



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108431592 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201680074589.7

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

(22)申请日 2016.12.19

代理人 王小衡 胡彬

(30)优先权数据

1562722 2015.12.18 FR

(51)Int.Cl.

G01N 29/04(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G01N 29/22(2006.01)

2018.06.19

G01N 29/24(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01N 29/265(2006.01)

PCT/EP2016/081695 2016.12.19

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/103253 FR 2017.06.22

(71)申请人 法国电力公司

地址 法国巴黎

申请人 原子能与替代能源委员会

(72)发明人 法比耶纳·吕潘 吉耶梅特·里拜

权利要求书1页 说明书6页 附图11页

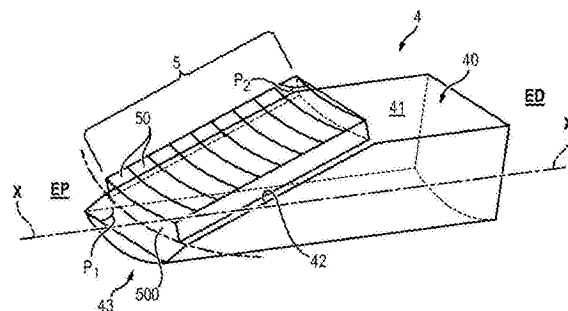
(54)发明名称

零锐角 β 。

用于控制和测量圆柱形壁上的焊接缺陷的设备及其实现方法

(57)摘要

本发明特别地涉及一种用于控制和测量诸如核反应堆的“容器底部穿透”(14)壁(140)的圆柱形壁(140)上的焊接缺陷的设备(3),所述设备包括控制头部(4),其形成具有沿其纵向轴线(X-X')的近端(EP)和远端(ED)的探头,并且包括第一侧(42)(所谓的“内”侧),其提供有至少一个超声转换器,其特征在于:所述控制头部(4)包括与第一侧(42)相对的第二侧(43)(所谓的“外”侧),所述第二侧(43)具有圆柱部分形式的曲面,其具有平行于头部(4)的纵向轴线(X-X')的纵向轴线和面向外的凸面;所述波转换器由一系列(5)相邻的元件(50)组成,每个元件(50)既是发送器又是接收器,所述系列(5)具有圆柱部分的形式的曲面,其与所述纵向轴线(X-X')的方向相同并且具有面向外的凹面;并且包含第二侧(43)的圆柱部分的两端母线的平面(P1)与包含波转换器(5)的所述圆柱部分的两端母线的平面(P2)形成非



1. 一种用于检查和测量诸如核反应堆的“容器底部穿透”(14)的壁(140)的圆柱形壁(140)中的焊接缺陷(3)的设备,所述设备包括检查头部(4),其形成具有沿其纵向轴线(X-X')的近端(EP)和远端(ED)的探头,并且其中被称为“内侧”的第一侧(42)提供有至少一个超声波换能器,其特征在于:

所述检查头部(4)包括与所述第一侧(42)相对的被称为“外侧”的第二侧(43),所述第二侧(43)具有圆柱部分形式的曲面,其纵向轴线平行于所述头部(4)的所述纵向轴线(X-X')并且具有面向外的凸面;

所述波换能器由一系列(5)并列的元件(50)形成,每个元件(50)既是发送器又是接收器,系列(5)的表面是弯曲的并且是圆柱部分的形式,其与所述纵向轴线(X-X')方向相同并且具有面向外的凹面;

包含所述第二侧(43)的所述圆柱部分的两端母线的平面(P1)与包含所述波换能器(5)的所述圆柱部分的两端母线的平面(P2)一起形成非零锐角 β 。

2. 根据权利要求1所述的设备,其特征在于:所述角度 β 大约为 21° 。

3. 根据权利要求1或2所述的设备,其特征在于:所述元件(50)一个接一个地布置,每个所述元件(50)之间具有狭窄的空间。

4. 根据权利要求1至3所述的设备,其特征在于:每个元件(50)被细分为以二维阵列分布的多个子元件(501),使得每个子元件(501)具有纵向方向上的至少一个相邻的子元件和横向方向上的至少一个相邻的子元件。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其特征在于:其包括操纵杆(30),所述操纵杆(30)在其远端处具有所述检查头部(4)。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其特征在于:一系列(5)元件(50)的曲率半径在8和30mm之间,并且优选地在10mm左右。

7. 一种用于检查和测量诸如核反应堆的“容器底部穿透”(4)的圆柱形导管(140)中的焊接缺陷的方法,所述方法利用根据前述权利要求中任一项所述的设备(3),其特征在于其包括:将所述检查头部(4)插入所述圆柱形导管(140)内的步骤,所述检查头部(4)具有“外侧”(43),所述“外侧”(43)具有与所述导管(140)的内壁相同的曲率半径;将所述外侧(43)施加靠在所述内壁上的步骤;以及扫描至少部分所述内壁的步骤,在该步骤期间,所述外侧(43)保持与所述内壁接触。

8. 根据前述权利要求所述的方法,其特征在于:所述头部(4)在所述导管(140)内以连续的纵向运动方式运动,在每个纵向运动之间向所述头部(4)赋予角运动。

9. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于:所述头部(4)在所述导管(140)内以连续的角运动方式运动,在每个角运动之间向所述头部(4)赋予纵向运动。

用于控制和测量圆柱形壁上的焊接缺陷的设备及其实现方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测量焊接缺陷的设备以及实现该设备的方法。

背景技术

[0002] 诸如附图1中所示的核反应堆1的操作需要测量沿着燃料组件10的轴线向尺寸的中子通量。

[0003] 对于绝大多数操作中的反应堆而言,为此目的而提供的仪器使用由挠性管(flexible pipe)12引出的探头(probe)11,所述挠性管12经由称为“容器底部穿透”管(或VBP)14的通道进入被称为“容器底部”的反应堆容器1的半球形底部13,其详细说明在图2中给出。

[0004] 这些VBP管被焊接到容器底部14的内壳。通常情况下,法国核电站机组(fleet)中的900兆瓦电力反应堆包括约50个VBP。特别是由于焊接缺陷2引起的VBP处的泄漏,将导致反应堆的主回路的破坏。管焊接的质量保证了管在垂直位置的良好保持以及容器的密封性。

[0005] 然而,为了测量焊接2的损坏,需要定性的方法。

[0006] 考虑到管的容器底部定位以及焊接附近的拓扑结构,因为难以接近而解决该技术问题的难度增加。如图所示,容器底部主要是平坦的,但在其外周的区域是弯曲的,这意味着容器的平面并不总是位于垂直于在燃料组件的方向上被垂直定位的管的平面。

[0007] 如图2所示,容器底部的强曲率半径是焊接2在被焊接的管周围具有不对称形状的原因。该不对称性与由VBP的轴线和底部13的内壳130的切面形成的角度 α 相关。例如,该角度可以从容器底部130的端部朝向其中心分别从大约 45° 到 5° 变化。

[0008] 使用来自外部的接入管的设备,用于检查VBP的探头是可用。该探头族检查的区域限于管的主要部分,并且不允许检查所有VBP中的任何类型的缺陷。

[0009] 用于从内部管内进行检查的所谓的“TOFD”探头(飞行时间衍射)是可用的,并且通过生成和测量声波来运行。

[0010] 使用这些探头的方法通过使用被定位在焊接两侧的两个“声学换能器”来检查焊接。如果焊接中存在任何不连续性,则会按照通常的声学定律衍射一些能量。正是该衍射的能量被接收换能器回收并且将被用于通过测量“飞行时间”来定位不连续性。

[0011] 此外,已知“角度换能器”类型的探头在内部检查这些管。利用这个设备,单个传感器就可以被用于传输和接收两者。其被放置在能够按照声学定律(Snell Descartes定律)在单个方向上使束偏转的楔上。

[0012] 由于发射的束的单个方向,因此可以利用传感器来检测具有允许声能返回至传感器的定向的缺陷。

[0013] 这两种类型的探头(“TOFD”和“角度换能器”)可以例如从Inetec商购获得,以检查VBP管的内侧。

[0014] 其也可以在针对检查容器底部穿透的最近的文献中找到(Joon Soo Park等人的’

