



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203981638 U

(45) 授权公告日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201420155288. 5

(22) 申请日 2014. 03. 31

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381 号

(72) 发明人 谢从珍 袁超 何子兰 李立涅  
张福增 李锐海

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

代理人 蔡茂略

(51) Int. Cl.

G01N 29/09 (2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

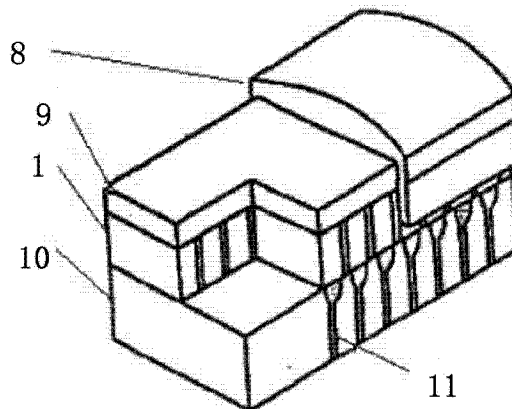
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,包括:相控阵探头、相控阵显示器和相控阵系统单元及系统主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机通过数据线与相控阵探头相连,所述相控阵探头用于发出和接收超声波信号;所述相控阵探头在接收到反射的超声波信号后,通过数据线将所述超声波信号传递至相控阵系统单元及系统主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机控制相控阵超声检测装置的启动、停止、运行、分析显示超声回波信号以及存储和处理超声波数据。具有能快速、准确和无破坏性地检测出复合绝缘子的内部缺陷等优点。



1. 一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,其特征在于,包括:相控阵探头、相控阵显示仪和相控阵系统单元及系统主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机通过数据线与相控阵探头相连,所述相控阵探头用于发出和接收超声波信号;所述相控阵探头在接收到反射的超声波信号后,通过数据线将所述超声波信号传递至相控阵系统单元及系统主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机在对接收的超声波信号进行数据处理之后,将数据传递到相控阵显示仪,所述相控阵显示仪显示相控阵扫描图像;

所述相控阵探头在检测时置于复合绝缘子护套的径向表面上,所述相控阵探头在复合绝缘子护套径向表面平移;所述相控阵探头和相控阵系统单元及系统主控计算机相连;相控阵系统单元及系统主控计算机与相控阵显示仪相连。

2. 如权利要求1所述的复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,其特征在于,所述相控阵探头基于声阻抗匹配原理制作而成,所述声阻抗匹配原理中,透声层的厚度等于 $1/4$ 波长,使得超声波能量最大限度的透过相控阵探头进入复合绝缘子;

设反射系数为 $R$ ,透射系数为 $T$ ,根据能量守恒得出:

$$R+T=1, \quad (1)$$

超声波在晶元介质、透声层介质和复合绝缘子护套介质中传播,对于单频射波,其声强透射系数为:

$$T = \frac{4}{2 + \left( \frac{z_3 + z_1}{z_1 z_3} \right) \cos^2 \frac{2\pi l}{\lambda_2} + \left( \frac{z_2^2}{z_1 z_3} + \frac{z_1 z_3}{z_2^2} \right) \sin^2 \frac{2\pi l}{\lambda_2}}, \quad (2)$$

式中,晶元、透声层和复合绝缘子护套的声特性阻抗分别为 $z_1$ 、 $z_2$ 和 $z_3$ , $z_1 \neq z_2 \neq z_3$ ;  $l$ 为透声层介质的厚度; $\lambda_2$ 为透声层介质中声波的波长,所述 $\lambda_2$ 满足:

$$\begin{cases} l = (2n-1) \frac{\lambda_2}{4} \\ z_2 = z_1 z_3 \end{cases}, \quad (3)$$

则有: $T=1$ ,其中, $l = \frac{\lambda_2}{4}$ 的奇数倍时达到全透射,即为四分之一波长全透射;采用的相控阵探头的透声层厚度等于 $1/4$ 波长;

所述相控阵探头尺寸根据与复合绝缘子的伞裙间距进行研制,使得相控阵探头在复合绝缘子护套表面沿径向移动扫查;所述相控阵探头用于使发射的超声波束聚焦深度集中在复合绝缘子护套中,从而检测出图像。

