



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103670387 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310680966. X

(22) 申请日 2013. 12. 12

(71) 申请人 贝兹维仪器(苏州)有限公司

地址 215163 江苏省苏州市苏州高新区科灵
路 78 号软件园 5 号楼 102 室

(72) 发明人 刘策

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理
有限公司 11250

代理人 张杰

(51) Int. Cl.

E21B 49/00(2006. 01)

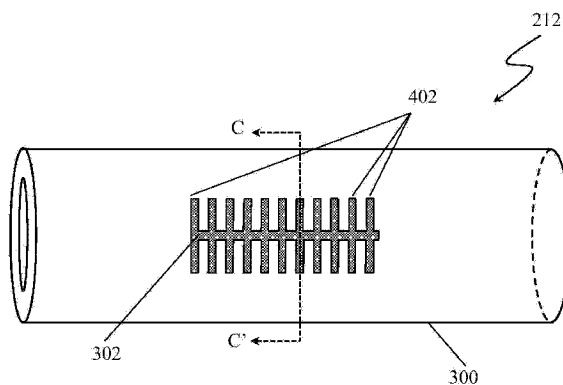
权利要求书1页 说明书6页 附图10页

(54) 发明名称

一种地层定向电阻率测量方法及装置

(57) 摘要

本发明涉及地质勘探技术领域,特别涉及一种进行地层定向电阻率测量的方法及装置。该方法,包括步骤:在井眼中旋转电阻率测量工具;通过配置在所述电阻率测量工具上的第一槽缝天线发出电磁信号;接收来自安放在所述电阻率测量工具上的第二槽缝天线的电磁信号;获得所述电阻率测量工具的一个旋转周期内所述第二槽缝天线上感生电压的正弦波;推导出一地层边界的方向信息;获得所述电阻率测量工具的一个旋转周期内所述第二槽缝天线上感生电压的峰值振幅和谷值振幅和旋转角度;推导出地层边界的距离和方向信息。本发明提供的进行地层定向电阻率测量的方法,操作步骤简单有效,相比现有技术,更为经济节约和容易生产,提高了技术水准。



1. 一种地层定向电阻率测量方法,其特征在于,包括以下步骤:
在钻孔里旋转电阻率测量仪;
通过配置在电阻率测量仪中的第一缝隙天线发射电磁信号;
配置在电阻率测量仪中的第二缝隙天线接收电磁信号;
在电阻率测量仪的一个旋转周期内,获取第二缝隙天线感生电压的正弦波,
获得所述电阻率测量仪的一个旋转周期内所述第二缝隙天线上感生电压的峰、谷振幅和旋转角度;
推导出地层边界的距离和方向信息。
2. 根据权利要求1所述的地层定向电阻率测量方法,其特征在于:内部具有导线的所述第一缝隙天线和内部具有导线的所述第二缝隙天线配置在所述电阻率测量仪外表面上的凹口。
3. 根据权利要求2所述的地层定向电阻率测量方法,其特征在于,导线将凹口端壁与位于凹口另一端的同轴连接器的中心导体电连接,形成磁偶极子,产生磁场。
4. 根据权利要求3所述的进行地层定向电阻率测量的方法,其特征在于,通过所述同轴线连接件将凹口的电线与一电路连接起来,用于发射信号。
5. 一种地层定向电阻率测量装置,其特征在于,包括:
带纵向轴和外表面的电阻率测量仪;
在所述电阻率测量仪外表面形成,并且基本平行于电阻率测量仪纵向轴线的多条缝隙;
设置在所述缝隙里并且与所述缝隙的端壁电连接的多条导线,形成磁偶极子天线;
所述磁偶极子天线形成至少一个发射-接收天线组,用于执行电磁信号的发射和接收。
6. 根据权利要求5所述的地层定向电阻率测量装置,其特征在于,还包括同轴连接器,将所述导线与一个电路连接起来,用于处理待发射或接收的电磁信号。
7. 根据权利要求5-6任一所述的地层定向电阻率测量装置,其特征在于,还包括在所述电阻率测量仪表面形成、并且横跨凹口的多条沟槽,用于加强电磁信号的发射和接收。
8. 根据权利要求5-7任一所述的地层定向电阻率测量装置,其特征在于,所述沟槽与电阻率测量仪上的缝隙正交。
9. 根据权利要求5-7任一所述的地层定向电阻率测量装置,其特征在于,在所述缝隙里填充有导磁材料。
10. 根据权利要求5-7任一所述的地层定向电阻率测量装置,其特征在于,在所述缝隙里填充有防护材料。

一种地层定向电阻率测量方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及地质勘探技术领域,具体而言,涉及一种地层定向电阻率测量方法及装置。

背景技术

[0002] 在石油工业领域,众所周知的使用电气测量方法采集井下信息的方法有多种,如随钻测井(“LWD”),随钻测量(“MWD”)。此类技术早已用来获取地层电阻率(或电导率;术语“电阻率”和“电导率”,但在本发明中可通用)和各种岩石物理模型(如 Archie 定律),以助于确定地层以及相应流体的岩石物理性质。在现有技术中,电阻率是确定多孔地层中油气(如原油或天然气)和水含量的重要参数。尽量让钻井孔保持产油层(含烃层)里,以尽可能最大限度地提高采收率。

[0003] 随着现代钻井技术和测井技术的发展,水平钻井,即钻井和地质层至少成一角度,越来越普遍,因为它可以提高产油层(含烃层)的暴露长度,以最大程度地把钻井孔保持在产油层(含烃层)里,尽可能最大限度地提高采收率。因此,具备方位敏感性的定向电阻率测量仪是后续钻井转向必须的。转向决定可以根据地层边界识别测量结果,地层角检测和断裂特性做出。

[0004] 定向电阻率测量通常包括发射和/或接收横向(x-型或y-型)或混合型(比如混合x-和z-型)电磁波。在进行此类测量中可采用各种类型的天线配置,比如如图1A所示的横线天线配置(x-型),如图1B所示的双平面天线配置,如图1C所示的鞍形天线配置(x-型和z-型,混合型),以及如图1D所示的倾斜天线。图1A中的横向天线的磁矩所指示的方向垂直于定向电阻率测量仪的纵向轴,其上配有纵向天线。双平面天线、鞍形天线和倾斜天线配置如图1B、1C和1D所示,能发射或接收磁场的横向分量,进行方位电阻率测量。

[0005] 如上所述,尽管定向电阻率测量仪已经被商业上使用,但是这些测量仪的精度不高,作用距离短,仍然需要对电阻率测量仪的天线配置进行改进。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种地层定向电阻率测量方法及装置,以解决目前测量仪的精度不高,作用距离短的问题。

[0007] 在本发明的实施例中提供了磁偶极子天线,配置在带纵向轴和外表面的电阻率测量仪,包括:

[0008] 在电阻率测量仪外表面形成的凹口,配置在电阻率测量仪外表面下方的同轴线接插件,以及安放在凹口里的电线,通电后与凹口的端墙连接,凹口另一端的同轴线接插件中心导线,凹口和电线形成磁偶极子,发射或接收电磁信号。