Development of Automated Nondestructive Inspection System for BMI Nozzle in Nuclear Vessel', Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol.33, No.1:26-33, 2013)。

[0015] 这两种类型的探头(角度换能器或TOFD探头)的缺点在于以下事实:其仅允许超声波束如由所述探头的尺寸施加的那样被发送到单个区域并且在焊接的单个方向上。

[0016] 例如,对于TOFD探头,这个区域实际上是由角度换能器所被定位的楔子的角度以及发送器部分与接收器部分之间的距离施加的。类似地,对于“角度换能器”,束的方向由楔子的角度施加。

[0017] 在从外部进行焊接检查的现有技术中,也存在“多元件”解决方案,即具有多个元件(浸入式或具有柔性楔子的接触式或者刚性楔子上的接触式):

[0018] -“柔性接触”的示例:Bastien Chapuis等人在ICNDE 2013上发表的“Zone Sensitivity Optimization For The Ultrasonic Inspection Of Complex 3D Geometries Using Civa Software”;

[0019] -“刚性楔子上的接触”的示例:V Chardome等人在ICNDE 2013上发表的“Development And Qualification Of A Procedure For The Mechanized Ultrasonic Examination Of Structural Weld Overlays”;

[0020] -“浸入”的示例:T.Miura等人在ICNDE 2013上发表的“Development of Ultrasonic And Eddy Current Testing techniques For Curved Structures”。

[0021] 然而,这些设备不允许检查具有小角度 α 的VBP的焊接。对于“柔性楔子”方法,狭小的空间阻止了通过柔性楔子检查该区域。对于“浸入”或“刚性楔子上的接触”方法,均存在小间隙以及在三维上变化的表面不规则性从而阻止检查的问题。

[0022] 另外,在现有技术中公开了用于管内检查的“楔”型多元件解决方案,但是如所定义的那样,这些特征设备不允许根据所提出的技术问题测量VBP的不对称焊接缺陷。

[0023] 此外,其只允许测量具有较大内径的部件中的缺陷(例如参见8th ECNDT, Barcelona, 17-21 June 2002, Jérôme Pogue et al)。

[0024] 至于专利出版物,关于这个主题的现有技术可以通过以下文献来说明:JP 2013217770、JP 2011252759和FR 2 717 578。

[0025] 无论如何,这些在先出版物具有以下共同点:

[0026] 从外部操作的任何方法和任何检测仪器都不能提供到经焊接的接合/管区域的途径,特别是当曲率半径是最限制性的时候。这在JP2014185895和W081/02636中描述的设备中尤其如此。

[0027] 允许在管的内侧进行检测的解决方案不能解决狭小空间问题(当管的直径较小时)或者该焊接的不对称性质。

[0028] 本发明的目的是克服前面详细描述的优点并解决上面的缺点。

发明内容

[0029] 因此,本发明涉及一种用于检查和测量诸如核反应堆的“容器底部穿透”的壁的圆柱形壁中的焊接缺陷设备,所述设备包括检查头部,其形成具有沿其纵向轴线X-X'的近端和远端的探头,并且其中被称为“内侧”的第一侧提供有至少一个超声波换能器,其中:

[0030] -所述检查头部包括与所述第一侧相对的被称为“外侧”的第二侧,所述第二侧(43)具有圆柱部分形式的曲面,其纵向轴线平行于所述头部的所述纵向轴线(X-X')并且具有面向外的凸面;

[0031] -所述波换能器由一系列并列的元件形成,每个元件既是发送器又是接收器,所述系列的表面是弯曲的并且是圆柱部分的形式,其与所述纵向轴线(X-X')方向相同并且具有面向外的凹面;

[0032] -包含所述第二侧的所述圆柱部分的两端母线的平面(P1)与包含所述波换能器的所述圆柱部分的两端母线的平面(P2)一起形成非零锐角 β 。

[0033] 根据所述设备的有利的非限制性特征:

[0034] -所述角度 β 大约为 21° ;

[0035] -所述元件一个接一个地布置,每个所述元件(50)之间具有狭窄的空间;

[0036] -每个元件被细分为以二维阵列分布的多个子元件,使得每个子元件在纵向方向上具有至少一个相邻的子元件并且在横向方向上具有至少一个相邻的子元件;

[0037] -所述设备包括操纵杆,所述操纵杆在其远端处具有所述检查头部;并且

[0038] -一系列元件的曲率半径在8和30mm之间,并且优选地在10mm左右。

[0039] 此外,本发明涉及一种用于检查和测量诸如核反应堆的“容器底部穿透”的圆柱形导管中的焊接缺陷的方法,所述方法利用根据前述特征中的任一项所述的设备。

[0040] 根据本发明,所述方法的特征在于以下事实:其包括将所述检查头部插入所述圆柱形导管内的步骤,所述检查头部具有“外侧”,其具有与所述导管的内壁相同的曲率半径;将所述外侧施加靠在所述内壁上的步骤;以及扫描至少部分所述内壁的步骤,在此期间,所述外侧保持与所述内壁接触。

[0041] 根据所述方法的其他有利的非限制性特征:

[0042] -所述头部在所述导管内以连续的纵向运动方式运动,在每个纵向运动之间向所述头部赋予角运动;并且

[0043] -所述头部在所述导管内以连续的角运动方式运动,在每个角运动之间向所述头部赋予纵向运动。

[0044] 利用特性的这种组合,例如可以在所述VBP的内侧上对圆柱形VBP壁执行完全可操作的检查,特别是因为元件的特定分布和定向允许在很宽范围的角度上在单个时间处进行扫描。

[0045] 在整个本申请中,包括在权利要求书中,术语转换器可以用来代替换能器。

附图说明

[0046] 在阅读本发明的一个优选实施例的以下描述时,本发明的其他特征和优点将变得显而易见。该描述参照附图给出,其中:

[0047] -如上所述,图1和图2示出了本申请人已知的现有技术;

[0048] -图3是符合本发明的设备的检查头部处于待检查的VBP内的适当位置的简化透视图;

[0049] -图4是图3所示的检查头部的透视图,这里以 180° 的转动位置示出;

[0050] -图5和6分别是图4中的检查头部在VBP内的适当位置的正视图和侧视图;

- [0051] -图7是检查头部的实施例变型的与图6类似的视图；
- [0052] -图8是图7中的头部的下侧视图；
- [0053] -图9是用于说明如何实施本发明的方法的示意图；
- [0054] -图10是示出用于实施该方法的仪器的示意图；
- [0055] -图11至14是示出当使用本发明的设备时获得的信号的幅值的图像。

具体实施方式

[0056] 诸如在图10中其整体示意性地示出的本发明的设备3基本上包括杆30,其远端处存在检查头部或探头4。

[0057] 按照惯例,远端意味着与被定位在与头部4相对的杆的侧面上的操作器距离最远的那端。

[0058] 在图3至图6中给出了头部4的实施例的优选示例。

[0059] 在这些图中,X-X'是头部的纵向轴线,并且EP和ED分别是近端和远端。在一个未示出的实施例中,这些端点可以颠倒。

[0060] 根据本发明,优选地由诸如以商标名“REXOLITE”已知的电绝缘材料制成的检查头部4包括被称为“内侧”42的第一侧和被称为“外侧”(与第一侧相对)的第二侧43。

[0061] 该第二侧43具有呈圆柱部分形式的曲面,其具有平行于头部的纵向轴线X-X'的纵向轴线并具有面向外的凸面。在图4中,P1是包含第二侧的圆柱部分的两端母线的平面。

[0062] 如下面将看到的,该曲面的曲率半径等于期望检查的圆柱形导管的曲率半径。

[0063] 第一侧42仅占据头部的内表面的一部分并且经由平面平台40在近端EP的方向上延续。

[0064] 第一侧42接收由一系列5并列的发送器/接收器元件50形成的超声换能器,该系列具有圆柱部分形式的曲面,其具有与纵向轴线X-X'相同的方向并且具有面向外凹面。参考P2是包含该波换能器的所述圆柱部分的两端母线的平面。作为指示,系列5的曲率半径在8和30mm之间,并且更优选地在10mm左右。

