



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103868987 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 18

(21) 申请号 201210538929. 0

(22) 申请日 2012. 12. 13

(71) 申请人 上海海事大学

地址 201306 上海市浦东新区南汇新城海港大道 1550 号

(72) 发明人 张思全 刘雨

(74) 专利代理机构 上海三和万国知识产权代理事务所 (普通合伙) 31230

代理人 张民华

(51) Int. Cl.

G01N 27/90 (2006. 01)

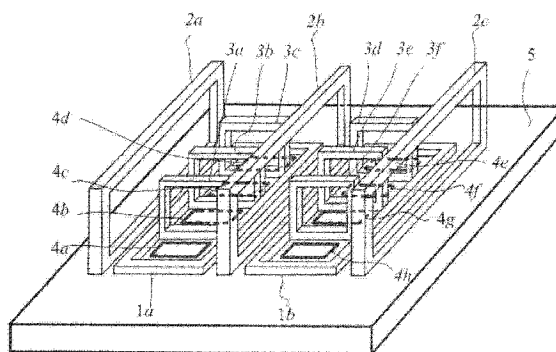
权利要求书2页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种导电结构表面多裂纹的涡流检测探头及其检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种采用阵列结构的电涡流探头,该电涡流探头用于检测金属导电结构表面多裂纹及类似缺陷。该电涡流探头由激励线圈阵列和检测线圈阵列组成,激励线圈阵列和检测线圈阵列都含有与被检测结构表面相平行的平面线圈及与被检测结构表面相垂直的垂直方向线圈。平面检测线圈位于平面激励线圈内部且二者都与被检测结构表面平行,垂直方向检测线圈与垂直方向激励线圈平面间呈 90° 夹角。垂直方向检测线圈通过感测平面激励线圈产生的涡电流受到裂纹扰动而引起的变化,可检测与垂直方向检测线圈相平行的裂纹,平面检测线圈通过感测垂直方向激励线圈产生的磁通受到裂纹扰动而引起的变化,可检测与垂直方向激励线圈相平行的裂纹。通过探头一次扫查可以检测导电结构表面一定区域内邻近分布的多个裂纹等缺陷的存在,并可根据各检测线圈获得缺陷信号特征判断裂纹数量、方向及长、宽、深度等形状信息。



1. 一种检测金属结构表面多裂纹缺陷的涡电流探头,其特征在于:包括有激励线圈阵列与检测线圈阵列;

激励线圈阵列由与被检测结构(5)表面平行的平面线圈阵列(1a)、(1b)和与被检测结构(5)表面垂直的线圈(2a)、(2b)、(2c)组成;

检测线圈阵列由与被检测结构(5)表面平行的平面线圈阵列(4a)、(4b)、(4c)、(4d)、(4e)、(4f)、(4g)、(4h)和与被检测结构(5)表面垂直的线圈阵列(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)组成。

2. 根据权利要求1所述的检测导电结构表面多裂纹的探头,其特征在于:平面激励线圈(1a)、(1b)呈矩形,且矩形的长与宽之比大于3,平面矩形激励线圈(1a)与(1b)的尺寸相同,数量至少为两个,(1a)与(1b)相互之间平行排列。

3. 根据权利要求1所述的检测导电结构表面多裂纹的探头,其特征在于:垂直方向激励线圈(2a)、(2b)、(2c)呈矩形,数量至少为三个,各线圈的尺寸相同,都垂直于被检测结构(5)表面,且相互之间平行排列;

两个平面激励线圈(1a)与(1b)位于三个垂直方向激励线圈(2a)、(2b)、(2c)之间。

4. 根据权利要求1所述的检测导电结构表面多裂纹的探头,其特征在于:垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)呈矩形,与平面激励线圈(1a)、(1b)所在平面相垂直,各垂直方向检测线圈的尺寸相同,每个平面激励线圈(1a)或(1b)上方垂直方向检测线圈的数量至少为4个,各垂直方向检测线圈之间等间距平行排列。

5. 根据权利要求1所述的检测导电结构表面多裂纹的探头,其特征在于:平面检测线圈(4a)、(4b)、(4c)、(4d)、(4e)、(4f)、(4g)、(4h)呈矩形,平行于被检测结构(5)表面,各平面矩形检测线圈的尺寸相同,位于等间距排列垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)与平面激励线圈(1a)、(1b)的边框之间。

