



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410008299.1

[43] 公开日 2004年9月1日

[11] 公开号 CN 1525189A

[22] 申请日 2004.2.27

[21] 申请号 200410008299.1

[30] 优先权

[32] 2003.2.28 [33] JP [31] 2003-054588

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府门真市

[72] 发明人 梶原正一 尾崎晃弘 小川晃一  
小柳芳雄 浅山叔孝 斋藤裕

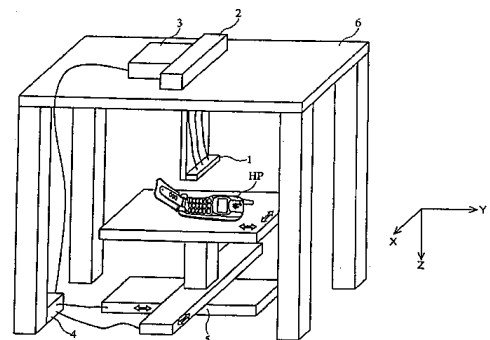
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所  
代理人 包于俊

权利要求书4页 说明书29页 附图21页

[54] 发明名称 电磁波测量装置及其测量方法

[57] 摘要

电磁波测量装置具有环形探头(11a~11c)，这些探头配置成环形平面相互垂直，而且各自的磁场检测空间没有其它环形探头的干扰。配置在测量位置坐标 $(x_i, y_j)$ 上时，检测出与测量位置坐标 $(x_i, y_j)$ 的XY平面平行的磁场分量和测量位置坐标 $(x_i, y_{j-1})$ 的Z轴方向的磁场分量，并且在+Y轴方向每一间距重复测量。通过每一测量位置坐标对这些检测结果进行平方相加后取平均，能运算每一测量位置坐标的3维磁场电平，从而可对被测量物(HP)运算高精度的邻近电磁场分布。



1、一种电磁波测量装置，其特征在于，具有

合为一体地至少保持形成第1环形面的第1环形探头和形成对该第1环形面垂直的第2环形面的第2环形探头以及形成对该第1和第2环形面垂直的第3环形面的第3环形探头的电磁探测部、

承载被测量物并且使该被测量物配置在所述电磁探测部的下部的载物台部、

使所述电磁探测部与所述载物台部相对移动的驱动部、

构成至少分别从所述第1至第3环形探头检测感应电信号并分别产生表示垂直于所述第1至第3环形面的电磁波的强度的第1至第3电磁场电平信息的电磁波电平产生部、以及

根据所述电磁波电平产生部产生的各所述电磁场电平信息运算表示3维电磁波强度的3维电磁场电平信息的运算处理部。

2、如权利要求1中所述的电磁波测量装置，其特征在于，配置所述第1和第2环形探头，使其第1和第2环的中心对与承载被测量物的所述载物台的台面平行的第1方向，相互离开规定的间距，而且所述第1和第2环形面对该中心的连接线段形成45度，并对被测量物形成垂直；

所述第3环形探头往对所述第1方向垂直、对被测量物平行的第2方向配置成平行于被测量物，使所述第1和第2环中心连接线段的中点到第3环的中心离开所述规定间距，而且配置在所述第1和第2环形探头的磁场检测空间外。

3、如权利要求2中所述的电磁波测量装置，其特征在于，所述电磁探测部还合为一体地保持

形成与所述第3环形面平行的第4环形面而且该第4环的中心配置在从所述中点往与所述第3环形探头配置处相反的所述第2方向离开所述间距、往所述第1方向离开所述间距的位置上的第4环形探头、以及

第5至第8环形探头，将所述第1至第4环形探头作为一对，则该第5至第8环形探头为另一对，其中分别以相同的配置形成与所述第1至第4环形面平行的第5至第8环形面，并且分别配置成从所述第1至第4环形探头往所述第1方向隔开所述间距的4倍的距离；

所述电磁波电平产生部还构成第4至第8产生部，分别检测出所述第4至

第 8 环形探头中检测到的感应电信号并且分别产生表示垂直于所述第 4 至第 8 环形面的电磁波的强度的第 4 至第 8 电磁场电平信息。

4、如权利要求 3 中所述的电磁波测量装置，其特征在于，所述电磁探测部还合为一体地保持第 9 环形探头，该探头形成与所述第 5 环形面平行的第 9 环形面，而且该第 9 环的中心配置成从第 5 环的中心往与所述第 6 环形探头的配置处相同的第 1 方向隔开所述间距的 4 倍的距离；

