
ETS6
ETS7
ETS1
70
75
UB1
UB2
UB3
UB6
UB7
RB2
RB4
RB1
RB3
RB6
74
RB5
RB7
72

图15

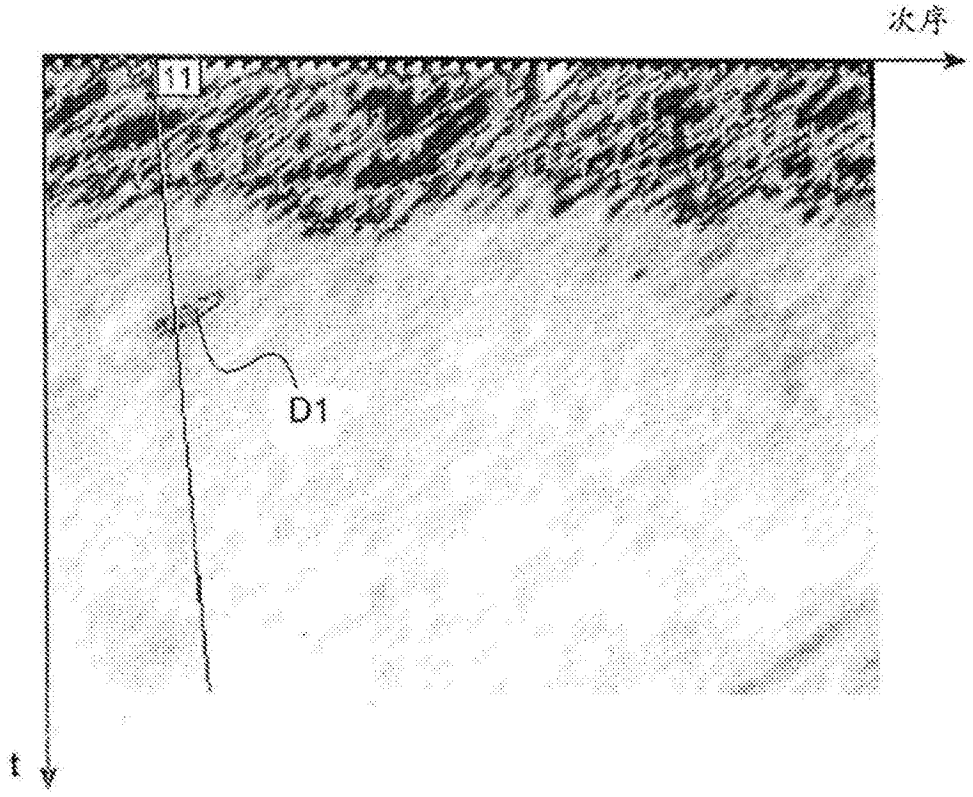

次序
11
D1
t

图16