6. 一种金属结构表面多裂纹缺陷的涡电流检测方法,其特征在于:激励线圈阵列(2a)、(2b)、(2c)与(1a)、(1b)分别在被检测结构(5)表面一个较大的区域产生不同方向的电磁场(9)与涡电流(11),在电磁场(9)与涡电流(11)的通路上,被检测结构(5)表面裂纹(6)、(7)或(8)的存在将会引起电磁场(9)与涡电流(11)的扰动;

通过平面检测线圈(4a)、(4b)、(4c)、(4d)、(4e)、(4f)、(4g)、(4h)可感测电磁场(9)的变化;

通过垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)可感测涡电流(11)的变化;

利用此探头感测线圈阵列可以同时检测导电结构(5)表面不同位置邻近分布多个裂纹(6)、(7)或(8)的存在。可以确定裂纹的数量,并根据获得裂纹信号(10)的检测线圈的不同判断裂纹的不同方向,并根据所获得缺陷信号(10)的分布及幅度可判断裂纹的形状。

7. 根据权利要求6所述的检测导电结构表面多裂纹的方法,其特征在于:在被检测导电结构(5)表面与垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)平行的裂纹(6)、(7),可以通过垂直方向检测线圈对平面激励线圈(1a)、(1b)产生的涡电流(11)受裂纹(6)或(7)扰动变化引起磁场变化的检测实现;

平面激励线圈(1a)、(1b)激发的涡电流(11)在遇到与垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)相平行的裂纹时将沿裂纹分流,这个被分流的涡电流(11)可以被与

该裂纹最近的垂直方向检测线圈检测到,体现在该线圈信号(10)的幅值变化最大。据此可知在该线圈附近有与该垂直方向检测线圈相平行的裂纹。

8. 根据权利要求6所述的检测导电结构表面多裂纹的方法,其特征在于:垂直方向激励线圈(2a)、(2b)、(2c)激发的与该线圈表面垂直的磁通(9)在遇到与垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)垂直的裂纹(8)时受到该裂纹的扰动后使磁通方向改变,将有垂直被检测结构(5)表面的磁通分量产生,这个磁通分量在平面检测线圈(4a)、(4b)、(4c)、(4d)、(4e)、(4f)、(4g)、(4h)中某一个与该裂纹最近的线圈中产生最大的信号(10)幅度,据此可知在该检测线圈附近有与垂直方向检测线圈(3a)、(3b)、(3c)、(3d)、(3e)、(3f)相垂直的裂纹(8)。

一种导电结构表面多裂纹的涡流检测探头及其检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种无损检测探头装置及缺陷检测方法,特别是涉及一种金属结构及材料表面多裂纹缺陷涡电流检测探头及其检测方法。

背景技术

[0002] 涡流检测是一种使用很广泛的无损检测技术,工作原理遵循电磁感应原理,当通有交变电流的激励线圈靠近导电材料时,将在导体材料中产生交变磁场,这称为一次磁场,同时该交变磁场会在导电材料表面感应出涡电流。导体中的涡电流也会产生磁场,称为二次磁场。导体结构表面如果在涡流流动路径上存在裂纹等缺陷,将会引起涡电流的变化,从而使涡电流所产生的二次磁场也发生变化,导致检测线圈所感测电信号发生变化。据此就可以判断导体材料表面缺陷的存在。

[0003] 涡电流检测具有速度快、对表面缺陷反应灵敏等优异性能。已在蒸汽发生器管道、核电站热交换管道等许多关键设备的检测中发挥着重要的作用。为了评估设备结构安全,要求获得导电结构表面裂纹等缺陷的数量、位置和形状等信息。传统单线圈探头采用单点往复扫查,只适于检测单裂纹缺陷,且费时费力。实际情况中,工件表面裂纹往往呈多条并发的状况,且多裂纹比单裂纹对金属结构的破坏性更大。如果不能准确判断多裂纹的数目、各自走向及形状,容易造成漏检及处置不当,可能导致严重的安全事故。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种导电结构表面多裂纹的涡流检测探头装置及检测方法。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种金属结构表面多裂纹缺陷的涡电流检测探头,该探头激励线圈与检测线圈都由线圈阵列组成;激励线圈和检测线圈阵列都包含与被检测结构表面平行的平面线圈以及与被检测表面相垂直的线圈组成。