3. 如权利要求1所述的复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,其特征在于,所述相控阵系统单元及系统主控计算机对超声信号进行放大滤波预处理,并将预处理后的数据传输给主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机控制相控阵超声检测装置的启动、停止、运行、分析显示超声回波信号以及存储和处理超声波数据;所述相控阵探头的晶元数量为32,每个晶元的中心间隔均为0.8mm。

## 一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及电力设备检测领域,具体地说是一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置。

### 背景技术

[0002] 绝缘子承担着支撑输电线路,隔离输电线路和其他导电物体,维护电力系统安全运行的重要责任,其性能的优异与否与电力系统能否安全运行息息相关。20世纪50年代复合绝缘子研制成功以来,以其体积小、重量轻,机械强度高,耐污性能优异,绝缘强度高优点而被广泛运用。目前,世界上有已超过30多个国家和地区在使用复合绝缘子,特别是重污秽地区。到2008年,我国挂网复合绝缘子的支数达到800万支。在特高压输电工程中也大量采用复合绝缘子。然而,当绝缘子由于制造工艺等原因而导致护套与芯棒脱粘、护套内部气孔或者断层等问题时,这些隐蔽性缺陷会对电网的安全运行构成极大威胁。这些缺陷绝缘子的电场分布不均,在缺陷位置产生电场畸变,高场强的长期作用会促使绝缘子护套、芯棒和金具等部位发生局部放电,使绝缘子性能劣化,严重时会引起绝缘子断裂、击穿,影响输电线路安全。因此,亟需研究如何更快、更准确地检测出复合绝缘子内部缺陷的方法。

[0003] 目前对于复合绝缘子内部缺陷的检测方法很多,例如电场分布检测法、红外线检测法、陡波试验法、改进水扩散试验法等。但这些方法或灵敏度低,或复杂耗时、具有破坏性,或检测条件要求高。在复合绝缘子投运前,绝缘子是否存在内部缺陷目前还没有标准的检测方法。目前,用于复合材料的无损检测方法有:射线检测法、磁粉检测法、渗透检测法、涡流检测法、声发检测法、光学检测法以及超声波检测法。清华大学高英等人采用超声脉冲回波法,利用水为耦合剂,对复合绝缘子内部缺陷进行检测,能检测出伞裙中直径为3mm的缺陷。该方法采用水作为耦合剂,实验过程在水中,不利于现场检测,另外,绝缘子泡在水中可能会对复合绝缘材料的绝缘性能产生不利影响。华南理工大学谢从珍等人验证了用常规的超声波检测法对复合绝缘子内部缺陷检测的可行性,能够检测出直径为0.5mm的气孔缺陷,但该法的检测结果是普通的A扫图像,直观性较差,没有经验的检测人员难以正确识别缺陷的大小和类型。近年来,相控阵超声检测技术发展迅速,美国Stanford大学的Pierre研究小组实现了基于二维阵列换能器的实时三维成像技术。英国Robert Gordon大学提出了基于声光成像的缺陷直接可视化技术,并进行了系统设计和实验研究。目前,相控阵超声波技术主要应用于生物医学、管道检测以及海洋形貌探测和反潜等领域。相控阵超声波检测技术在复合绝缘子内部缺陷的检测尚未见报道。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型的首要目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,该装置能够快速、准确和无破坏性地检测出复合绝缘子的内部缺陷。

[0005] 本实用新型的另一目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种应用于所述的

复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置的检测方法,该检测方法检测范围广,检测效率高。

[0006] 本实用新型的首要目的通过下述技术方案实现:一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,包括:相控阵探头、相控阵显示仪、相控阵系统单元及系统主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机通过数据线与相控阵探头相连,所述相控阵探头用于发出和接收超声波信号;所述相控阵探头在接收到反射的超声波信号后,通过数据线将所述超声波信号传递至相控阵系统单元及系统主控计算机;相控阵系统单元及系统主控计算机在对接收的超声波信号进行数据处理之后,将数据传递到相控阵显示仪,所述相控阵显示仪显示相控阵扫描图像;

[0007] 所述相控阵探头在检测时置于复合绝缘子护套的径向表面上,所述相控阵探头在复合绝缘子护套径向表面平移;所述相控阵探头和相控阵系统单元及系统主控计算机相连;所述相控阵系统单元及系统主控计算机与相控阵显示仪相连;所述相控阵探头基于声阻抗匹配原理制作而成,所述声阻抗匹配原理中,透声层的厚度等于  $1/4$  波长,使得超声波能量最大限度的透过相控阵探头进入复合绝缘子。