[0065] 根据本发明,这两个平面P1和P2一起形成非零锐角 β 。

[0066] 以特别优选的方式,该角度大约为 21° 。

[0067] 在图3和图4所示的实施例中,元件5一个接一个地布置,每个元件5之间具有狭窄的空间。

[0068] 然而,如图7和图8所示,每个元件50可以被细分为以二维阵列分布的多个子元件501,使得每个子元件501在纵向方向上包括至少一个相邻的子元件并且在横向方向上包括至少一个相邻的子元件。

[0069] 这些观点仅仅是为了说明。因此,为了简化,未示出元件5的曲率。

[0070] 无论如何,每个子元件501既是发送器又是接收器。

[0071] 根据图4所示的实施例,至少八个对齐的元件50由电子器件驱动,以便根据期望赋予由这些元件产生的超声波束的形式在特定确定的时刻激励元件。

[0072] 角度 β 约为 21° 以便于覆盖例如大约为 -20° 、 70° 的数量级的角度范围。如下面将会看到的,施加对元件50的延迟激励已经允许束以不同角度偏转,但是以不完美的方式偏转。利用角度 β 可以克服这个问题。

[0073] 参照图2,前述角度范围的参考坐标系是VBP管的轴线的法线,角度+90°指向下。

[0074] 头部4的尺寸(包括元件5的壳体和电缆)必须小于VBP管的内径。消波器(未示出)有利地被定位在头部4的前方(即,在近端EP的一侧),使得在头部内发生的回弹回波(echo)不掩盖由VBP焊接中待检查的缺陷发出的回波。

[0075] 元件50的操作频率根据期望检测的缺陷的深度(与传感器有关)被选择。对于VBP的焊接区域中的缺陷,使用大约3MHz的频率。

[0076] 通过检查的自动化有利地使得检查焊接区域中未知的定向和位置的缺陷成为可能。

[0077] 例如,如图10所示,本发明的设备3包括杆30,其远端处存在通过电机60自身旋转运动的头部4,电机本身被安装在轨道6上,后者沿着框架61滑动。因此可以在VBP 14内沿VBP 14的轴线方向移动设备3并围绕该相同轴线旋转其。

[0078] 另外,对于头部4的每个位置,发送一系列超声脉冲,每个脉冲允许介质沿不同方向照射。因此,与现有技术相反,可以借助于单组元件50来检测可变定向的缺陷。

[0079] 实施方式-实施例的示例

[0080] 以3MHz的频率(带宽-6dB,中心频率的55%)操作的具有九个元件50的压电换能器被安装在诸如图4中的头部的头部上,其角度 β 为21°。

[0081] 元件50大致为矩形形状(尺寸6mm×1.15mm),一个接一个地对齐,两个元件之间的间隔为0.15mm。头部4在Rexolite(注册商标)中。未示出的消波器被定位在头部4的前方,即在其近端侧。对压电元件50进行加工,以赋予其曲率半径为10mm的弯曲形状。

[0082] 在实施例的该示例中,头部4被集成在圆柱形形状的金属壳体中,便于将其引导并保持靠近VBP 14的内壁140。

[0083] 当开始操作时,使用“M2M”商标的电子装置来激励由压电元件50的传输并记录由这些相同元件50接收到的信号。电子器件由“multi2000”软件引导。

[0084] 该软件根据期望赋予所发射的超声波束的形状计算施加至换能器的不同元件50的激励的时间延迟。在本申请中,计算时间延迟使得纵波的超声波束偏转-20°和70°之间的角度,间距为2°。

[0085] 头部4沿着VBP管14的轴线(如图9中的箭头f所指示的所谓的“扫描”轴线)移动。每0.5毫米发送和记录一次信号。

[0086] 在头部4以2°的间距围绕管的轴线连续旋转(图9中的箭头g)之后重复测量。这样可以覆盖整个待检测的焊接区域。

[0087] 由相同商标(参考ITL09)的控制器驱动的“Micro - contrôle”商标的机动臂(motorised arm)来确保探头的运动。

[0088] 然后使用“CIVA”软件对测量出的信号进行后处理。这允许根据以下获得根据颜色代码表示接收到的信号的幅值的图像:头部4沿着扫描轴线的位置,或者根据旋转值的头部4的位置,或者所施加的超声脉冲(即,根据超声波束的偏转角)。对这些图像的分析允许推断VBP 14中缺陷的存在。

[0089] 这个过程如下所示。

[0090] 考虑代表了在包括在焊接区域中被称为‘圆周的’缺陷的两个人工缺陷(通过电腐蚀获得)每个方面中的经焊接VBP的模型。

[0091] 这些为被称为EE1和EE2的缺陷。使用处理软件(此处为“CIVA”软件)分析数据,该软件允许数据以不同类型图像的形式表示。

[0092] 特别地,可以看到所谓的“C-扫描”图像,其根据旋转中的头部4的位置(垂直地)以及根据扫描轴线(水平地)以颜色代码(图11及以下等等的灰色阴影的变化)表示换能器接收到的幅值。

[0093] 然后后处理涉及观察不同角度的超声处理(sonication)的“C-扫描”类型的图像,并确定哪个超声处理角度允许获得从缺陷接收到的最大幅值的指示。

[0094] 更具体地说,使用CIVA软件执行以下步骤(然而可以使用任何其他软件来处理这些数据):

[0095] 针对所有的序列和所有超声处理,选择排除了由于楔子中的反射造成的所谓的“永久”回波的一个时间窗口;

[0096] 此外,经由观察以 0° (即垂直于管的旋转轴线)进行超声处理的管上的回弹回波而选择对应于焊接的区域的扫描值(沿着垂直轴线)的范围(仅省略对应于管的区域)。

[0097] 接下来,观察C-扫描类型图像(对于一个确定的超声处理,在每个扫描间距和增量上的随时间的最大幅值),并根据所选择的超声处理而变化。当C-扫描中的焊接区域出现回波时,可以在B-扫描中看到该回波的形状。;

[0098] 然后选择对应于所观察到的回波的增量,并显示对应于该超声处理和该增量的B-扫描;

[0099] 为了使信噪比最大化,可以通过选择先前获得的扫描位置和增量并且然后观察表示(根据时间以及根据固定的扫描和增量的超声处理角度)测量出的信号的所谓S-扫描来微调超声处理的角度的选择,;

[0100] 时间限制、扫描限制以及甚至超声处理角度范围的选择也可以基于CIVA模拟。对于焊接区域中的一组潜在缺陷,这允许针对每个超声处理角度计算来自这些缺陷的回波的到达时间以及其幅值的数量级。这可以被用于支持对实验信号的分析。

[0101] 还可以提到的是,引起大部分噪声的寄生回波(parasitic echo)对应于几何回波(回弹离开管底部)。因此,模拟(或量块上的测量)首先允许在盲检查相同几何结构的新部件时识别这些回波的类型,并且其次小波滤波类型的图像处理(这里未测试)将允许抑制这些回波以仅仅有利于缺陷回波。

[0102] 该数据分析表明,当束偏转 12° 时检测到缺陷EE1,并且以 26° 的偏转检测缺陷EE2。下面的图像示出了获得的“C-扫描”图像和所谓的“B-扫描”图像,后者表示根据时间(垂直轴线)以及头部4沿着扫描轴线(水平轴线)的位置的信号幅值,选择旋转位置以使得来自缺陷的信号具有最大幅值。

[0103] 因此,借助于存在明显区别于其他“噪声”信号的回波(图像中的黑点),很好地检测到缺陷EE1和EE2。

[0104] 因此,通过实施刚刚描述的通过优选自动化地扫描待检查的整个表面并且通过施加“多脉冲”(即随时间间隔开的超声发射)来进行的方法,即使当换能器元件50的数量减少时,也能获得最佳的缺陷检测质量。如图所示,当其的数量为九时,这尤其适用。