[0006] 平面激励线圈呈矩形,且数量至少为两个,各线圈尺寸相同,相互之间平行排列。

[0007] 垂直于被检测材料表面的激励线圈呈矩形,数量至少为三个,各线圈的尺寸相同,相互之间平行排列,它们之间为两个平面激励线圈。

[0008] 垂直于被检测材料表面的检测线圈呈矩形,该检测线圈垂直于平面激励线圈表面,一个平面激励线圈上方垂直方向检测线圈的数量至少为4个,且各检测线圈的尺寸相同,相互之间等间距平行排列。

[0009] 与被检测材料表面平行的平面检测线圈数量至少为8个,各平面检测线圈呈矩形,且尺寸相同,位于等间距排列的垂直方向检测线圈与平面激励线圈边框之间。

[0010] 采用该探头检测导电结构表面多裂纹的方法如下。激励线圈阵列在被检测导电结构表面一个较大的区域产生不同方向的电磁场与涡电流,受到裂纹扰动影响将产生路径与强度的变化,通过探头中与被检测导电材料表面平行及垂直分布的多检测线圈所感测的不同电信号,可以同时检测不同位置分布的多个裂纹,不但可以确定多个裂纹的数量,而且可

以根据所获得信号的相应检测线圈种类判断其下方裂纹的方向,并根据所获得信号分布及幅度可分析裂纹的形状。

[0011] 对于导电材料表面与垂直方向检测线圈相平行的裂纹,可以通过垂直方向检测线圈对涡电流的检测实现;平面激励线圈激发的涡电流在遇到与垂直方向检测线圈相平行的裂纹时,涡电流受到扰动将沿裂纹方向分流,这个被分流的涡电流可以被与该裂纹最接近的垂直方向检测线圈检测到,体现在该线圈获得最大的信号变化幅度。据此可知在该线圈附近有与该垂直方向检测线圈相平行的裂纹。

[0012] 对于导电材料表面与垂直方向检测线圈相垂直的裂纹,可以通过如下方法检测到。垂直于被检测导体表面的激励线圈激发出与该线圈表面垂直的磁通,该磁通在遇到与垂直方向检测线圈相垂直的裂纹时将沿裂纹发生路径变化,有垂直被检测材料表面的磁通分量产生,这个磁通分量可以被最靠近该裂纹的平面检测线圈检测到,体现在该线圈获得最大的信号幅度。据此可知在该检测线圈附近有与该垂直向检测线圈相垂直的裂纹。

附图说明

[0013] 图 1 是本发明检测导电结构表面多裂纹的电涡流探头结构图。

[0014] 图 2 是本发明检测导电结构表面多裂纹的电涡流探头顶视图。

[0015] 图 3 是导电结构表面多裂纹模型顶视图。

[0016] 图 4 是本发明探头利用电磁场变化检测与垂直方向激励线圈平行的裂纹示意图。

[0017] 图 5 是本发明探头利用涡电流变化检测与垂直方向检测线圈平行的裂纹示意图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明。

[0019] 在关键设备的无损检测中,采用传统涡流探头与方法难以检测多裂纹缺陷,但多裂纹比单裂纹对金属结构的破坏性更大。因此需要提高对多裂纹的数目、方向及形状检测的能力,避免发生漏检导致安全事故的发生。

[0020] 参见图 1、图 2 所示为本发明导电结构表面多裂纹电涡流检测探头结构图。该电涡流探头包括有激励线圈阵列与检测线圈阵列;激励线圈阵列由与被检测结构 5 表面平行的平面线圈 1a、1b 和与被检测面垂直的线圈 2a、2b、2c 组成。检测线圈阵列由与被检测结构 5 表面平行的平面线圈阵列 4a、4b、4c、4d、4e、4f、4g、4h 和与被检测结构 5 表面垂直的线圈 3a、3b、3c、3d、3e、3f 组成。