[0009] 在其中一个实施例中,磁偶极子天线还包括填充在凹口里的导磁材料。

[0010] 在其中一个实施例中,导磁材料为磁性材料,用于加强磁偶极子的发射和接收。

[0011] 在其中一个实施例中,磁性材料选自含铁氧体材料、不导电的磁性合金、铁粉和镍

铁合金的材料群。

[0012] 在其中一个实施例中,磁偶极子天线还包括填充在凹口的防护材料。

[0013] 在其它实施例中,防护材料为环氧树脂。

[0014] 在其它实施例中,凹口为圆形。

[0015] 在其它实施例中,凹口为矩形。

[0016] 在其它实施例中,磁偶极子天线还包括在电阻率测量仪表面形成,并且横跨凹口的多条沟槽,用于加强电磁信号的发射和接收。

[0017] 在其它实施例中,沟槽为椭圆形。

[0018] 本发明实施例还提供一种用于地层定县电阻率测量的装置,包括:

[0019] 带纵向轴和外表面的电阻率测量仪,在电阻率测量仪外表面形成,并且大体上平行于电阻率测量仪纵向轴线的多条缝隙,以及放置在缝隙中的多条电线,通电后与缝隙的端壁连接,形成磁偶极子天线,磁偶极子天线形成至少一个发射机-接收机天线组,用于执行电磁信号的发射和接收。

[0020] 在其中一个实施例中,该装置还包括一条同轴线接插件,将电线与电路连接起来,用于处理待发射或接收的电磁信号。

[0021] 在其中一个实施例中,该装置还包括在电阻率测量仪表面形成,并且横跨凹口的多条沟槽,用于加强电磁信号的发射和接收。

[0022] 在其中一个实施例中,所述沟槽大体上横切电阻率测量仪的缝隙。

[0023] 在其它实施例中,该装置还包括填充在缝隙里的导磁材料。

[0024] 在其它实施例中,该装置还包括填充在缝隙里的防护材料。

[0025] 本发明上述用于地层定向电阻率测量的装置,由于提供了一种结构简单易于操作的磁偶极子天线和基于该天线的装置,相比现有技术,精度更高,作用距离更广。

附图说明

[0026] 图 1A 所示为常规电阻率测量仪中横向环形天线的已有技术;

[0027] 图 1B、1C、1D 所示为可以放射或接收磁场横向分量,进行方位电阻率测量的天线实施例的已有技术;

[0028] 图 2 所示为配有一个常规随钻测井系统的定向电阻率测量仪正面图;

[0029] 图 3A 所示为在本发明的其中一个实施例中,如图 2 所示的带缝隙天线的定向电阻率测量仪的透视图;

[0030] 图 3B 所示为沿 AA' 的如图 3A 所示的缝隙天线的剖面图;

[0031] 图 3C 所示为沿 BB' 的如图 3A 所示的缝隙天线的剖面图;

[0032] 图 4A 所示为在本发明的其它实施例中,配有缝隙天线和多条横向缝隙的定向电阻率测量仪;

[0033] 图 4B 所示为沿 CC' 的缝隙天线剖面图;

[0034] 图 5A 所示为在本发明的其中一个实施例中带一对发射机天线和接收机天线的定向电阻率测量仪的透视图;

[0035] 图 5B 所示为在本发明的其它实施例中,带一对发射机天线和接收机天线,配有多条横向缝隙的定向电阻率测量仪的透视图;

- [0036] 图 6A 所示为如图 5B 所示的发射机天线生成的发射矢量磁场；
- [0037] 图 6B 所示为如图 5B 所示的发射机天线在方位平面上形成的放射磁场强度；
- [0038] 图 7 所示为在本发明的其中一个实施例中，在仿真模型中运作图 5B 中的定向电阻率测量仪的示意图，用于展示定向电阻率测量仪的方位敏感性；
- [0039] 图 8A 所示为接收机天线感生电压虚部数据图对比定向电阻率测量仪旋转角度在图 7 中的模型的仿真结果；
- [0040] 图 8B 所示为接收机天线上感生电压的实部对比定向电阻率测量仪旋转角度模型的仿真结果；
- [0041] 图 9 所示为接收机天线感生电压振幅数据图对比电阻率界面距离在图 7 中的模型的仿真结果；
- [0042] 图 10 所示为在本发明的其中一个实施例中进行定向电阻率测量的流程图。

具体实施方式

[0043] 下面通过具体的实施例子并结合附图对本发明做进一步的详细描述。

[0044] 图 2 所示为在本发明的其中一个实施例中配有一个常规随钻测井系统 200 定向电阻率测量仪 212 的正面图。常规随钻测井系统 200 包括钻机 202、钻柱 206、钻头 210 和定向电阻率测量仪 212。钻柱 206，在钻机 202 的支持下，可从表面 204 伸入到井眼 208 中。钻柱 206 可带上钻头 210 和定向电阻率测量仪 212，在钻井过程中进行地层的地质特性测量。

[0045] 在其中一个实施例中，钻柱 206 也包括泥浆脉冲遥测系统、钻井电机、测量传感器，比如核测井仪和方位角传感器，比如加速计、回旋仪或磁力计，加快周围地层的测量。当然，钻柱 206 可以与起重设备组合在一起，用于举起或放下钻柱 206。

[0046] 在本发明中，定向电阻率测量仪 212 不仅仅可以运用在随钻测井系统（“LWD”，Logging While Drilling）中，也可以应用到随钻测量系统（“MWD”，Measure While Drilling）和试井应用中。当然，定向电阻率测量仪 212 也可在任何钻井环境下使用，岸上或近海，也可与各种钻井平台一起使用，包括但不限于固定、浮式和半潜平台。

[0047] 图 3A 所示为在本发明的其中一个实施例中如图 2 所示的定向电阻率测量仪 212 的透视图。定向电阻率测量仪 212 可包括配置在其上的缝隙天线 302。

[0048] 图 3B 所示为沿 AA' 的如图 3A 所示的缝隙天线 302 的剖面图。缝隙天线 302 可以包括定向电阻率测量仪 212 外表面上形成的凹口 304，带一条电线 306 安放在里面。电线 306 通电后可以将凹口 304 的端墙 308，凹口 304 另一端的同轴线接插件 310 的中心导线。同轴线接插件 310 可以将凹口 304 里的电线 306 与电路室 312 连接起来，可安放在凹口 304 外面和定向电阻率测量仪 212 外表面 300 下面。电路室 312 可以配上发射机和接收机电路，用于处理待发射或接收的电磁信号。

[0049] 在其中一个实施例中，缝隙天线 302 不仅仅可以平行于测量仪轴线，也可以沿着其它方向，比如垂直于测量仪轴线或位于测量仪轴线的任何角度。

[0050] 在其中一个实施例中，导磁材料 314 可以填充在凹口 304 里，加强缝隙天线 302 发射和接收能力。导磁材料 314 可以为磁性材料，可以放在中线和凹口底部之间。磁性材料可以但不限于铁氧体材料、不导电的磁性合金、铁粉和镍铁合金。

[0051] 在其中一个实施例中，防护材料 316 可以填充在凹口 304 里。防护材料 316 可以

用于保护缝隙天线 302,防止在钻井过程中被损坏。防护材料可以但不限于环氧树脂,可放在导磁材料上面。

[0052] 图 3C 所示为沿 BB' 的如图 3A 所示的缝隙天线 302 的剖面图。凹口 304 的形状可以多种多样,比如圆形、矩形或任何其他形状。

[0053] 图 4A 所示为在本发明的其它实施例中配有一条缝隙天线 302 和多条横向缝隙 402 的定向电阻率测量仪。多条横向缝隙 402 可以在定向电阻率测量仪 212 的外表面 300 上,横跨凹口 304,增加定向电阻率测量仪 212 的凹陷 / 透磁区。那样,可增强缝隙天线 302 的发射和接收效率。