[0105] 利用诸如上面引用的适合的处理软件,可以证明已经在结构的噪声中丢失的回波,而不会可视化测量到的回波的空间维度。

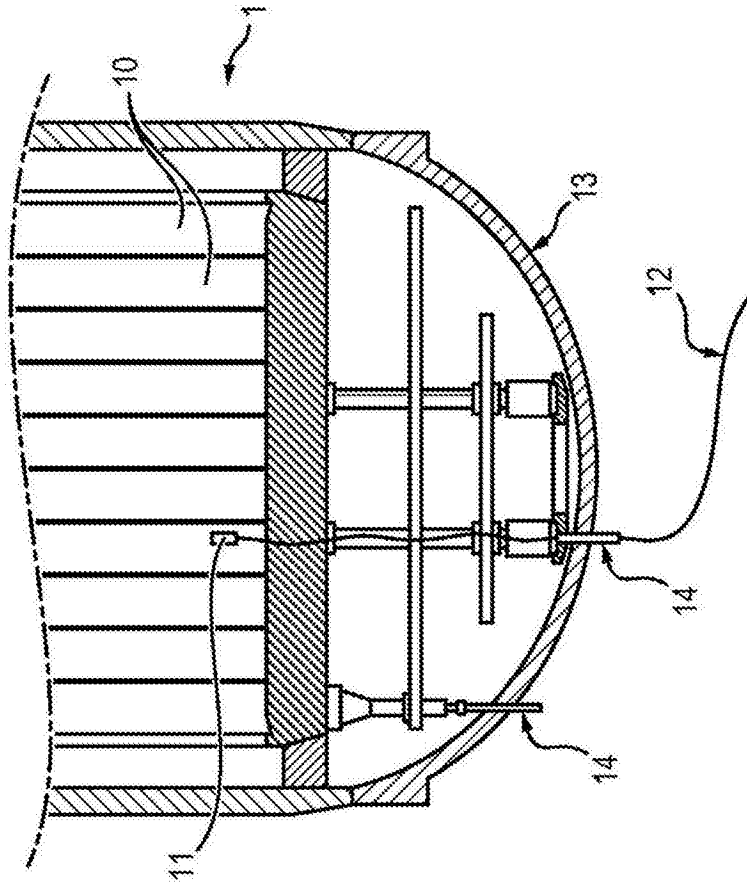


图1

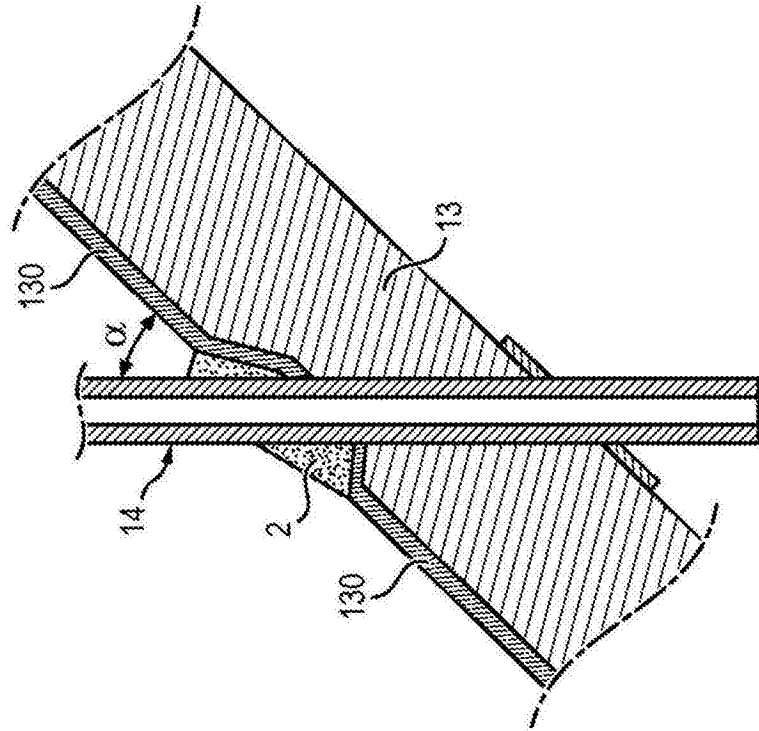


图2

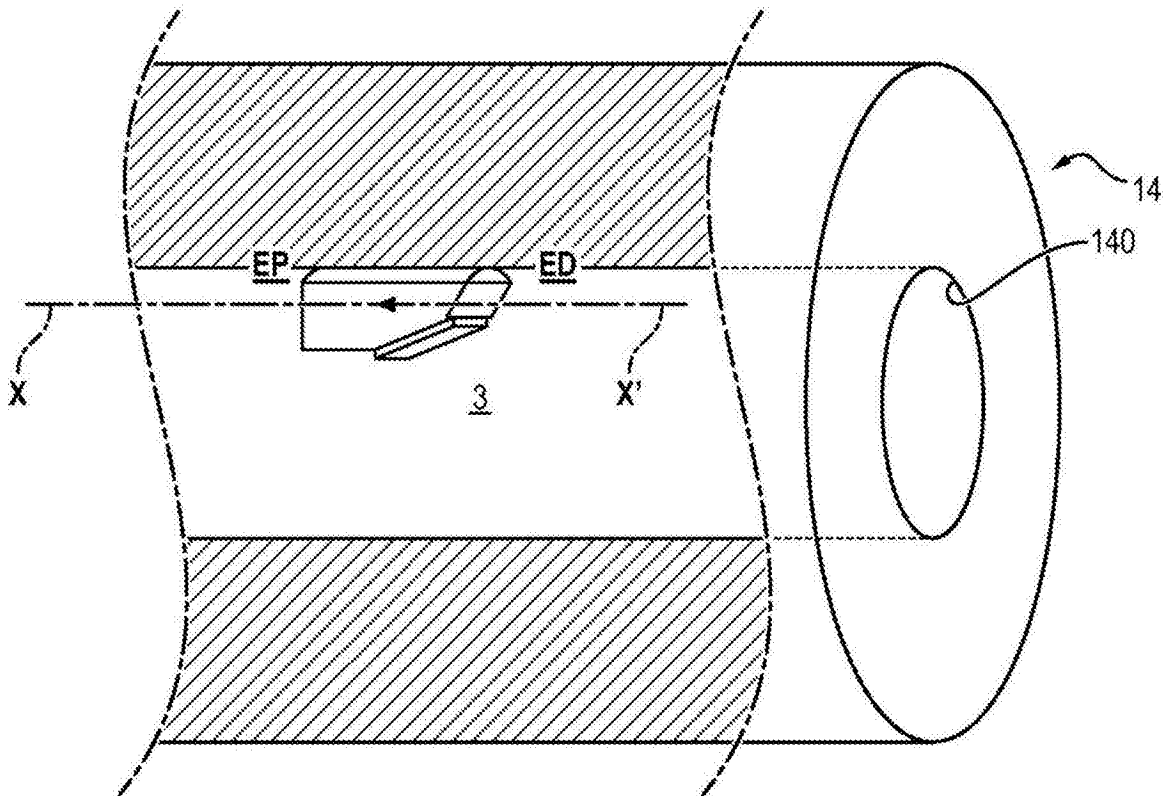