[0021] 平面激励线圈 1a、1b 呈矩形,1a 与 1b 尺寸相同,相互之间平行排列。

[0022] 垂直方向激励线圈 2a、2b、2c 呈矩形,尺寸相同,垂直于被检测结构 5 表面,相互之间平行排列。两个平面激励线圈 1a 与 1b 位于三个垂直方向激励线圈 2a、2b、2c 之间。

[0023] 垂直方向检测线圈 3a、3b、3c、3d、3e、3f 呈矩形,垂直于被检测结构 5 表面,且与平面激励线圈 1a、1b 所在平面相垂直,各垂直方向检测线圈尺寸相同且相互之间等间距平行排列。

[0024] 平面检测线圈 4a、4b、4c、4d、4e、4f、4g、4h 呈矩形,平行于被检测结构 5 表面,各平面矩形检测线圈的尺寸相同,位于等间距排列垂直方向检测线圈 3a、3b、3c、3d、3e、3f 与平面激励线圈 1a、1b 边框之间。

[0025] 图3所示是导电结构表面多裂纹模型。相互间距离很近的二条或二条以上裂纹称为多裂纹,图3中在导电结构5表面示出多裂纹6、7、8。其中裂纹6与7平行且呈水平方向排列。裂纹8呈垂直方向排列。

[0026] 图4所示为通过本发明涡电流探头扫查,利用探头的垂直方向激励线圈与平面检测线圈来检测与垂向激励线圈平行的表面裂纹缺陷。图4A中示出探头中与被检测结构5表面垂直的激励线圈2b、2c以及一个与被检测结构5表面平行的检测线圈4e。为了检测表面裂纹8,按如下步骤执行扫查程序。探头沿与激励线圈绕组2b、2c平面垂直的方向扫查,激励线圈2b、2c内部交变电流产生的磁通9有部分通过被检测导电材料5,由于在被检测材料5表面存在裂纹8,且裂纹8的方向与扫描方向相垂直,磁通9的路径将受到裂纹8的干扰,在被测材料5表面上方的磁通变得无序。一些垂直方向的磁通会通过检测线圈4e,并在检测线圈4e中产生一个电动势,该电动势体现为缺陷信号10。如果在探头扫查过程中,如图4B、4D所示,检测线圈绕组4e的边缘分别接近裂纹8,检测线圈就会分别获得一个相反极性的缺陷信号10。如果如图4C所示,检测线圈4e的中心经过裂纹8,则进出检测线圈的磁通量9相抵消,就不会在检测线圈4e中产生电动势,此时缺陷信号10为零。

[0027] 图5所示为在被检测材料5表面有一个与扫描方向相平行的裂纹7。平面激励线圈1a、1b绕组在其下方被测材料5中产生涡电流11的方向与激励绕组1a、1b内部交变电流的方向有关。因此,涡电流流动回路的一边与裂纹7垂直,涡电流11的流动受到裂纹7的干扰。因此,涡电流11产生的二次磁通被扰动,随着探头沿扫查方向移动,如图5A、5C所示,当检测线圈3e接近及离开裂纹7时,流过检测线圈3e两边的磁通不对称,在检测线圈3e两边产生电动势不同,在检测线圈3e中产生一个总的电动势,并体现为一个缺陷信号10,并且两种情况获得电动势极性相反。如果如图5B所示,检测线圈3e位于裂纹7的中心,则涡电流的流动对称于检测线圈3e,这样,通过检测线圈3e的磁通量就是平衡的,就不会产生表示缺陷信号的电动势。

[0028] 图5D所示为利用本发明探头的垂直方向阵列检测线圈检测材料5表面一个与扫描方向相平行的裂纹7,图5D中有三个垂直方向检测线圈3d、3e、3f,检测线圈3e与裂纹7最接近,在按一定方向扫查过程中所获得的缺陷信号幅度最大。检测线圈3f与3e在裂纹7的同一侧,但距离裂纹7较远,在扫查过程中所获得的信号幅度小于检测线圈3e获得的缺陷信号。检测线圈3d位于裂纹7的另一侧,所获得的缺陷信号极性与3e、3f相反,且幅度介于3e与3f之间。因此,根据不同检测线圈所获得信号幅度,可以判断裂纹所处的位置。