[0054] 图 4B 所示为沿 CC' 的缝隙天线 302 的剖面图。凹口 402 的形状可以多种多样,比如圆形、矩形、椭圆形或任何其他形状。

[0055] 图 5A 所示为在本发明的其中一个实施例中,带一对发射机天线 500 和接收机天线 502 的定向电阻率测量仪 212 的透视图。发射机天线 500 和接收机天线 502 可以安放在定向电阻率测量仪 212 上,配置成缝隙天线 302,如图 3A、3B 和 3C 所示。发射机天线 500 和接收机天线 502 的方向可大体上平行于定向电阻率测量仪 212 的纵向轴,彼此之间间隔一个轴向距离。根据互换原理,每条天线只要与适当的发射机或接收机电路连接起来,即可作为发射机天线或接收机天线。

[0056] 图 5B 所示为在本发明的其中一个实施例中,带一对发射机天线 500 和接收机天线 502 的定向电阻率测量仪 212 的透视图,可配上多条横向缝隙 402。横向缝隙 402 增强发射机天线 500 和接收机天线 502 的发射和接收能力,如图 4A 和 4B 所示。

[0057] 在任何时候,都不得将本发明限制在任何特殊几何图形里,此类缝隙天线和缝隙的数量也不得有所限制。

[0058] 在其中一个实施例中,发射机天线 500 或接收机天线 502 可以用其它任何类型 / 形状的天线替换。

[0059] 图 6A 所示为如图 5B 所示的发射机天线 500 产生的发射矢量磁场。多箭头 600 可指示磁场的极性。区域 602,即虚线圈出来的面积,指示发射机天线 500 前面的磁场极性,其轴沿 x 方向。区域 602 里的多箭头 600 可以指示发射机天线 500 前面的磁场几乎已经沿着方位角方向极化,并且模拟 y- 向磁偶极子的磁场。根据互换原理,相应的接收机天线 502 对出现在区域 602 里的夹角 604 里面的地层界面更为敏感。

[0060] 图 6B 所示为如图 5B 所示的发射机天线 500 在方位平面下生成的放射磁场强度。可以指示大部分电磁信号的能量沿着夹角 604 里的正前方从发射机天线 500 (正 x 向) 发射出。鉴于图 6A 和 6B 中的磁场极化类型和辐射能类型,可得出以下结论:在本发明的其中一个实施例中的缝隙天线配置适用于定向电阻率测量。

[0061] 操作过程中,配有缝隙天线的发射机天线 500 和接收机天线 502 可以作为磁偶极子,发射 / 接收电磁信号。因此,缝隙天线 302 也可称为缝隙磁偶极子天线。在钻井过程中,当定向电阻率测量仪接近电阻率界面时,接收机天线 502 上的感生电压可以反映出是否存在该界面 (通过振幅衰减和移相的变化),如已有技术。此外,接收机天线 502 感生电压在定向电阻率测量仪 212 旋转时的正弦变化可以指示电阻率界面的方向,因为带缝隙天线配置的天线前面的磁场几乎已经沿着方位角方向极化。

[0062] 图 7 所示为在本发明的其中一个实施例中,在仿真模型 700 中操作的定向电阻率

测量仪 212, 如图 5B 所示, 用于展示定向电阻率测量仪 212 的方位敏感性, 图 8A、8B 和 9 所示为图 7 中模型 700 的仿真结果。在图 7 中, 模型 700 可包含一个 3D 立方体, 被垂直电阻率界面 706 划分为两个部分。左边部分 702 的电阻率为 10 欧姆-米, 右边 704 的电阻率为 1 欧姆-米。定向电阻率测量仪 212 可包括在左边部分 702 里面, 并朝着电阻率界面 706 的正 x 方向旋转。

[0063] 图 8A 所示为, 接收机天线 502 感生电压虚部数据图对比定向电阻率测量仪 212 旋转角度在图 7 中的模型 700 的仿真结果。图 8B 所示为, 接收机天线 502 上感生电压的实部对比定向电阻率测量仪 212 旋转角度在图 7 中模型 700 的仿真结果。图 8A 和 8B 所示为当定向电阻率测量仪 212 靠近电阻率界面 (5 英尺) 706 时, 接收机天线 502 上的感生电压的虚部和实部开始沿着定向电阻率测量仪 212 的旋转角度发生正弦变化。那样, 可以识别电阻率界面 706 是否沿前面的方向 (正 x 方向), 出现在定向电阻率测量仪 212 的路径上。

[0064] 图 9 所示为图 7 中, 接收机天线 502 感生电压振幅数据图对比电阻率界面 706 距离的模型 700 的仿真结果。根据图 9, 定向电阻率测量仪 212 越靠近电阻率界面 706, 则反应在接收机天线 502 上的感生电压振幅越大。事实上, 接收机天线 502 与电阻率界面 706 之间的距离可以推导出来, 作为接收机天线 502 上测得的感生电压振幅的函数 (“最高电压”, “ V_{max} ”), 相邻地层电阻率 (“ R_1, R_2 ”), 介电常数 (“ ϵ_1, ϵ_2 ”), 和渗透率 (“ μ_1, μ_2 ”) 如下。

[0065] $d=f(V_{max}, R_1, R_2, \epsilon_1, \epsilon_2, \mu_1, \mu_2)$ (1)

[0066] 在低频率和无磁性地层中, 周围地层的电阻率在决定边界距离中扮演主导地位。方程 (1) 可以简化为方程 (2)。

[0067] $d=f(V_{max}, R_1, R_2)$ (2)

[0068] 可预先针对最高电压和相邻地层电阻率, 通过在定向电阻率测量仪 212 里进行模型正演建立一个三维查看表, 提高定向测量的效率。正演模型可为传感器在不同环境和不同电性能下提供一整套数学关系。接收机天线 502 测得的最高电压可以作为三维查看表的输入数据, 定向电阻率测量仪 212 到电阻率界面 706 之间的距离可通过已知或推导出来的周围底层电阻率生成, 可预先建立在表格中或者从其它与定向电阻率测量仪 212 耦合的设备中测得。

[0069] 如上所示, 接收机天线 502 上的正弦变化感生电压可以作为周围地层电特性的指示数据, 包括但不限于距离电阻率界面 706 的距离和电阻率界面 706 的方向。因此, 带缝隙天线配置的定向电阻率测量仪 212 具有方位敏感性, 可以为后续钻井做出方向指示。

[0070] 图 10 表示在本发明的其中一个实施例中, 进行定向电阻率测量 1000 的示范性流程图。步骤包括:

[0071] 1002: 在井眼中旋转电阻率测量仪;

[0072] 1004: 通过配置在电阻率测量仪上的第一缝隙天线发出电磁信号;

[0073] 1006: 接收通过配置在电阻率测量仪上的第二缝隙天线发出电磁信号;

[0074] 1008: 获得电阻率测量仪的一个旋转周期内第二缝隙天线上感生电压的正弦波;

[0075] 1010: 推导出某一地层边界的方向信息;

[0076] 1012: 获得电阻率测量仪的一个旋转周期内第二缝隙天线上感生电压的峰值振幅和谷值振幅和旋转角度;