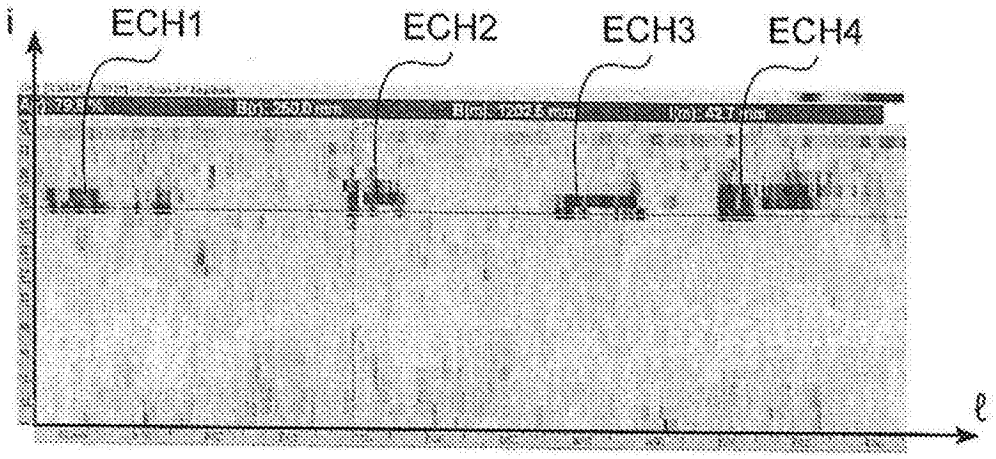


图17

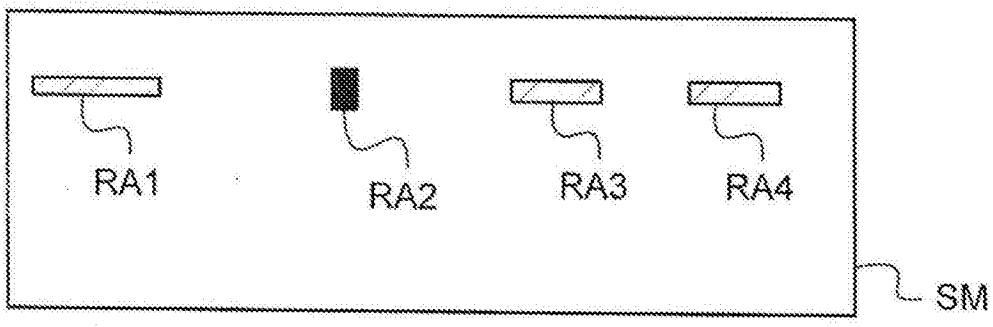


图18

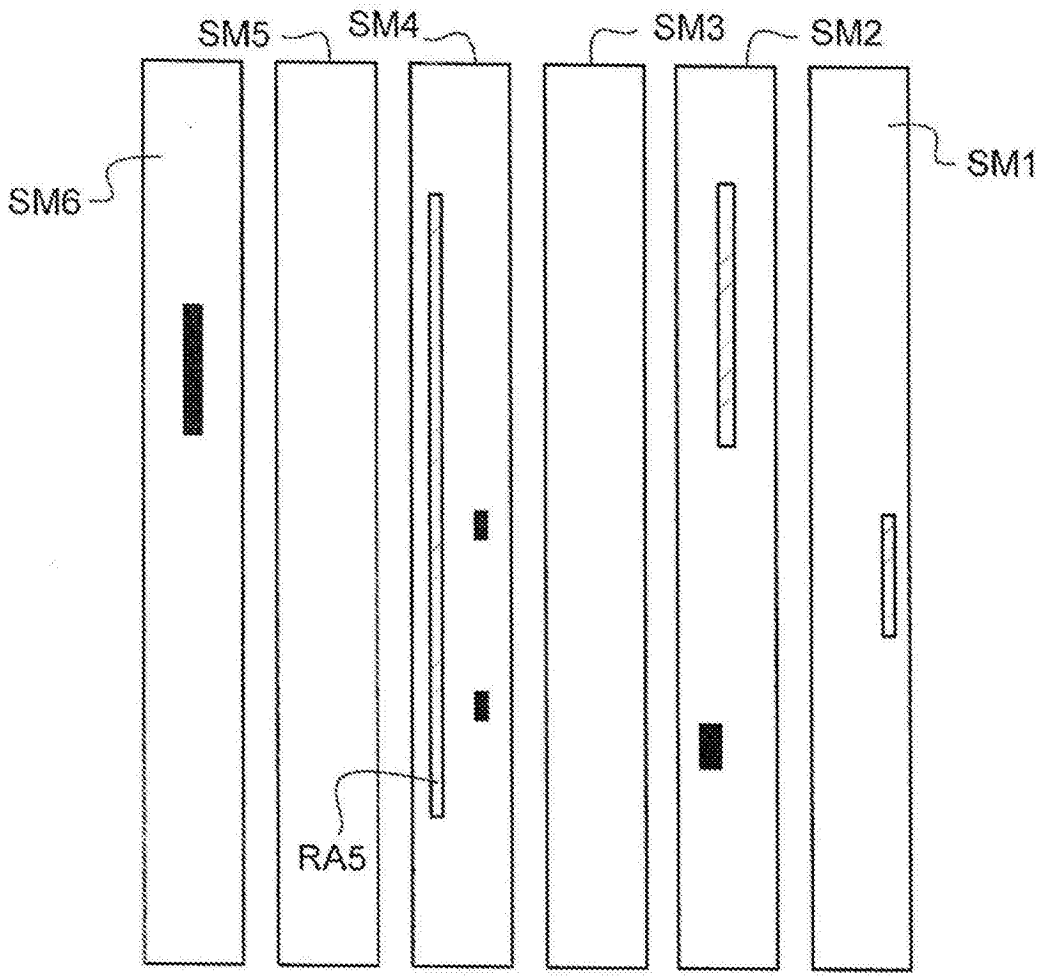


图19