所述电磁波电平产生部还构成第 9 产生部，检测出所述第 9 环形探头检测到的感应电信号，并且产生表示垂直于所述第 9 环形面的电磁波的强度的第 9 电磁场电平信息。

5、如权利要求 4 中所述的电磁波测量装置，其特征在于，所述电磁探测部还合为一体地保持第 1 和第 2 空环形探头群，该探头群具有与第 1 至第 4 环形探头相同的配置关系和结构，配置成：往所述第 1 方向与所述第 1 至第 4 环形探头隔开所述间距的 2 倍和 6 倍的距离，并且分别未连接其它部件。

6、如权利要求 4 中所述的电磁波测量装置，其特征在于，所述第 1 至第 9 环形探头各自的环形圆弧的大致一半构成馈电点；

将所述第 1、第 2、第 5、第 6 和第 9 环形探头配置成分别对所述第 2 方向使所述馈电点在同一侧相对；

将所述第 3 和第 7 环形探头与第 4 和第 8 环形探头配置成分别在相反的方向使所述馈电点相对。

7、如权利要求 6 中所述的电磁波测量装置，其特征在于，所述第 1 至第 9 环形探头分别通过连接所述电磁波电平产生部的同轴管的一部分形成所述环形圆弧的大致一半的一方，构成所述馈电点，所述环形圆弧的大致一半的另一方则用铜线构成，该同轴管与铜线的一端之间仅用该同轴管的芯线连接。

8、一种电磁波测量方法，其特征在于，包含

使用形成第 1 环形面的第 1 环形探头检测出第 1 感应电信号的第 1 检测步骤、

使用形成对所述第 1 环形面垂直的第 2 环形面的第 2 环形探头检测出第 2 感应电信号的第 2 检测步骤、

使用形成对所述第 1 和第 2 环形面垂直的第 3 环形面的第 3 环形探头检测出第 3 感应电信号的第 3 检测步骤、

使用所述第 1 至第 3 检测步骤检测出的所述第 1 至第 3 感应电信号产生表

示分别垂直于所述第 1 至第 3 环形面的电磁波的强度的第 1 至第 3 电磁场电平信息的电磁波电平信息产生步骤、以及

根据所述电磁波电平信息产生步骤产生的所述第 1 至第 3 电磁场电平信息运算表示 3 维电磁波强度的电磁场电平信息的运算步骤。

9、如权利要求 8 中所述的电磁波测量方法，其特征在于，所述运算步骤通过对第 1 至第 3 电磁场电平信息分别进行均方运算，运算所述 3 维电磁场电平信息。

10、如权利要求 8 中所述的电磁波测量方法，其特征在于，还包含使所述第 1 至第 3 环形探头和被测量物至少在对该被测量物平行的第 1 测量方向相对移动的移动步骤、以及

每次被测量物与所述第 1 至第 3 环形探头的位置关系改变都根据所述第 1 至第 3 环形探头对被测量物检测出的电磁波的位置坐标存放所述第 1 至第 3 电磁场电平信息的存储步骤，

所述运算步骤选择所述存储步骤存放的同一个所述位置坐标所关联的所述第 1 至第 3 电磁场电平信息，运算该位置坐标对应的所述 3 维电磁场电平信息。

11、如权利要求 10 中所述的电磁波测量方法，其特征在于，配置所述第 1 和第 2 检测步骤中使用的所述第 1 和第 2 环形探头，使其第 1 和第 2 环的中心往对所述第 1 测量方向垂直的第 2 测量方向相互隔开规定的间距，而且使所述第 1 和第 2 环形面对该中心的连接线段形成 45 度，并对被测量物形成垂直；

将所述第 3 检测步骤中使用的所述第 3 环形探头配置成平行于被测量物，使第 3 环的中心往所述第 1 测量方向与所述第 1 和第 2 环的中心连接线段的中点隔开所述间距，而且配置在所述第 1 和第 2 环形探头的磁场检测空间外；

所述移动步骤使被测量物和所述第 1 至第 3 环形探头每一所述间距都往所述第 1 测量方向相对移动。

12、如权利要求 11 中所述的电磁波测量方法，其特征在于，还包含使用第 4 环形探头检测出第 4 感应电信号的第 4 检测步骤，该第 4 环形探头形成与所述第 3 环形面平行的第 4 环形面，而且该第 4 环的中心配置在从所述中点往与所述第 3 环形探头的配置处相反的所述第 1 测量方向隔开所述间距、往所述第 2 测量方向隔开所述间距的位置上；