图3

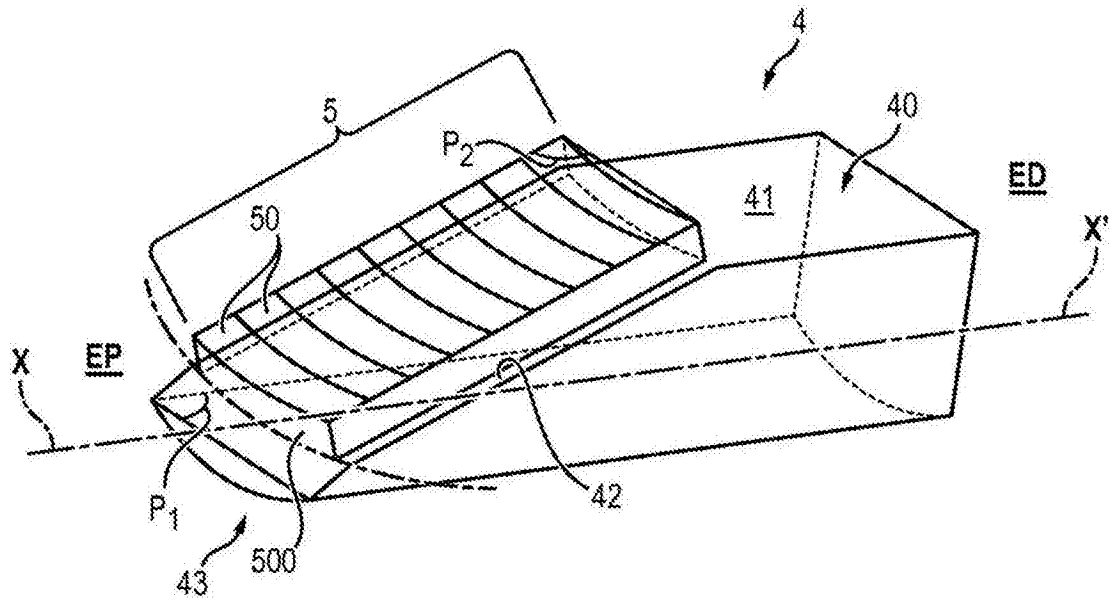


图4

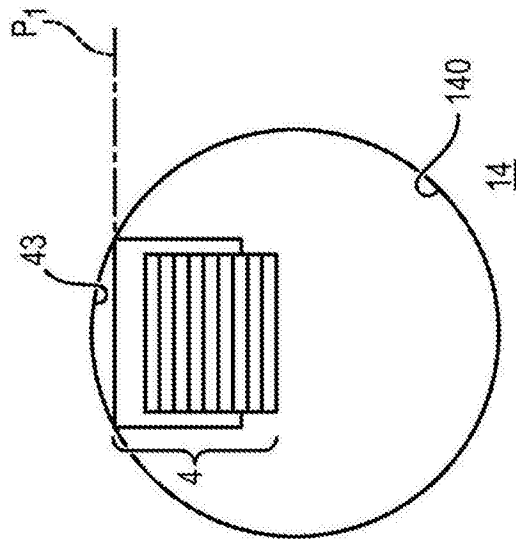


图5

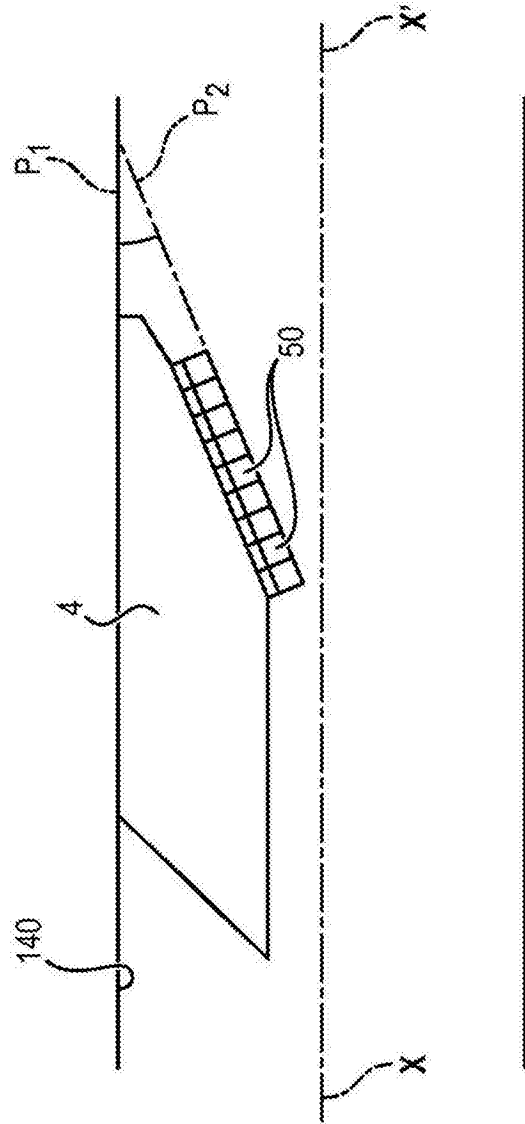


图6

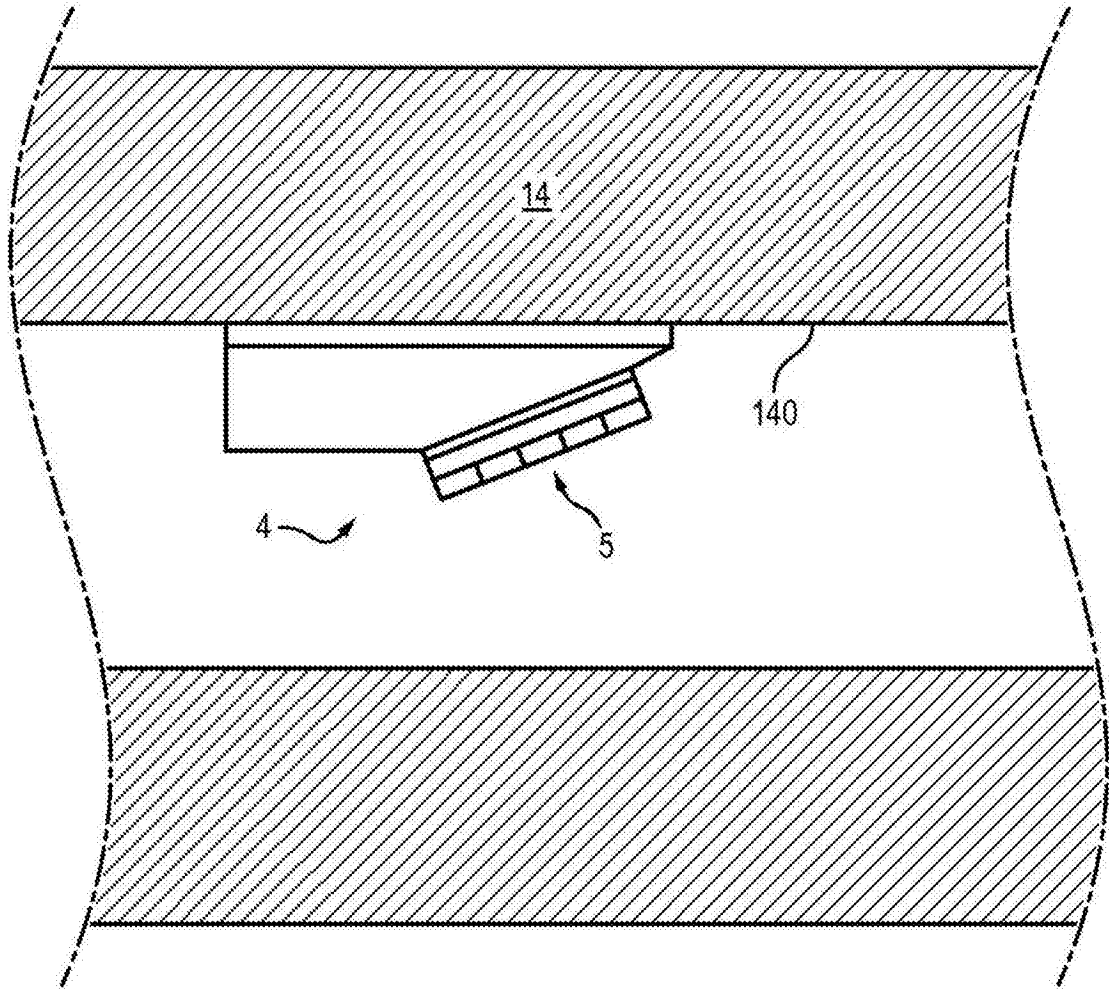