[0008] 根据声波透射原理,设反射系数为  $R$ ,透射系数为  $T$ ,根据能量守恒得出:

$$[0009] \quad R+T = 1, \quad (1)$$

[0010] 超声波在晶元介质、透声层介质和复合绝缘子护套介质中传播,对于单频射波,其声强透射系数为:

$$[0011] \quad T = \frac{4}{2 + \left( \frac{z_3 + z_1}{z_1 z_3} \right) \cos^2 \frac{2\pi l}{\lambda_2} + \left( \frac{z_2^2}{z_1 z_3} + \frac{z_1 z_3}{z_2^2} \right) \sin^2 \frac{2\pi l}{\lambda_2}}, \quad (2)$$

[0012] 式中,晶元、透声层和复合绝缘子护套的声特性阻抗分别为  $z_1$ 、 $z_2$  和  $z_3$ ,  $z_1 \neq z_2 \neq z_3$ ;  $l$  为透声层介质的厚度;  $\lambda_2$  为透声层介质中声波的波长,所述  $\lambda_2$  满足:

$$[0013] \quad \begin{cases} l = (2n-1) \frac{\lambda_2}{4} \\ z_2 = z_1 z_3 \end{cases}, \quad (3)$$

[0014] 则有:  $T = 1$ , 其中,  $l = \frac{\lambda_2}{4}$  的奇数倍时达到全透射,即为四分之一波长全透射;采用的相控阵探头的透声层厚度等于  $1/4$  波长;

[0015] 所述相控阵探头尺寸根据与复合绝缘子的伞裙间距进行研制,使得相控阵探头在复合绝缘子护套表面沿径向移动扫查;为了使得探头聚焦效果集中在复合绝缘子护套上,相控阵探头晶元数量为 32,每个晶元的中心间隔为 0.8mm,使发射的超声波束聚焦深度集中在复合绝缘子护套中,从而检测出图像显示更为清晰。

[0016] 所述的复合绝缘子为检测对象,通过超声波信号在复合绝缘子护套内部的传输,遇到复合绝缘子内部缺陷发生发射,最终在相控阵显示仪上显示出扫描图像。

[0017] 所述相控阵系统单元及系统主控计算机对超声信号进行放大滤波预处理,并将预处理后的数据传输给主控计算机;所述相控阵系统单元及系统主控计算机控制相控阵超声检测装置的启动、停止、运行、分析显示超声回波信号以及存储和处理超声波数据。

[0018] 所述相控阵探头为针对复合绝缘子进行检测所特制的探头,与复合绝缘子伞裙护套配合。

[0019] 本实用新型的另一目的通过以下技术方案实现:一种应用于所述的复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置的检测方法,包括如下步骤:

[0020] 步骤 1、所述相控阵系统单元及系统主控计算机控制相控阵探头发射和接收超声波信号,相控阵系统单元及系统主控计算机控制相控阵探头的各个晶元依次触发产生超声波信号,超声波信号经过叠加后进入复合绝缘子护套内部传播,当遇到复合绝缘子缺陷便发生反射的超声波信号;

[0021] 步骤 2、所述反射的超声波信号经过叠加后被相控阵探头接收,通过数据线传输到相控阵系统单元及系统主控计算机,相控阵系统单元及系统主控计算机对接收信号进行数据预处理,并将预处理后的数据传输给相控阵系统单元及系统主控计算机;

[0022] 步骤 3、相控阵系统单元及系统主控计算机处理数据后通过相控阵显示仪输出相控阵扫描图像;

[0023] 步骤 4、分析相控阵扫描图像,确定复合绝缘子内部缺陷的大小、类型以及具体位置。

[0024] 在步骤 3 中,所述相控阵系统单元及系统主控计算机处理数据后通过相控阵显示仪输出相控阵扫描图像的检测过程是基于回波强度法原理;

[0025] 在步骤 1 中,所述相控阵探头各个晶元按一定规律延时发射超声波信号,发射的所述超声波信号在空间叠加后形成具有一定偏转角度的超声波声束波。超声波声束遇到复合绝缘子缺陷发生反射,若复合绝缘子缺陷越大,在缺陷处发生反射超声波也就越强,反射超声波经过相控阵系统单元及系统主控计算机处理后通过相控阵显示仪上的扫描图像上显示出来,扫描图像的颜色越深表示反射超声波的强度越大,根据对相控阵扫描图像的分析,可以判断复合绝缘子缺陷的尺寸和位置。