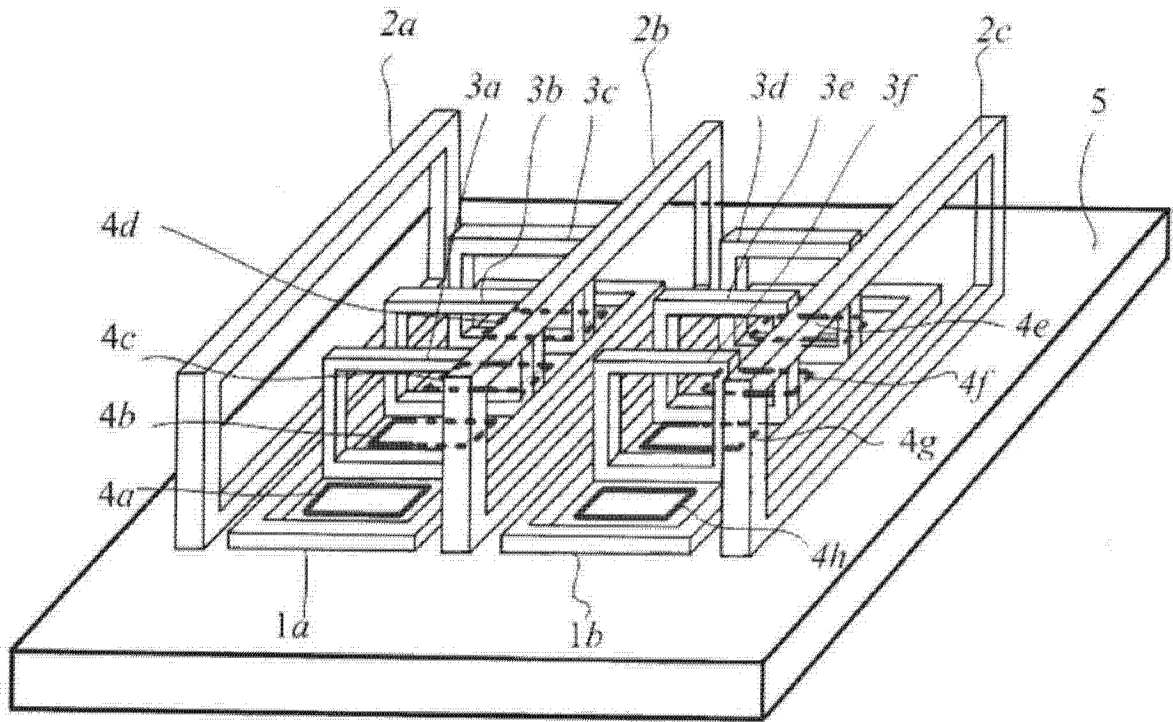


图 1

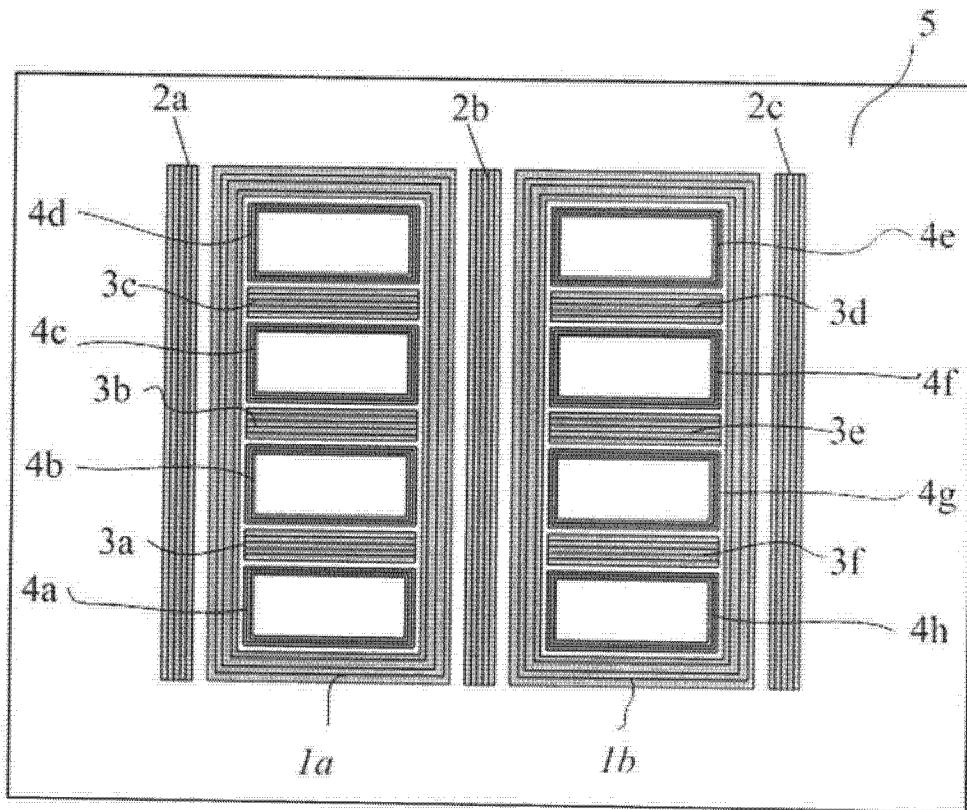


图 2

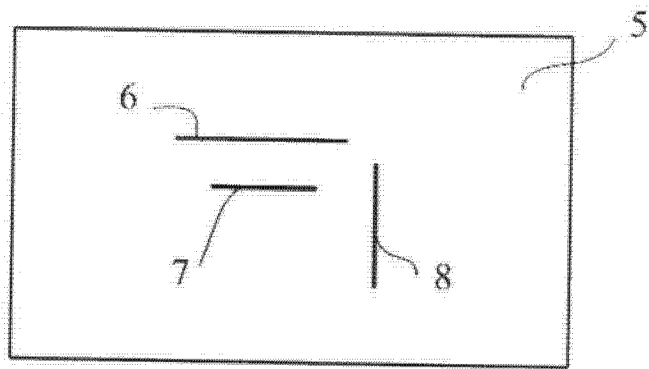


图 3