图7

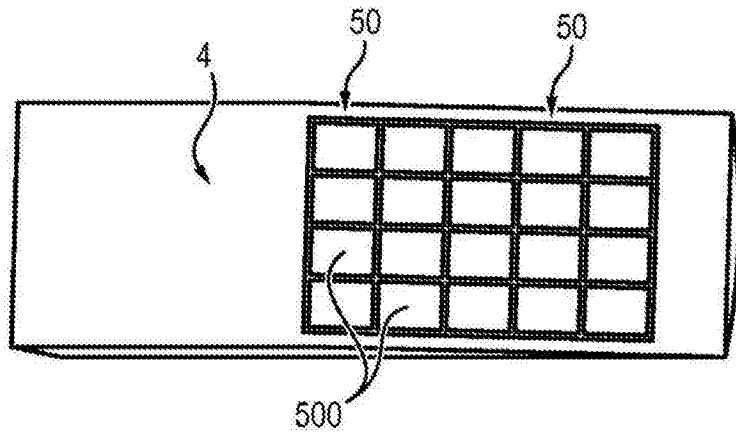


图8

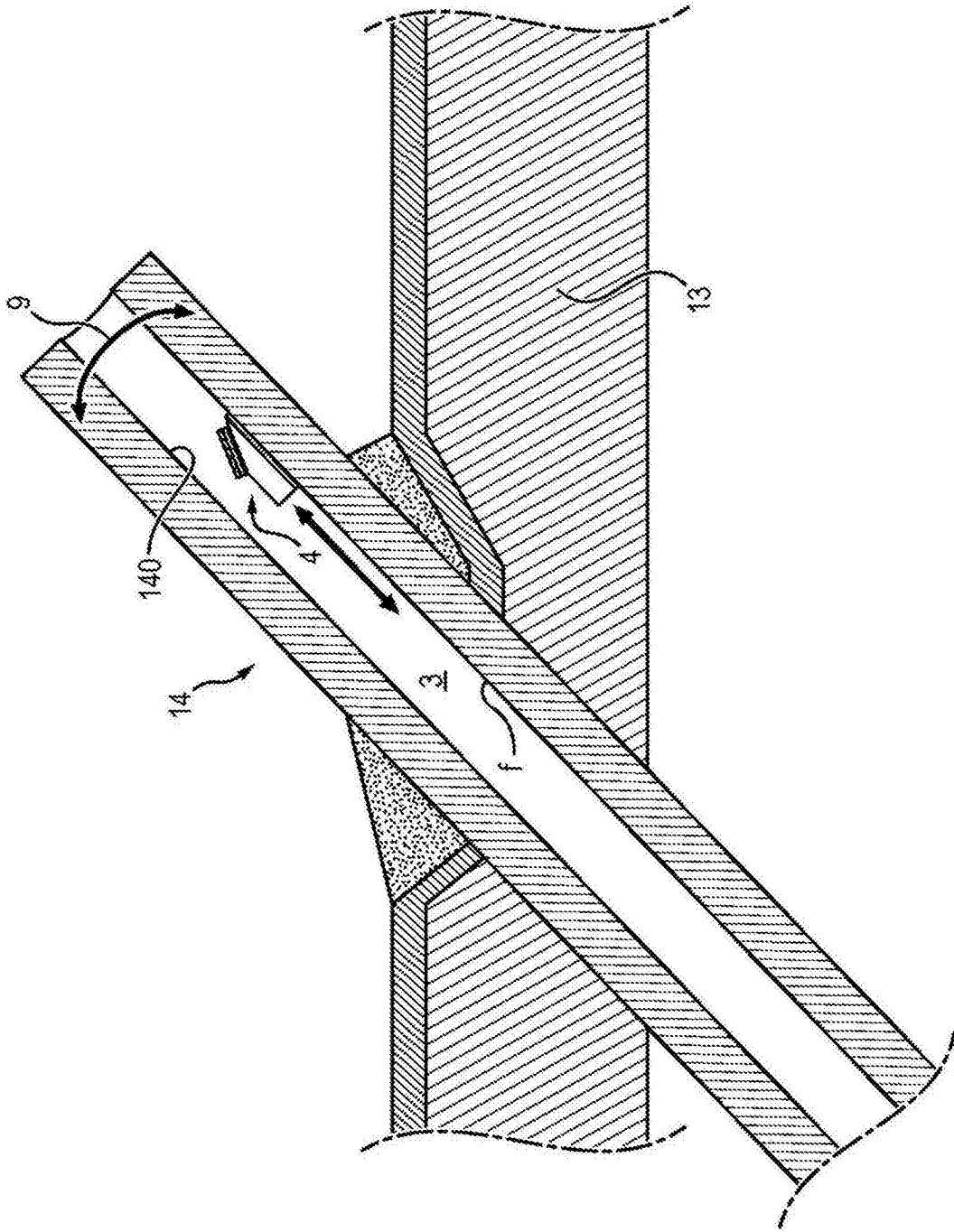


图9

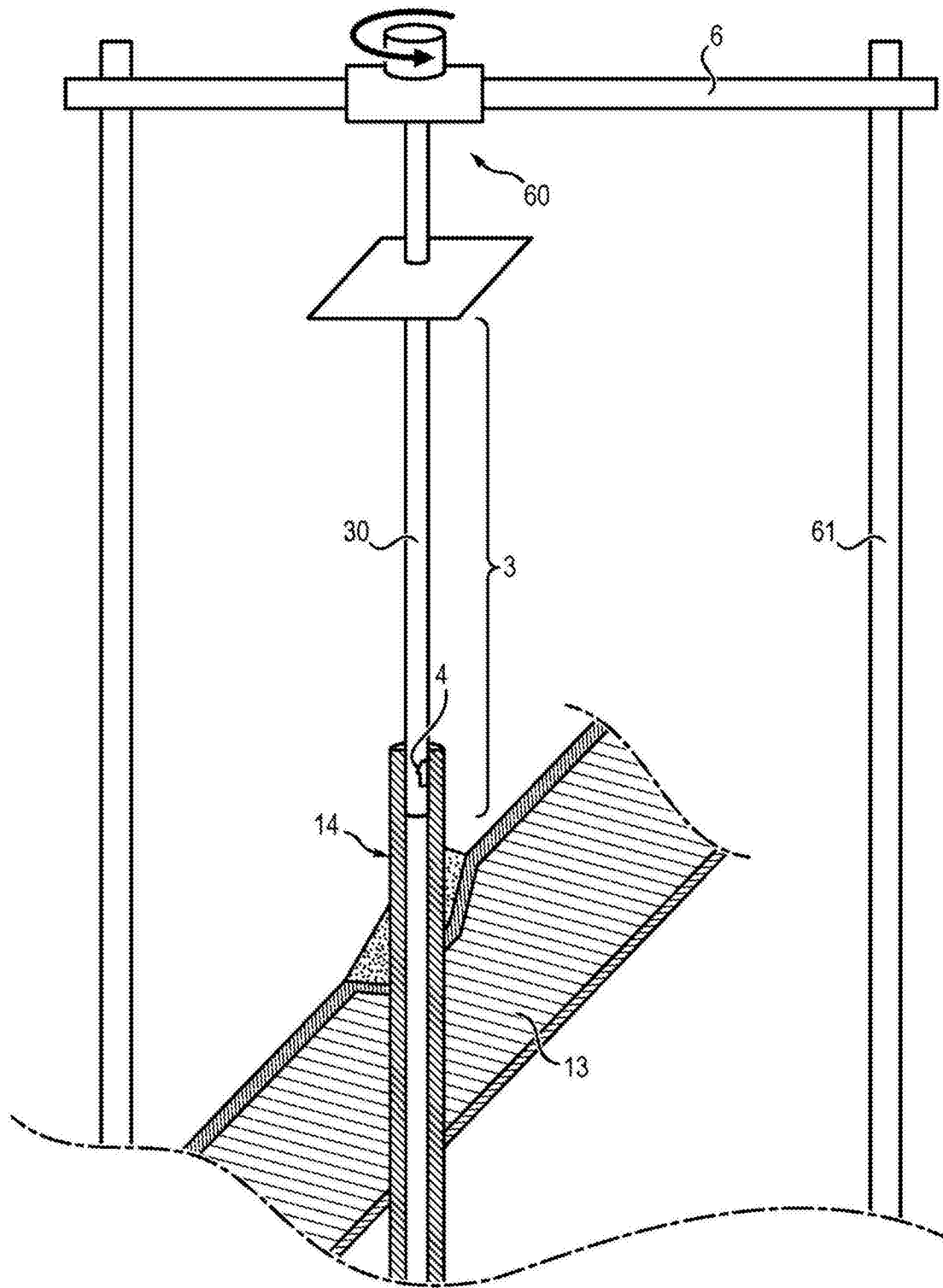


图10

C扫描 (时间限制在9.5 μs与10.5 μs之间)