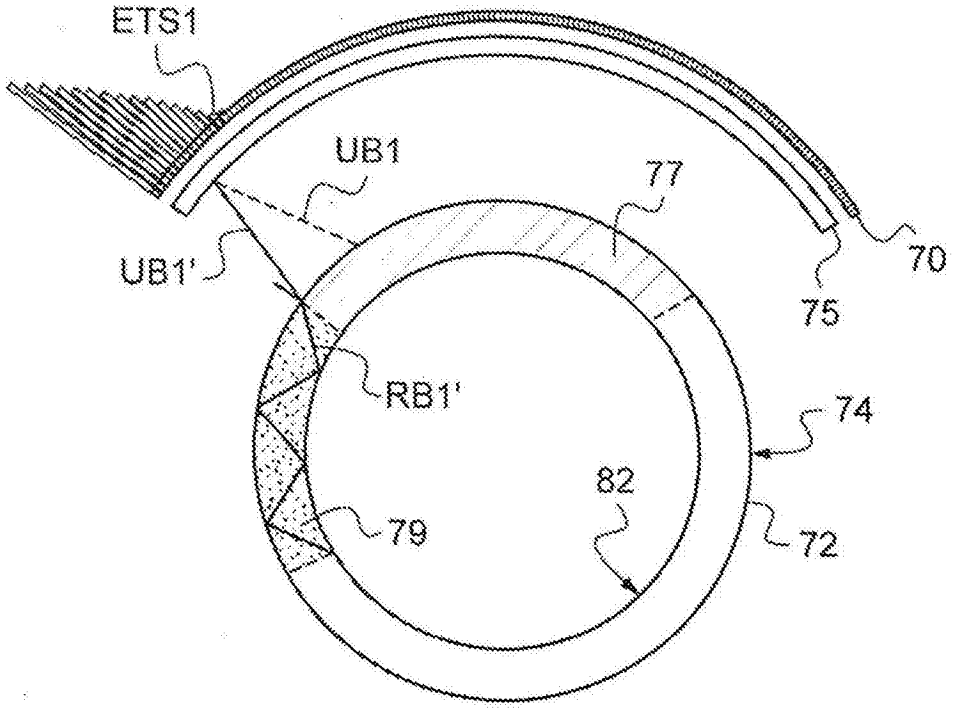

ETS1
UB1
77
UB1'
70
75
RB1'
74
82
79
72

图20

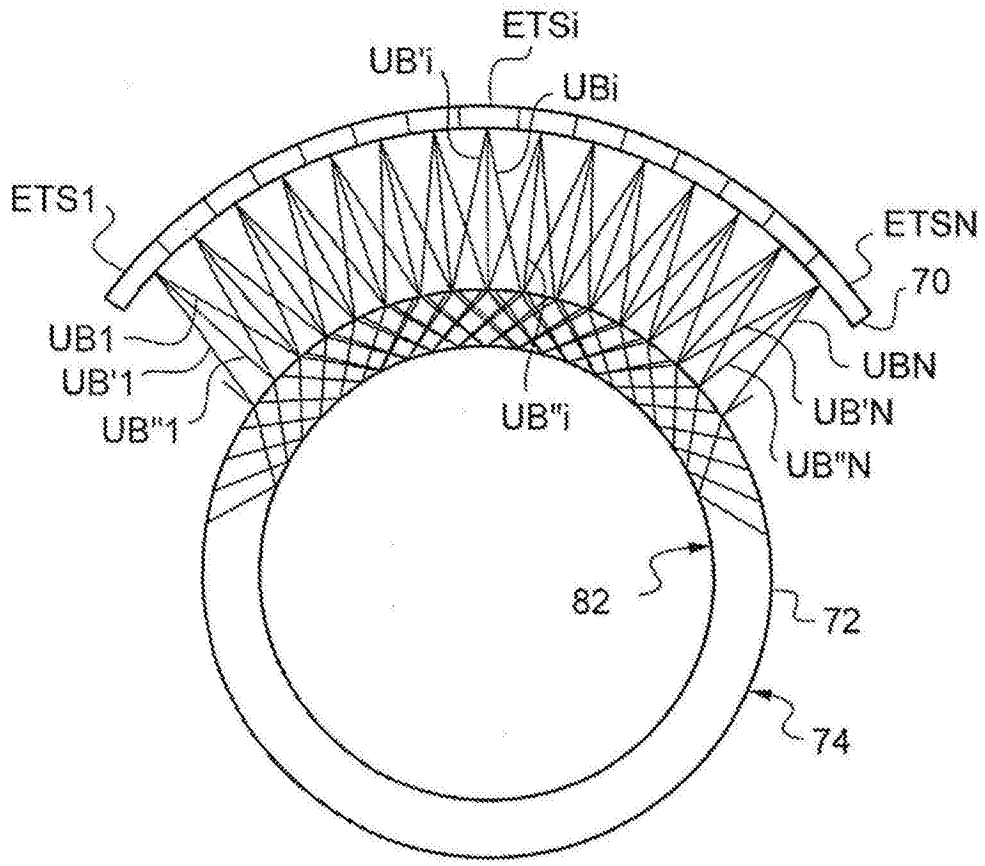

ETSi
UB'i
UBi
ETS1
ETSN