[0077] 1014 :推导出地层边界的距离和方向信息。

[0078] 在其中一个实施例中,将内部带电线的所述第一缝隙天线和内部带电线的所述第二缝隙天线放在电阻率测量仪外表面上的凹口。

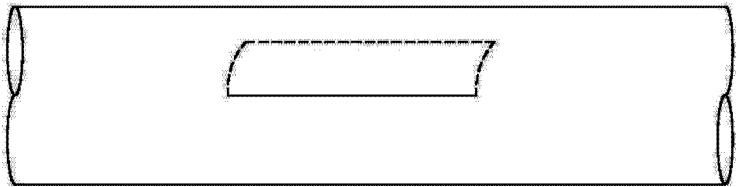
[0079] 在其中一个实施例中,将所述电线通电后与凹口的端墙连接,同轴线接插件的中心导线位于凹口的另一端,作为磁偶极子产生磁场。

[0080] 在其中一个实施例中,同轴线接插件可以将凹口的电线与某一电路连接起来,用于发射信号,可安放在凹口外面和电阻率测量仪外表面下方。

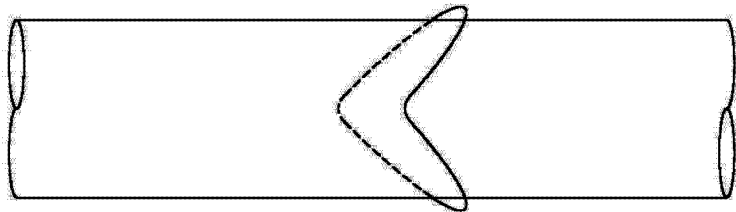
[0081] 在任何时候,都不得将本发明限制在任何特殊步骤顺序内或者要求图 10 中的任何特殊步骤。

[0082] 显然,本领域的技术人员应该明白,上述本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现,它们可以集中在单个的计算装置上,或者分布在多个计算装置所组成的网络上,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样,本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

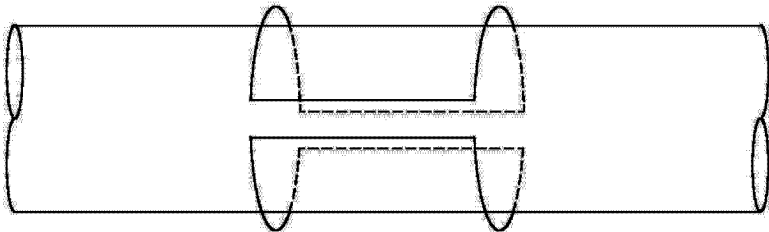
[0083] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