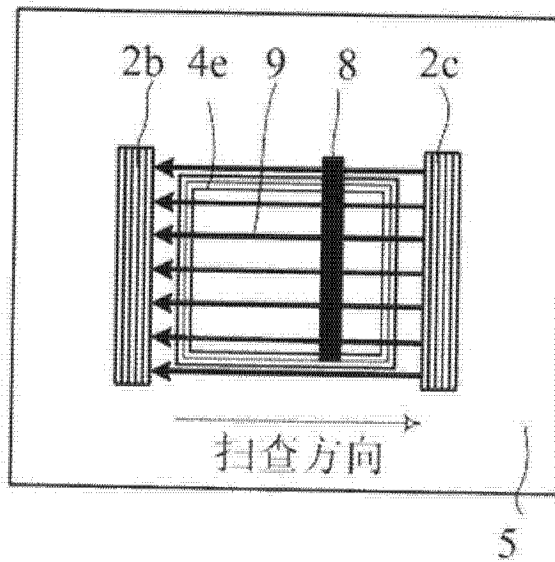


图 4A

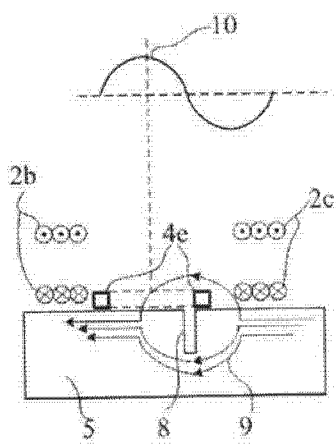


图 4B

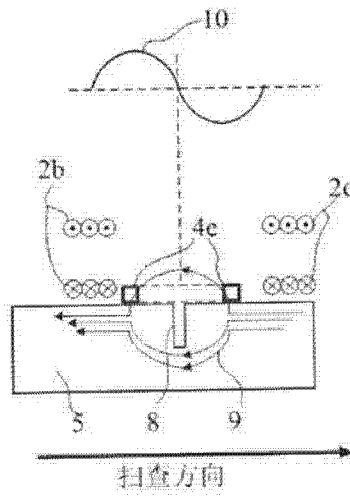


图 4C