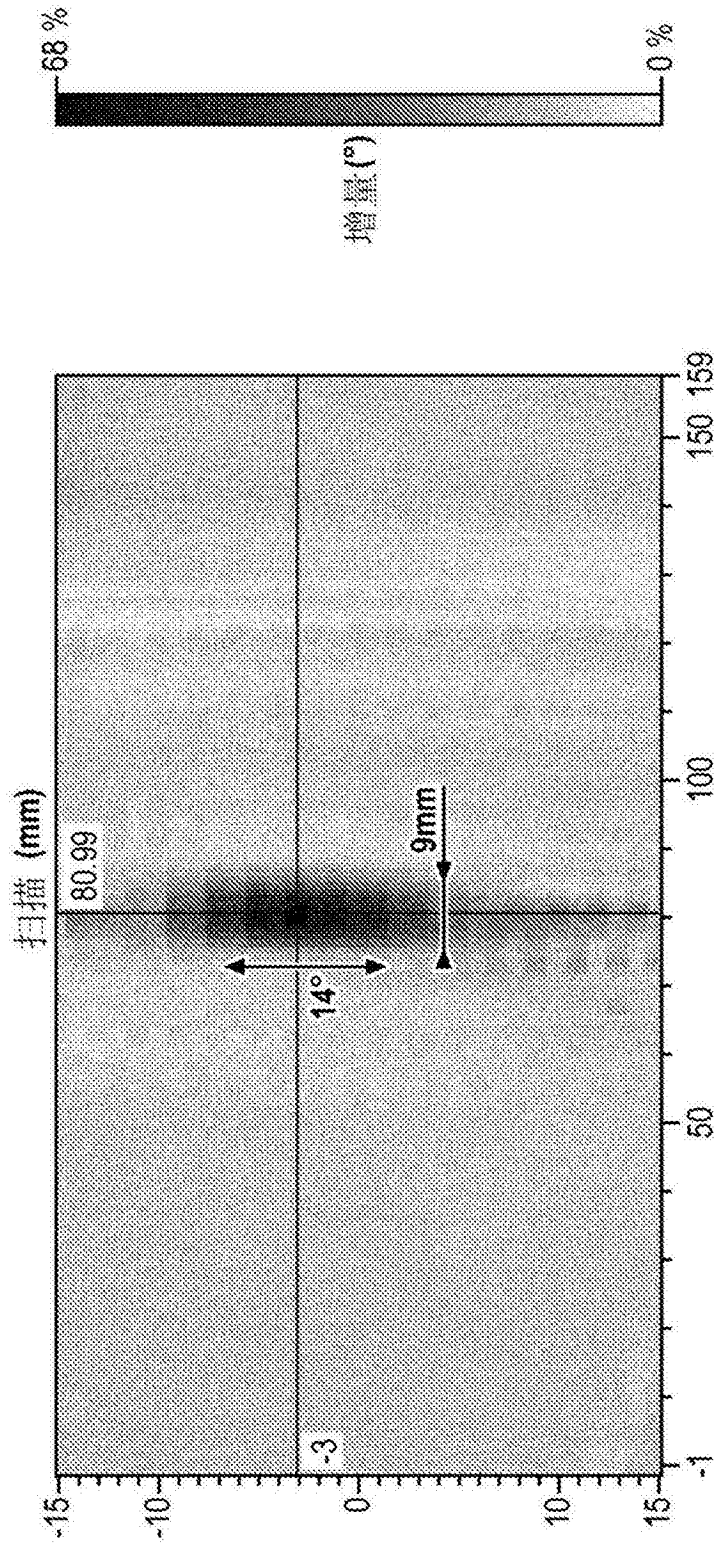


图11

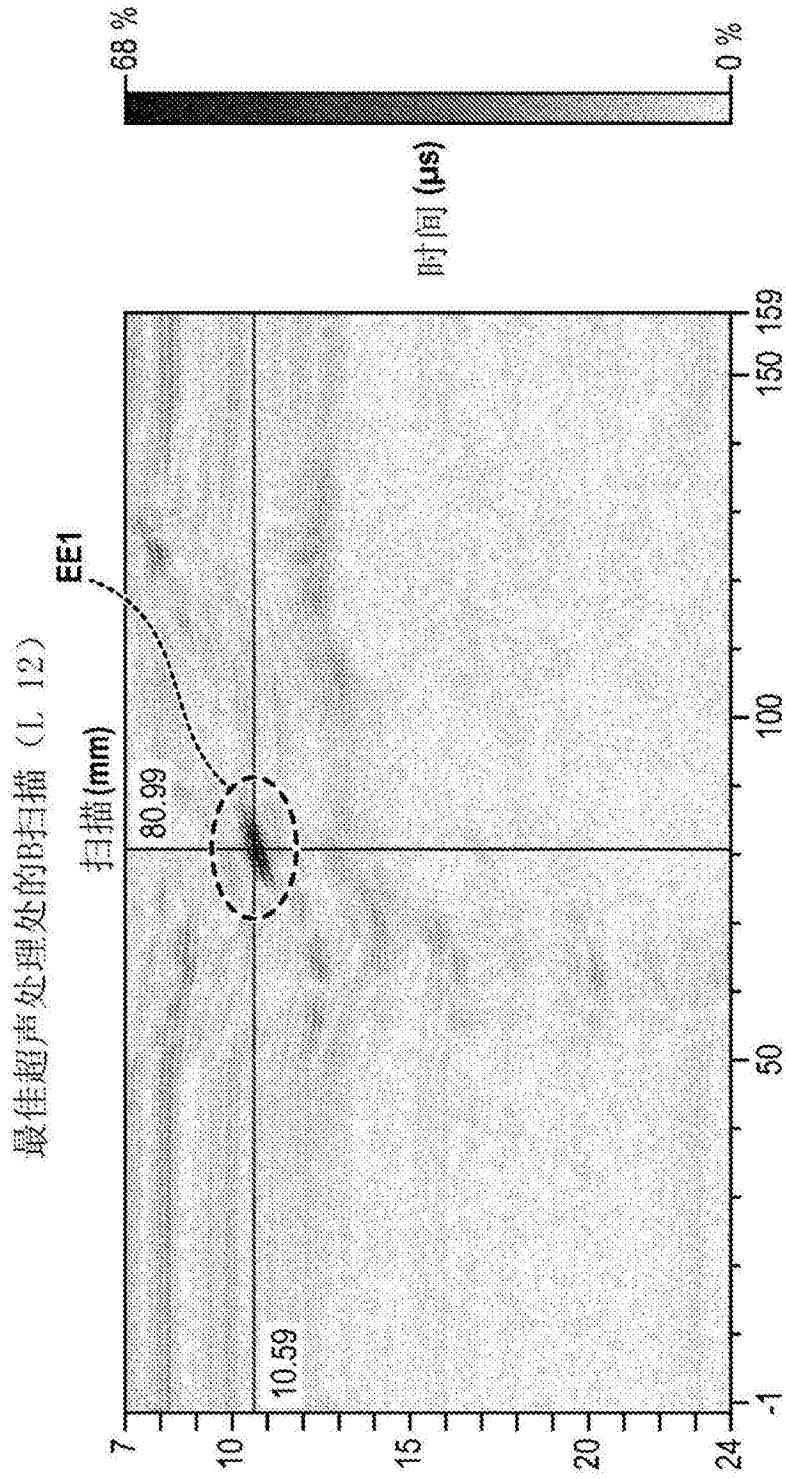


图12