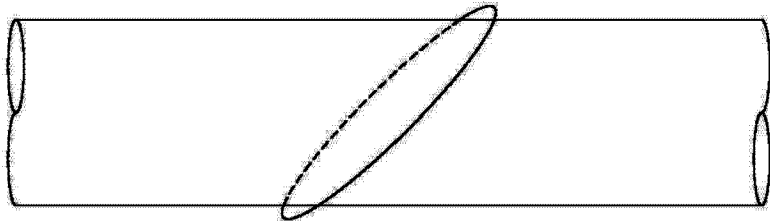
A



B



C



D

图 1

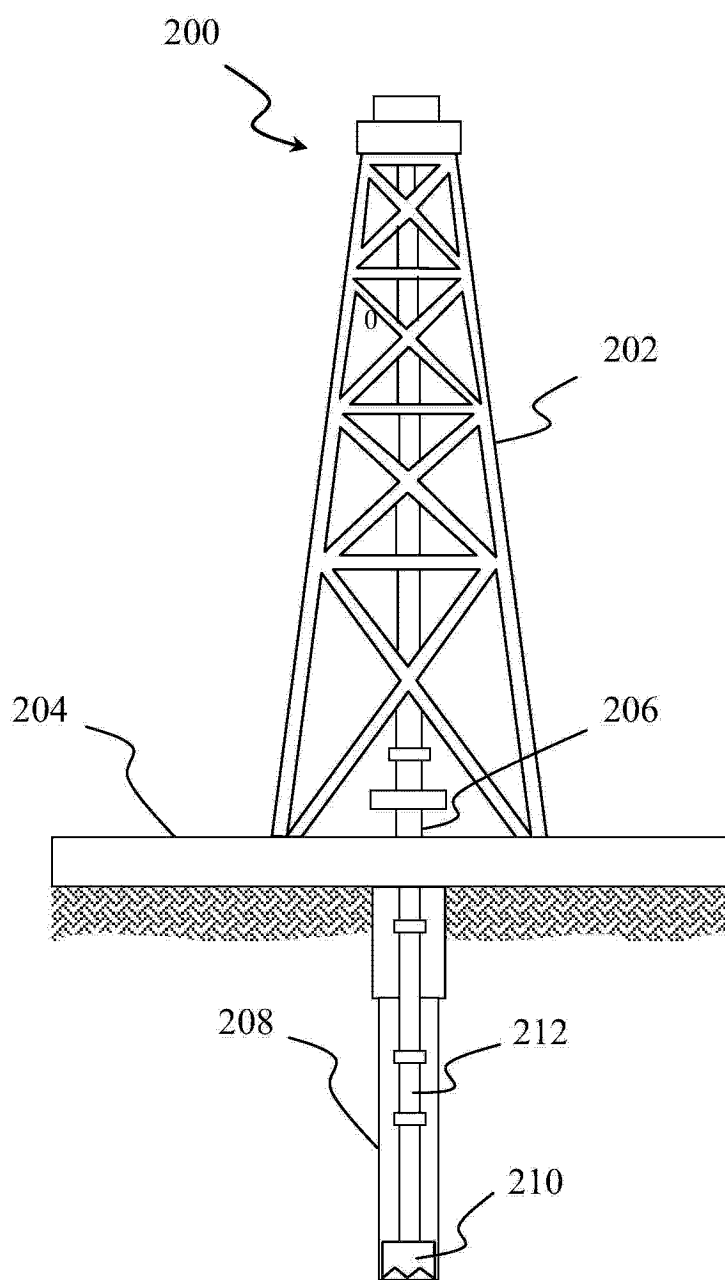


图 2

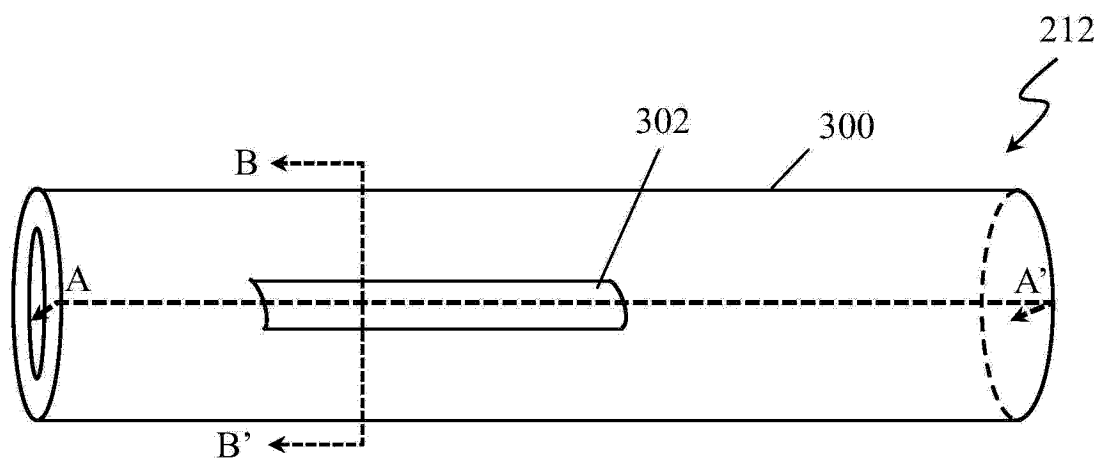


图 3A

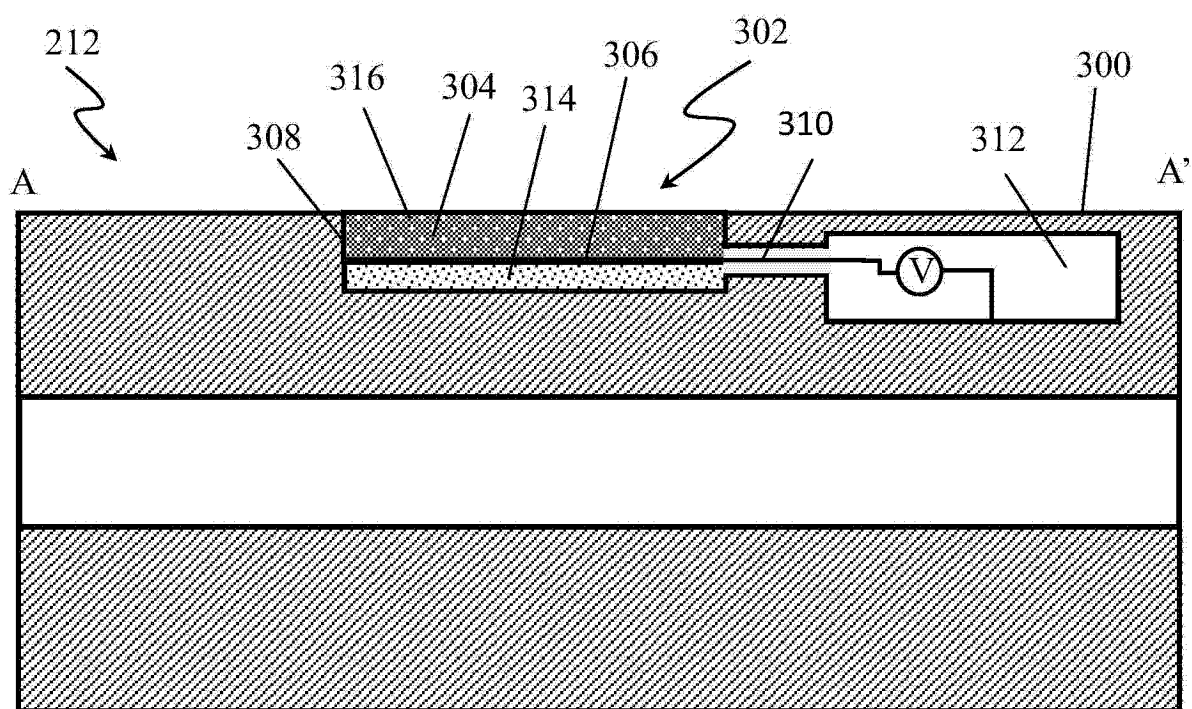