[0026] 在步骤 1 中,所述相控阵探头的各个晶元按顺序激发超声波,形成的波阵面具有偏转和聚焦作用,可以在少移动或者不移动探头的情况下扫查复合绝缘子护套的径向范围。

[0027] 本实用新型的工作原理:本实用新型利用一维相控阵探头,采用机油作为探头与复合绝缘子之间的耦合剂,对复合绝缘子内部缺陷进行相控阵扇形扫描。根据扇形扫描的二维图像来判断复合绝缘子的内部缺陷的大小和位置。相控阵超声波探测的流程图如图 4 所示。超声检测的工作流程为:超声发射器的晶振片发出超声波,超声波在探头和介质之间传播,根据超声波在介质和缺陷的传播性质的不同回波的性质也不一样,通过接收的回波信号来显示被测试件的内部特征,从而通过二维超声图像来识别缺陷的大小和类型。复合绝缘子内部缺陷检测的扇形扫描原理图如图 3 所示。

[0028] 本实用新型所依据的技术原理:1、相控阵超声检测原理:超声波是指频率高于 20kHz 的振动横波,一般用于无损检测的频率通常是 0.5 ~ 10MHz 的频率波段。超声波在介质中传播时,遇到另一种介质,会在界面处发生折射、反射和模式变换(即横波变成纵波,纵波变成横波)。一部分波能被反射回原来的介质,被称为反射波,即回波;另一部分能量穿过界面,在另一介质中继续传播,被称为折射波。声波在界面被反射的程度主要由两种介质的声阻抗(声波在介质中的传播速度与介质的密度的乘积)决定,声阻抗差越大,反射强

度越强。超声检测时,如果需要对物体内的某一区域进行成像,必须进行声束扫描。相控阵成像是通过控制阵列换能器中各个阵元的激励与接收脉冲的时间延迟,从而改变各个阵元发射(或接受)声波到达(或来自)物体内某点时的相位关系,实现聚焦点和声束方位的变化,从而完成相控波束合成,形成成像扫描,原理如图 1 所示。普通超声波脉冲回波扫描,换能器由单个晶振片组成。相控阵超声的换能器是基于惠更斯原理设计的,由多个相互独立的压电晶片组成阵列,每个晶片称为一个单元,按一定的时序用电子系统控制激发,使阵列中各单元发射的超声波叠加形成一个新的波阵面,如图 2a 所示。同样,在反射波的接收过程中,按一定时序控制接收单元,并进行信号合成,再将合成结果以一定形式显示出来,如图 2b 所示。相控阵超声成像可进行线形扫描、扇形扫描和体扫描成像,但无论哪种显示都是由 A 扫的信息转换而来。2、回波强度法原理:相控阵换能器各个阵元按一定规律延时发射子波,这些子波在空间叠加后形成具有一定偏转角度的声束波阵面,在被检材料一定角度范围内呈扇形分布,利用此扇形波束对被测材料进行缺陷扫查。扇形扫描的波束合成方向呈发射状,所以侧向分辨率在不同距离有所变化。改变延时间隔的大小,可以在某一区域进行扇形扫描,扫查范围取决于延时时间和探头参数。扇形扫描的原理图如图 3 所示。超声波遇到缺陷发生回波反射,若缺陷和被检材料的声阻抗相差较大,在缺陷处会发生较强的反射,扫描图像上显示出反射回波的强度。根据反射回波强度的大小和位置,可以判断缺陷的尺寸和位置。3、声阻抗匹配原理:在做超声波检测实验时,相控阵探头和被检试件表面的声耦合是非常重要的,它决定着声能进入到复合层的多少。如果出现不耦合,将会有 80% 以上的声能量被反射回来,因此必须设置有效的匹配保证 70% 以上的声能进入到被检试件。

[0029] 本实用新型相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0030] 1. 采用相控阵超声波检测复合绝缘子内部缺陷的方法,克服了传统绝缘子检测方法方法的不足。例如电场分布检测法复杂耗时,陡波试验法具有破坏性,改进水扩散试验法检测条件要求高而且对被检测试件会产生一定的破坏性。相控阵超声检测过程操作简单,对被检试件无伤害,是一种无损检测。