70
UB1
UB'1
UB"1
UB"i
UBN
UB'N
UB"N
82
72
74

图21

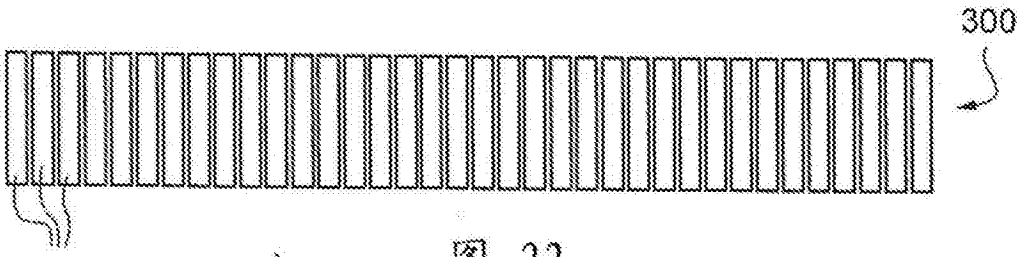

300
320

图 22

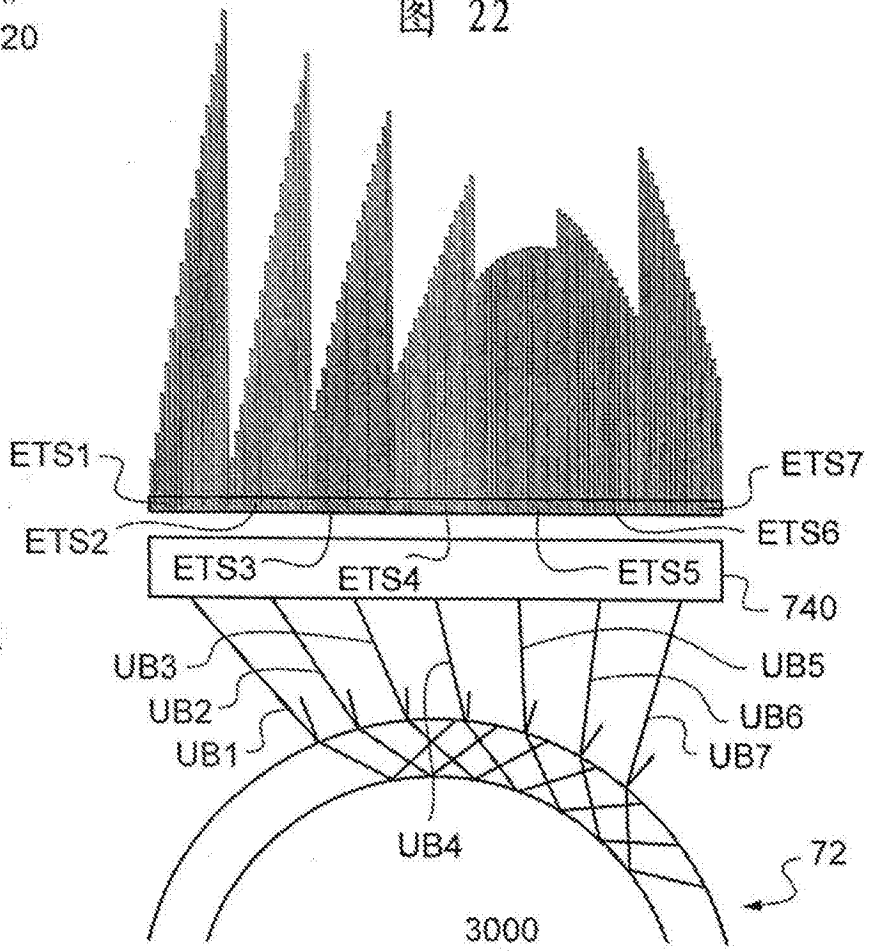