图 3B

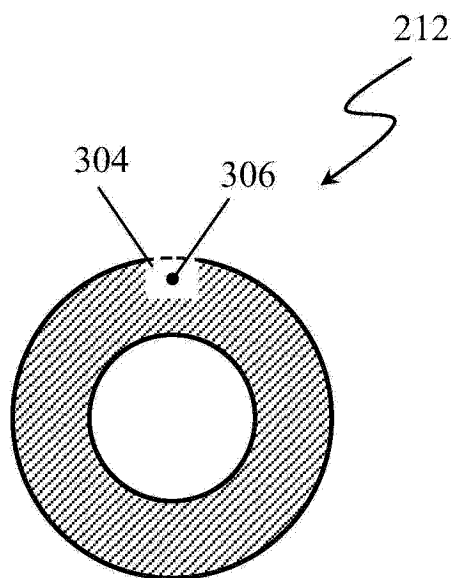


图 3C

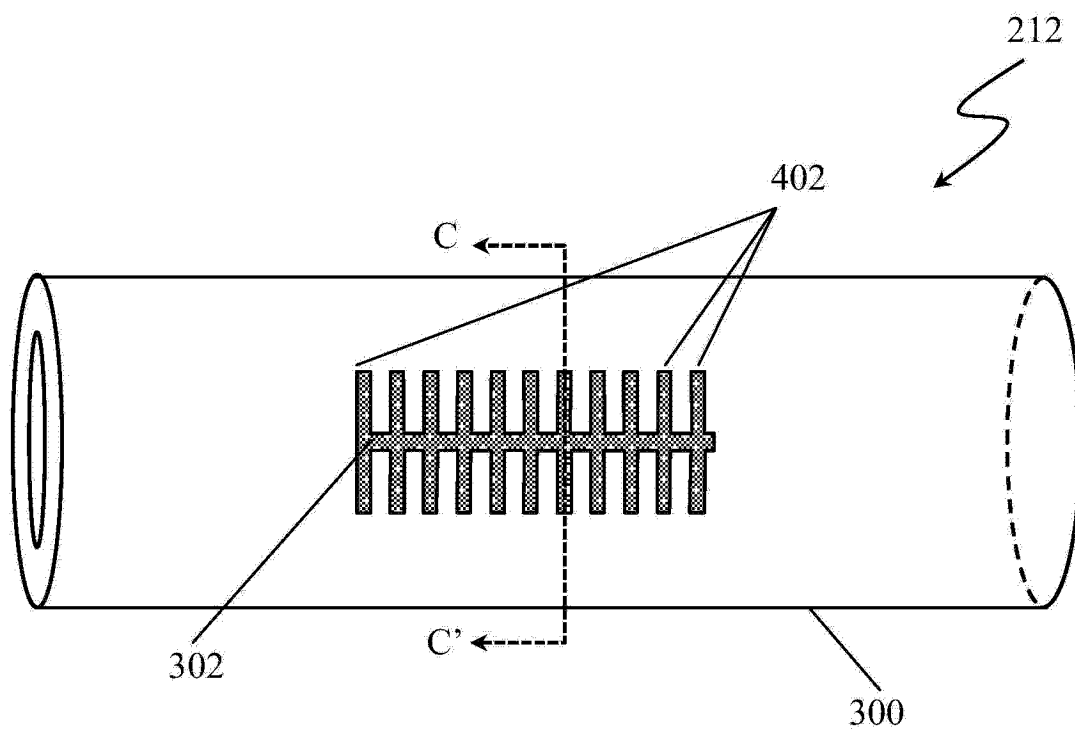


图 4A

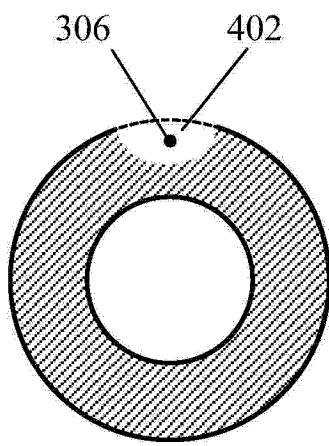


图 4B

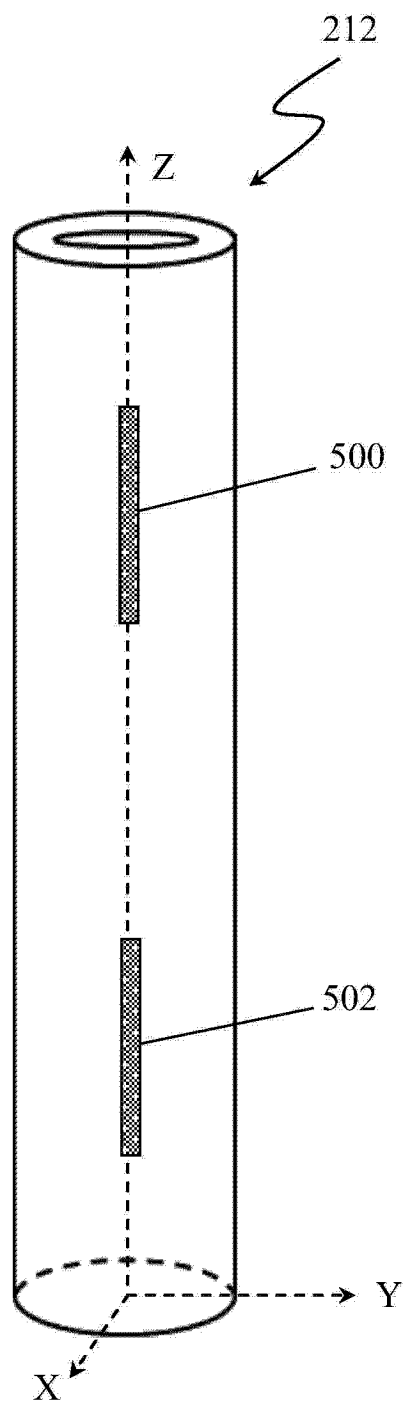