[0031] 2. 相控阵检测技术与常规超声检测相比具有其不可比拟的优点:①检测能力更强,缺陷检出率更大。超声检测的横向分辨力受声束的宽度的影响,声束宽度越宽横向分辨力越低,反之,横向分辨力越高。传统探头的声束宽度要比超声相控阵的声束宽得多。超声相控阵检测技术不但可以实现声束的偏转,同时还可以实现声束的聚焦,通过电子系统,对相控阵仪器设置不同的延时规则能控制所激发的波束特征,并能聚焦在不同的深度和位置。相控阵探头可以针对缺陷的可能位置、类型结合工件外形及检测面选择合适的波束角度及聚集深度,完成复杂形状工件的全面扫描,得到分辨率高的检测图像,提高了缺陷特别是深度缺陷的检出能力,克服了常规超声脉冲回波法不能实现声束聚焦或者虽然可以实现声束聚焦但无法实现可变聚焦这一难题。②检测更全面,灵活快捷。相控阵探头中被选中激发的晶片能够实现高精度、快速、全面的断面扫描。传统的超声检测探头由于声束方向固定无法偏转,所以在检测外形复杂工件材料时要不断更换各种探头或移动探头从不同方向进行扫描来保证扫描部位被完全覆盖而不致于漏检,在实际检测中可操作性不强。而用超声波相控阵检测时,则可通过局部晶片单元组合实现波束偏转角度、形状、方向和聚焦深度的控制,可在保证检测灵敏度较高、不移动工件的前提下实现高速电子扫描和检测,不移动探

头或少移动探头就可扫描厚度较大工件和外状复杂工件的各个区域,而且检测过程比传统探头快得多,还可实现实时电子扫描和动态聚焦,这些优势是传统超声检测方法所无法比拟的。③相控阵的扇扫图像是二维图像,与传统超声波检测图像相比,缺陷图像更直观、准确。相控阵检测通过控制发射声束的偏转和聚焦,使超声波能够到达被检物体的每个细微之处,接收反射回来的信号之后经过延时聚焦、变孔径、变迹处理,对信号进行图像重建便可得到被检材料某一截面的声成像,形成直观的、高分辨率的、易于观察分析的缺陷图像。超声波相控阵检测还能通过声束合成技术将 A 扫描图像合成 C 扫描、D 扫描、S 扫描等显像形式,从而显示出超声波束在被检材料中的底面投影及缺陷位置(深度)图像,大大提高了缺陷定位、定量、定性的准确性。2、首次将相控阵超声波技术应用于检测复合绝缘子内部缺陷,解决了复合绝缘子出厂以及运行中出现的质量问题,并且为运行已久的复合绝缘子的检测提供有效方法。绝缘子的优劣决定着输电线路的安全可靠运行,随着输电线路安全可靠运行要求的提高,绝缘子的稳定可靠运行也需要相应地提升。该检测技术能解决复合绝缘子内部缺陷的甄别问题,提高电力系统的运行稳定性。在无损检测领域,该技术将会有非常广泛的应用前景。

[0032] 3、研制出专用复合绝缘子检测的相控阵探头。通过优化探头尺寸、透声层厚度设计、晶元数量,使探头可以恰好放置于复合绝缘子伞裙护套之间,对其径向区域进行最大范围的扫查,同时聚焦效果集中在复合绝缘子护套内部,提高的检测图像的信噪比和分辨率,减少了杂波干扰。

#### 附图说明

[0033] 图 1 是相控阵超声波的偏转的示意图。

[0034] 图 2a 是相控阵声束的发射示意图。

[0035] 图 2b 是相控阵声束的接收示意图。

[0036] 图 3 是扇形扫描的原理图。

[0037] 图 4 是相控阵超声波检测流程图。

[0038] 图 5 是相控阵探头结构图。

[0039] 图 6 是相控阵超声仪检测复合绝缘子示意图。

[0040] 图中:1 为晶片;2 为复合绝缘子内部缺陷;3 为相控阵探头;4 为相控阵探头延迟块和保护膜;5 为耦合剂;6 为复合绝缘子护套;7 为芯棒;8 为声透镜;9 为声耦合层;10 为声阻尼块;11 为导线;12 为复合绝缘子伞裙;13 为球窝;14 为球头;15 为相控阵系统单元及系统主控计算机;16 为相控阵显示仪。