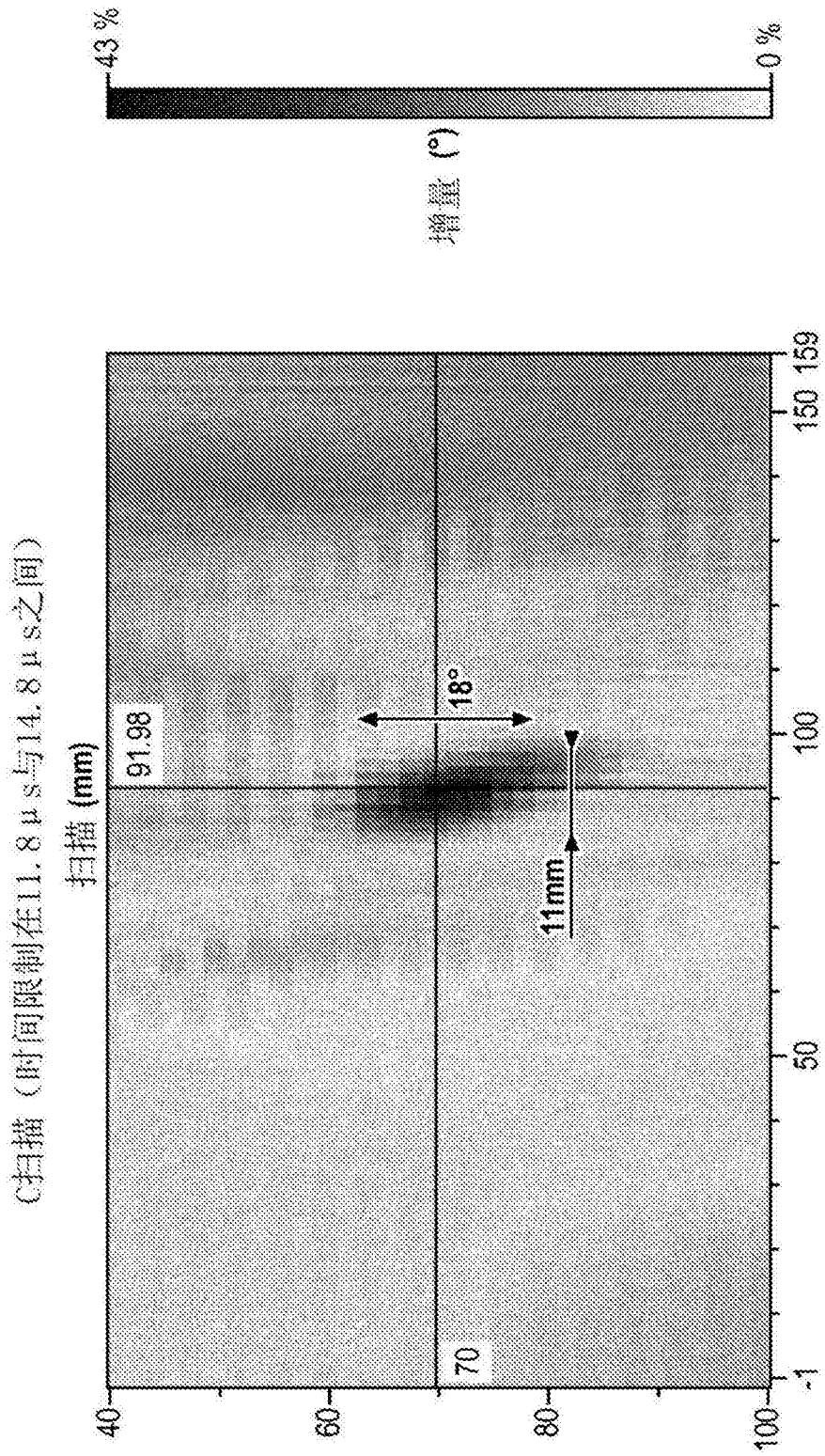


图13

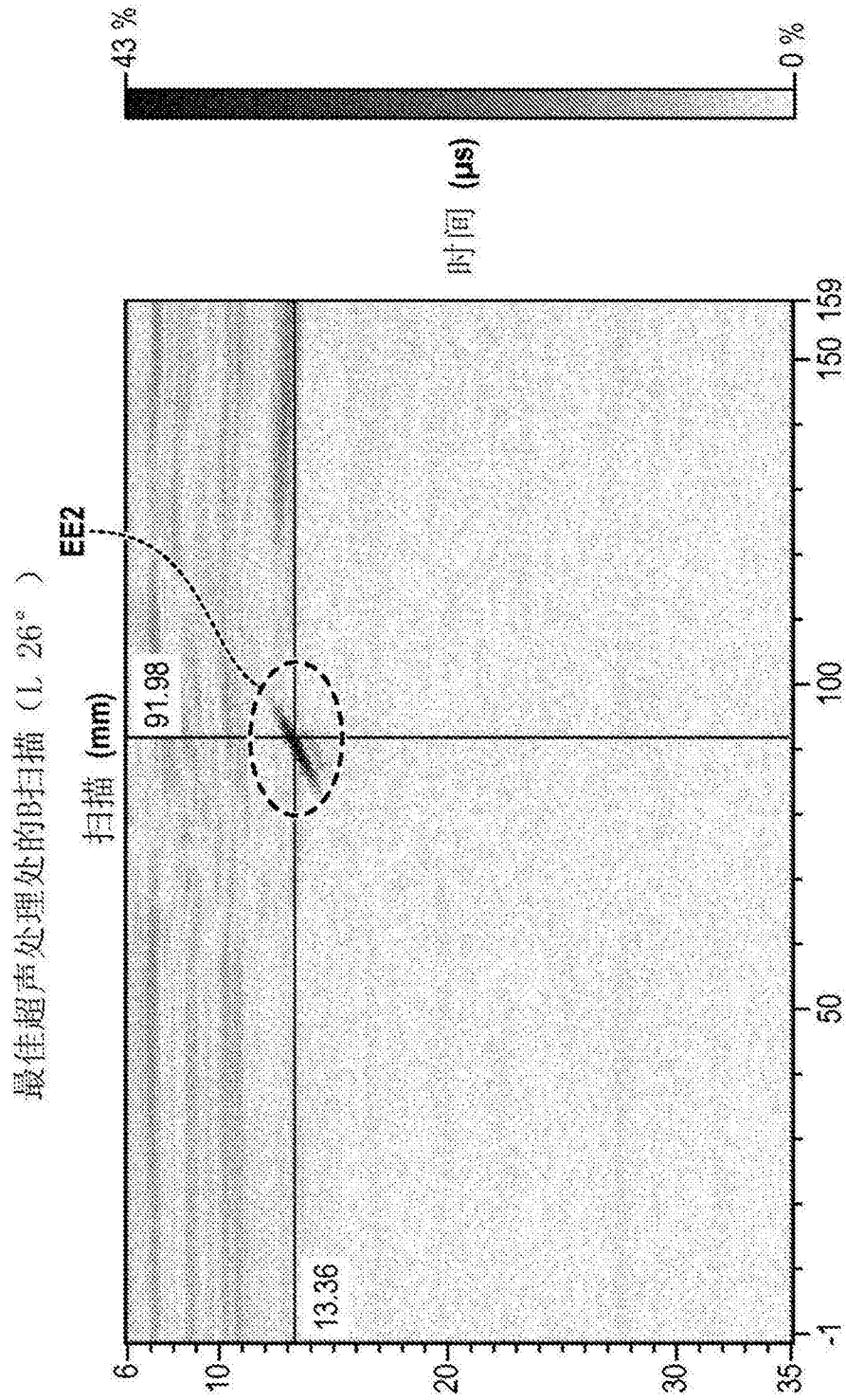


图14