图 5A

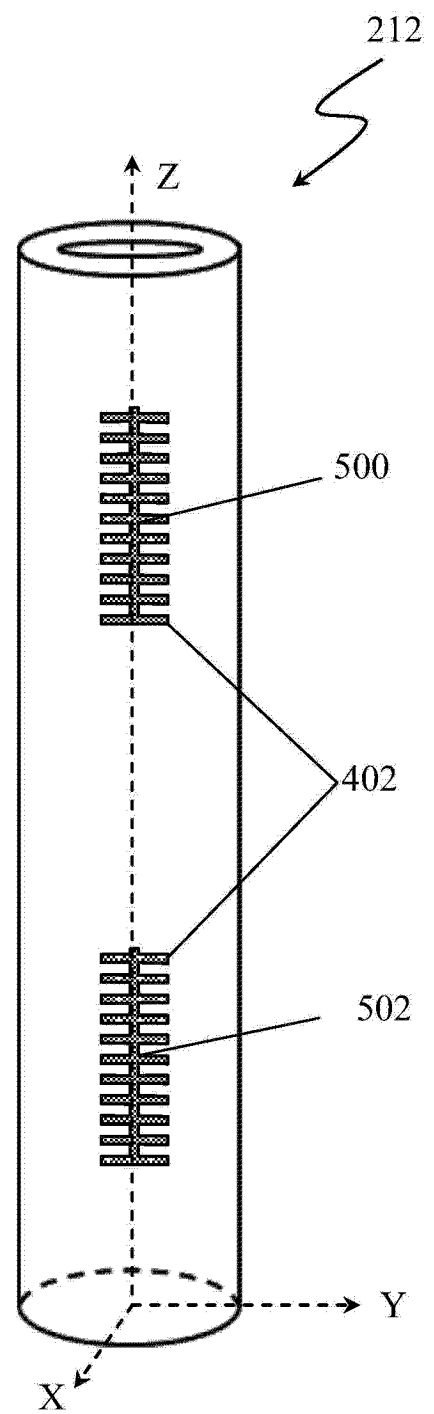


图 5B

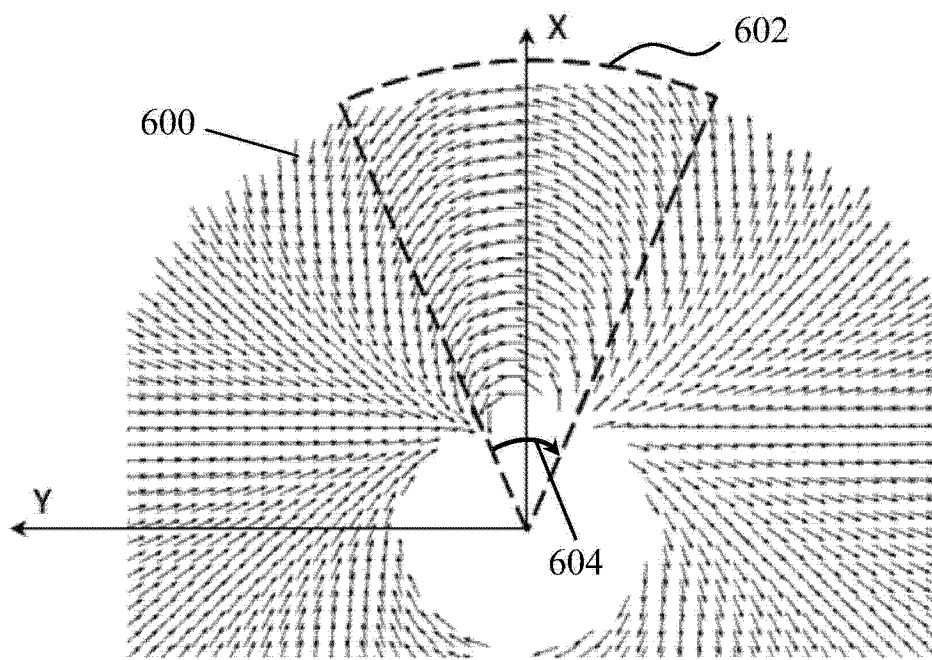


图 6A

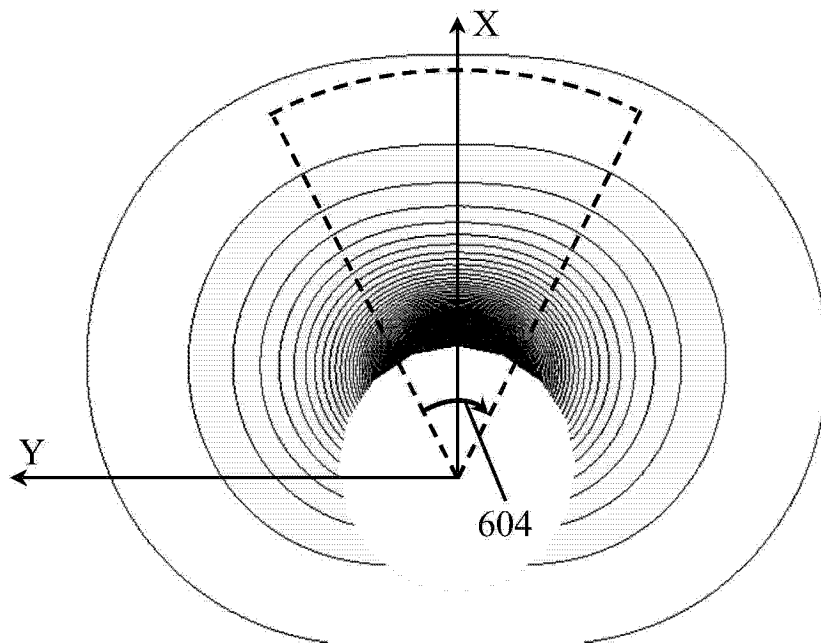


图 6B

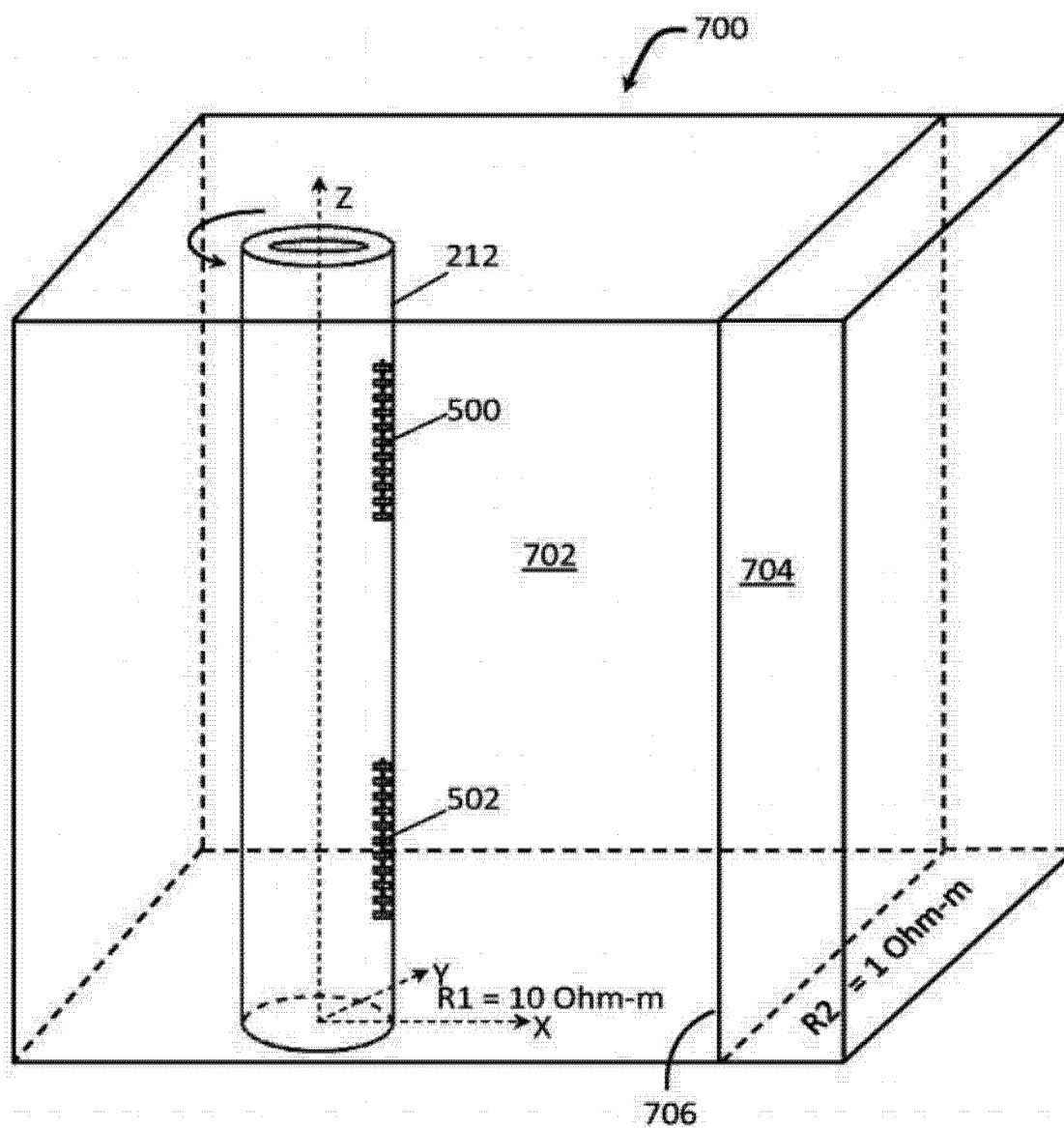