#### 具体实施方式

[0041] 下面结合实施例及附图对本实用新型作进一步详细的描述,但本实用新型的实施方式不限于此。

[0042] 实施例

[0043] 如图 1、图 3、图 5 和图 6 所示,一种复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置,包括:相控阵探头 3、相控阵显示仪 16、相控阵系统单元及系统主控计算机 15;所述相控阵系统单元及系统主控计算机 15 通过数据线与相控阵探头相连,所述相控阵探头 3 用于发出

和接收超声波信号；所述相控阵探头 3 在接收到反射的超声波信号后，通过数据线将所述超声波信号传递至相控阵系统单元及系统主控计算机 15；相控阵系统单元及系统主控计算机 15 在对接收的超声波信号进行数据处理之后，将数据传递到相控阵显示仪 16，所述相控阵显示仪 16 显示相控阵扫描图像；

[0044] 所述相控阵探头 3 在检测时置于复合绝缘子护套的径向表面上，所述相控阵探头 3 在复合绝缘子护套径向表面平移；所述相控阵探头和相控阵系统单元及系统主控计算机 15 相连；相控阵系统单元及系统主控计算机 15 与相控阵显示仪相连。

[0045] 如图 4 所示，一种应用于所述的复合绝缘子内部缺陷的相控阵超声检测装置的检测方法，利用声束的偏转和聚焦对复合绝缘子进行检测，具体包括如下步骤：

[0046] 1、相控阵探头 3 的准备。相控阵探头 3 的尺寸根据被测量复合绝缘子伞裙 12 间的尺寸而定。普通的检测探头由于尺寸较大，多用于检测大面积的平板材料。但是复合绝缘子伞裙 12 的形状复杂，间距小，普通的检测探头尺寸较大，无法放在两个复合绝缘子伞裙 12 之间，不能与复合绝缘子护套 6 完全契合。所以在对复合绝缘子缺陷 2 进行检测的时候，需要使用特别定制的相控阵探头 3，使得相控阵探头 3 恰好能放在两片复合绝缘子伞裙 12 之间，并且相控阵探头 3 的表面通过耦合剂 5 与复合绝缘子护套 6 的表面完全贴合。

[0047] 2、按需要在相控阵超声显示仪 16 上通过预置软件输入针对复合绝缘子内部缺陷 2 检测的具体参数：超声波在复合绝缘子护套 6 中传播的速度 1060m/s、超声波信号的偏转角度  $-40^{\circ}$   $+40^{\circ}$ 、相控阵探头 3 的检测频率 2.5MHz、超声波信号的焦距深度 5mm、激活的晶片 1 数量 32、相控阵扫描的类型为扇扫、扇扫的步进角度。

[0048] 3、完成参数设置之后，清除被探测物表面和探头移动区的污垢，并在复合绝缘子护套 6 表面和探头移动区涂抹耦合剂 5，耦合剂选用机油，质量密度  $0.92 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，声速 1390m/s，声阻抗率  $1.28 \text{MPa} \cdot \text{s/m}$ 。

[0049] 4、将相控阵探头 3 通过耦合剂 5 置于复合绝缘子护套 6 上，尽量使相控阵探头 3 与复合绝缘子护套 6 的表面紧密接触。

[0050] 5、在复合绝缘子护套 6 的表面缓慢移动相控阵探头 3，从而对复合绝缘子护套 6 的不同部位进行扫描检测。

[0051] 6、检测过程中，相控阵超声检测仪会同步显示出检测图像。倘若检测到复合绝缘子内部缺陷 2，则会在检测图像中显示出来，如图 3 所示。通过对检测图像的分析，可以确定复合绝缘子内部缺陷 2 的大小、类型以及具体位置。

[0052] 7、检测过程中，相控阵系统单元及系统主控计算机 15 自动计算时间延迟，并根据步骤 2 种输入的超声波信号的焦距深度，控制相控阵探头 3 所含的晶元 1 依次触发，产生超声波信号。

[0053] 8、多个晶元 1 发射的超声波信号经过叠加后进入复合绝缘子护套 6 的内部传播，遇到复合绝缘子内部缺陷 2 便发生反射。反射的超声波信号通过叠加后又被相控阵探头 3 接收。