ETS1
ETS2
ETS3
ETS4
ETS5
ETS6
ETS7
740
UB1
UB2
UB3
UB4
UB5
UB6
UB7
72

图 23

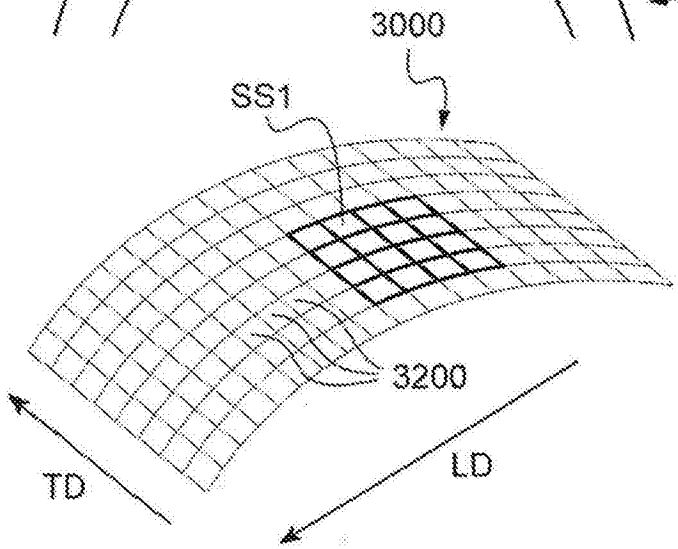

3000
SS1
3200
TD
LD

图 24