图 7

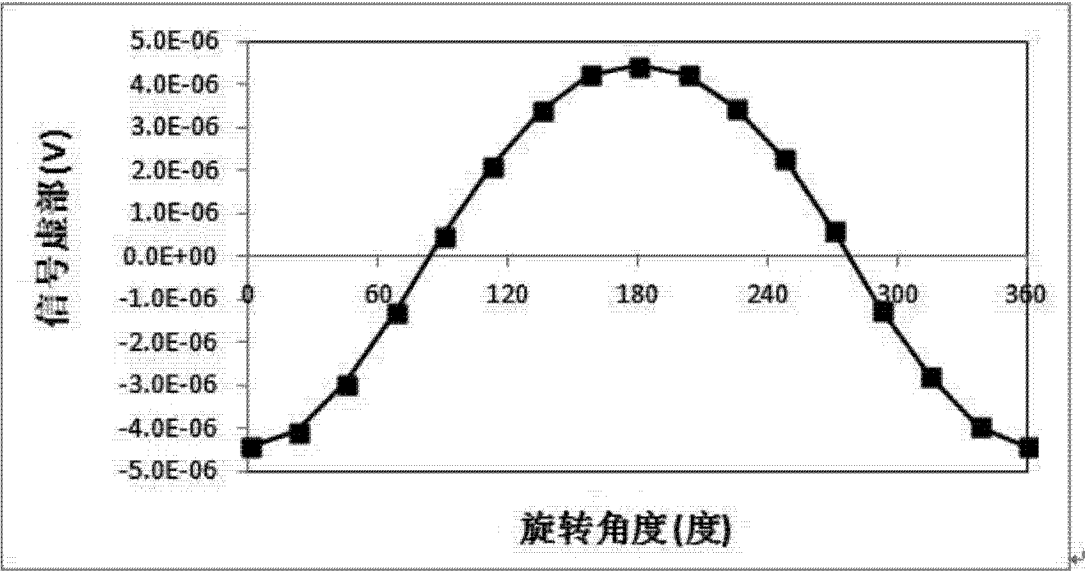


图 8A

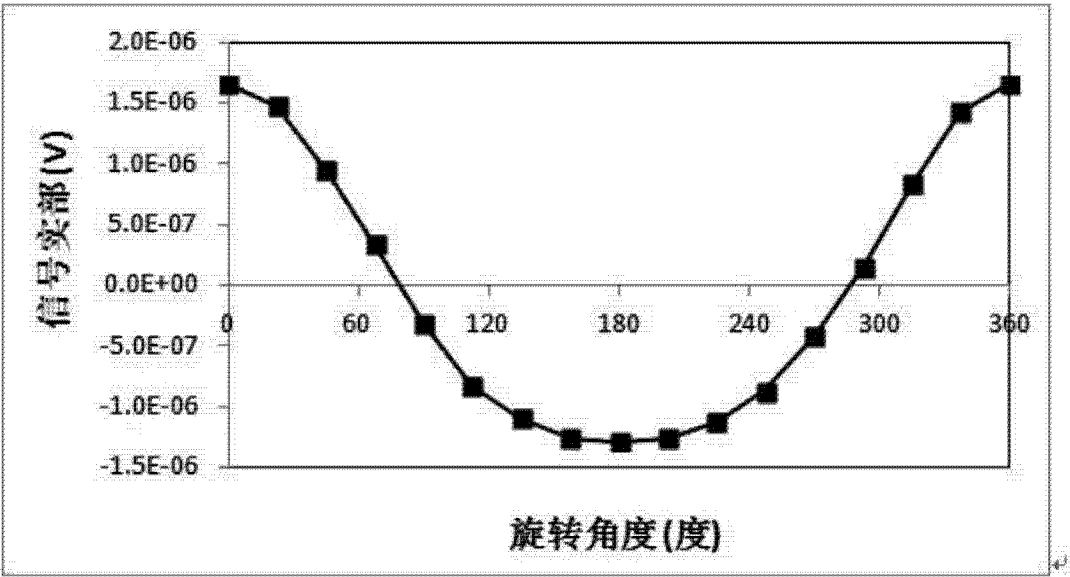


图 8B

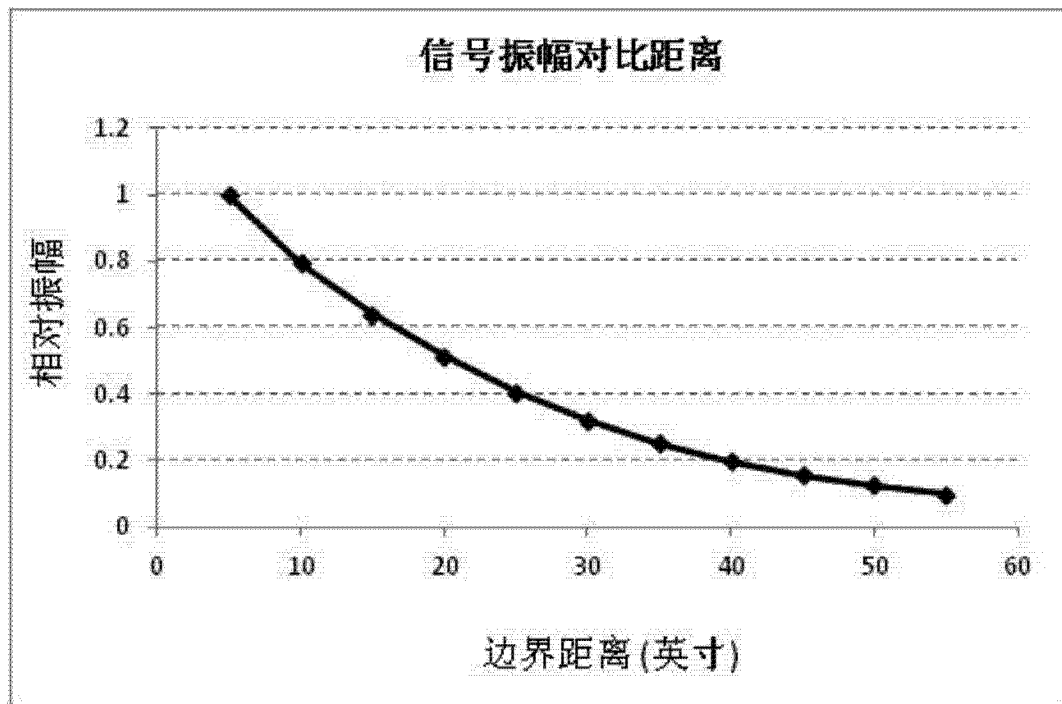


图 9

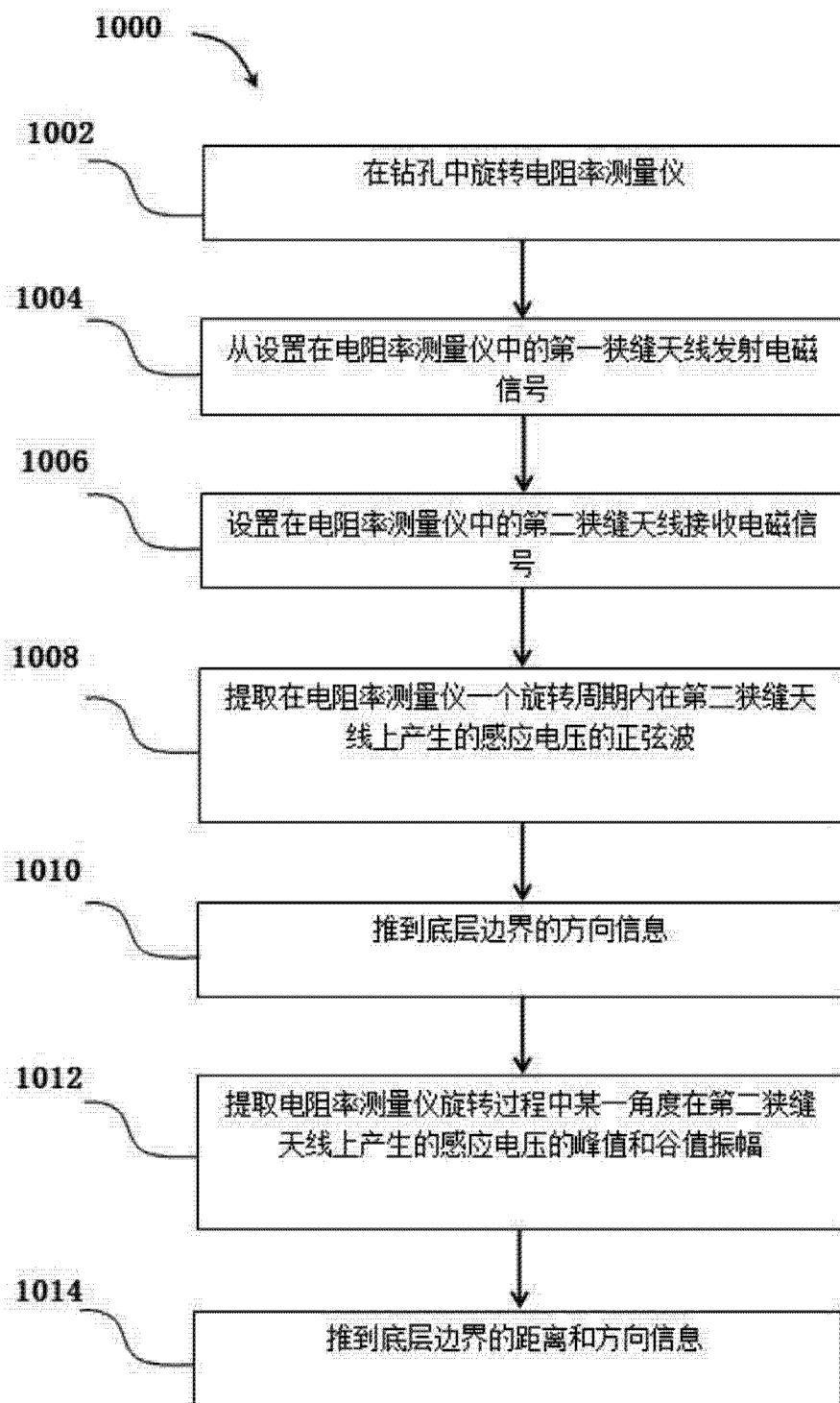


图 10