[0054] 9、相控阵探头 3 接收反射的超声波信号后，将数据传至相控阵系统单元及系统主控计算机 15，相控阵系统单元及系统主控计算机 15 对接收的反射超声波信号进行数据处理。。

[0055] 10、相控阵系统单元及系统主控计算机 15 处理数据后通过相控阵显示仪 16 输出



相控阵扫描图像。

[0056] 11、分析相控阵扫描图像,确定复合绝缘子内部缺陷 2 的大小、类型以及具体位置。

[0057] 上述实施例为本实用新型较佳的实施方式,但本实用新型的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本实用新型的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本实用新型的保护范围之内。

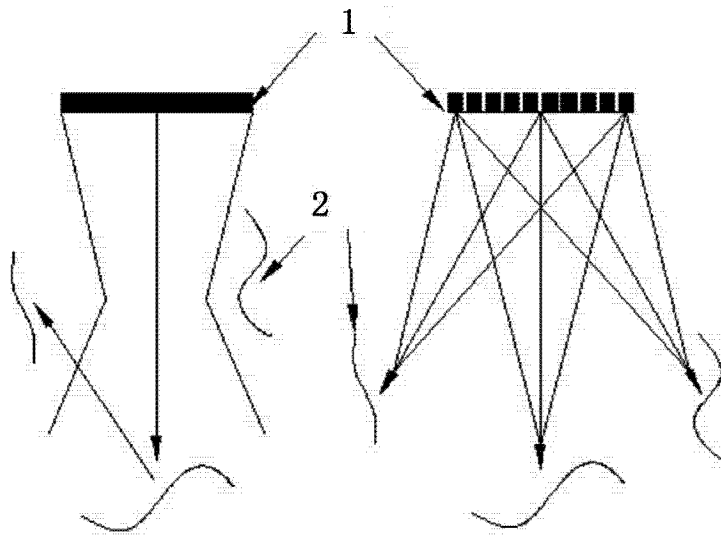


图 1

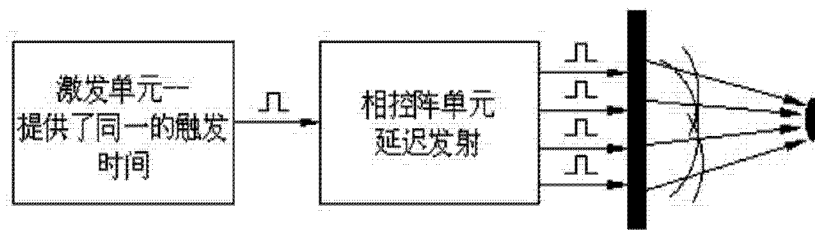


图 2a

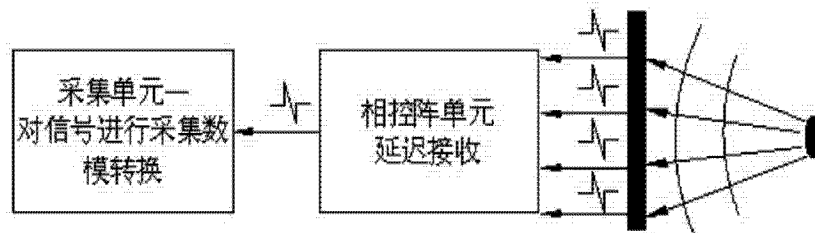


图 2b

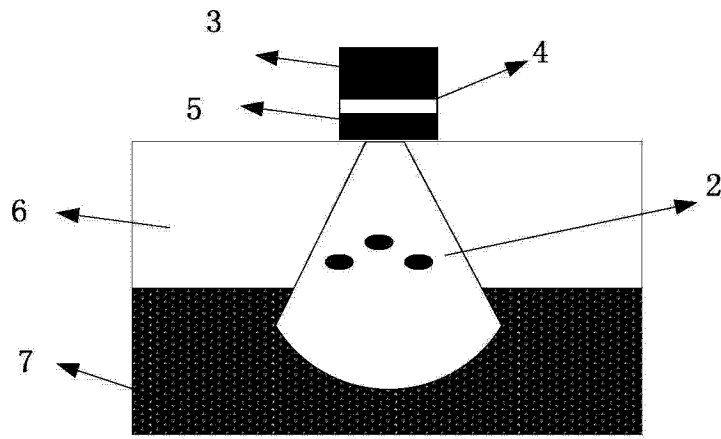


图 3

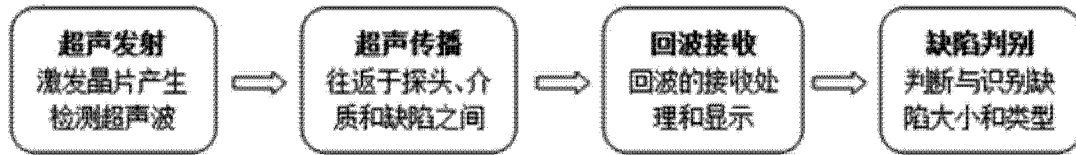


图 4

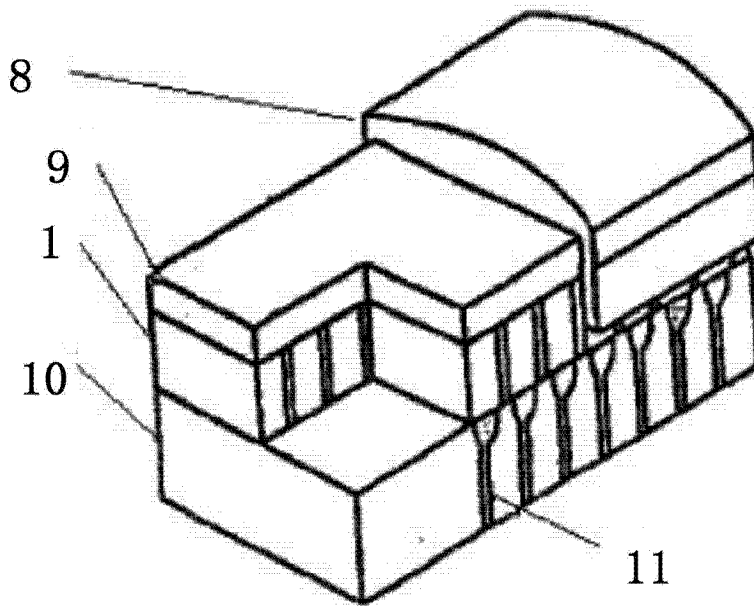


图 5

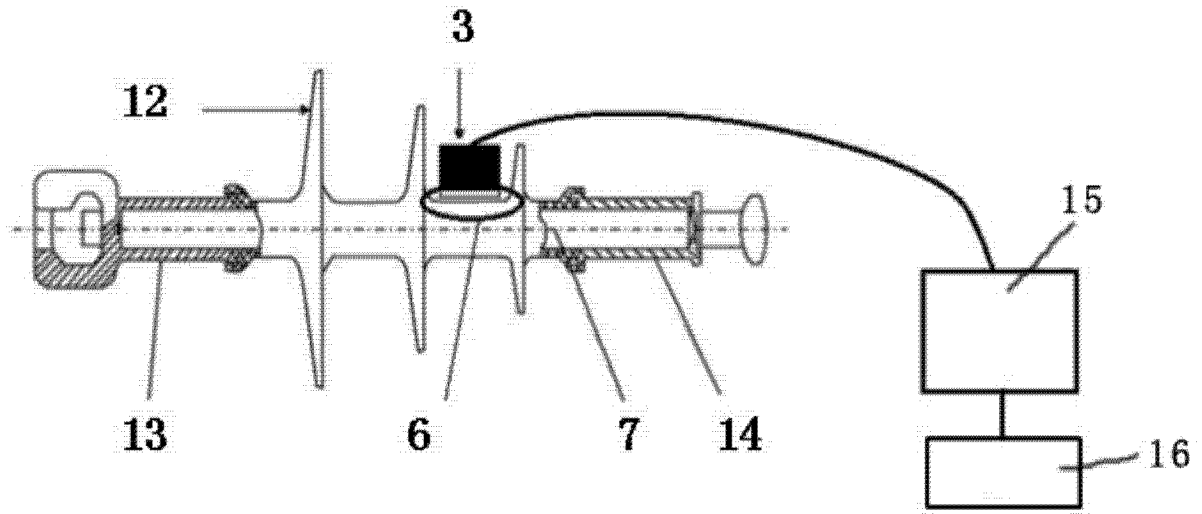


图 6