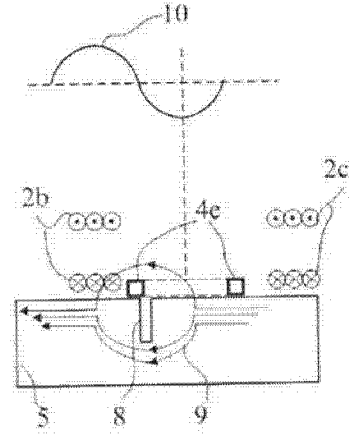


图 4D

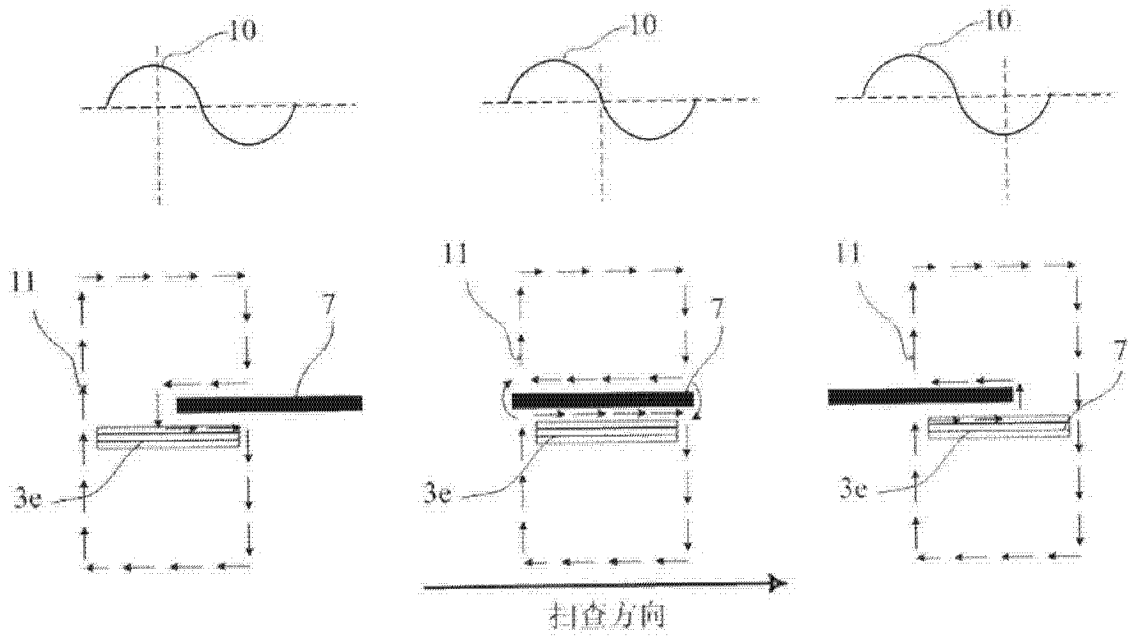


图 5A

图 5B

图 5C

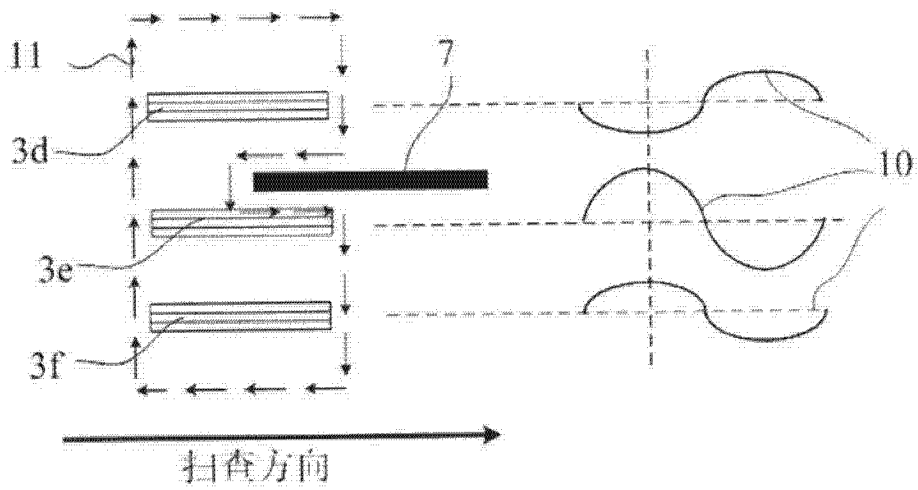


图 5D