所述第 1 至第 4 检测步骤中使用的所述第 1 至第 4 环形探头各自的环形圆

弧的大致一半部分构成馈电点；

将所述第 1 和第 2 检测步骤中使用的所述第 1 和第 2 环形探头配置成分别对所述第 1 测量方向使所述馈电点在同一侧相对；

将所述第 3 和第 4 检测步骤中使用的所述第 3 和第 4 环形探头配置成分别在相反方向使所述馈电点相对；

所述移动步骤使被测量物和所述第 1 至第 4 环形探头，对于相对于所述第 2 测量方向的每一所述间距，都相对往或返移动，并且每一所述间距都朝所述第 1 测量方向相对往或返移动；

所述电磁波电平信息产生步骤还检测出所述第 4 检测步骤中检测到的所述第 4 感应电信号，并产生表示垂直于所述第 4 环形面的电磁波的强度的第 4 电磁场电平信息；

所述存储步骤每次被测量物与所述第 1 至第 4 环形探头的位置关系改变都根据所述第 4 环形探头对被测量物检测出的电磁波的位置坐标，再次存放所述第 4 电磁场电平信息；

所述运算步骤选择所述存储步骤中存放的同一所述位置坐标所关联的所述第 1 至第 4 电磁场电平信息，进而将呈现对该位置坐标方向相同的磁场分量的第 1 至第 4 电磁场电平信息分别取平均后，运算所述 3 维电磁场电平信息。

## 电磁波测量装置及其测量方法

### 发明领域

本发明涉及测量电子部件辐射的电磁波的电磁波测量装置及其测量方法，尤其涉及测量对便携电话等便携无线设备辐射的电磁波的邻近电磁场分布的电磁波测量装置及其测量方法。

### 背景技术

近年来，便携电话等便携无线设备以世界规模快速普及。另一方面，对来自贴近人体使用的便携无线设备的辐射电磁场的暴露，正在采用以生物保护为背景的电磁波管理。

以往，作为测量所述便携无线设备等电子设备辐射的邻近电磁场分布的装置，已经知道并行检测型的。例如，特开平 9-304456 号公报揭示的并行检测型装置对被测量物将多个微小环形元件配置成列状，并设置与这些元件对应的多个电平检测部，一次存储并处理各微小环形元件检测出的信号。这种已有的装置通过在规定的方向移动多个微小环形元件，能对对被测量物辐射的电磁波测量其邻近电磁场的平面分布。

又例如日本专利第 3163016 号公报揭示的并行检测型装置把对电子电路板等被测量物配置成八字形的多个环形元件配置成表状。这种已有装置通过使这些配置成八字形的多个环形元件移动，可对对被测量物辐射的电磁波测量其邻近电磁场的平面分布。

此外，作为测量所述电子设备辐射的邻近电磁场分布的装置，还知道按序选择型的。所述按序选择型装置例如将多个微小环形元件平面配置成栅状，并且用开关二极管等依次选择这些元件，处理各微小环形元件检测出的信号。

这些已有的邻近电磁场分布测量装置一般将测量电子电路板等平面被测量物辐射的 1GHz 左右以下的频率的低电平 2 维邻近电磁场作为主要目的。

例如被测量物为便携电话等包含 3 维且具有高频带(例如 2GHz)的电磁波发生源时，辐射的电磁波是 3 维的，邻近电磁场分布也为 3 维。然而，上述已有的邻近电磁场分布测量装置，其各种类型设置的多个微小环形元件均为 2 维配

置，不能检测原本 3 维的电磁场分布，测量精度低。

而且，上述按序选择型装置为了依次选择并处理以 2 维方式配置成栅状的各微小环形元件，需要很多扫描时间。还存在因开关二极管端子间的电容和传输线路频率特性的影响而高频(例如 2GHz)灵敏度特性和微小环形元件之间的绝缘变差的课题。

上述并行检测型装置一次并行处理多个微小环形元件的信号，具有能缩短扫描时间的优点，但每一微小环形元件都需要检测部，因而成本高。

#### 发明内容

因此，本发明的目的是：提供 3 维且高精度测量便携电话等便携无线设备辐射的邻近电磁场分布的电磁波测量装置及其测量方法。

为了达到上述目的，本发明具有以下特征。

本发明的电磁波测量装置具有电磁探测部、载物台部、驱动部、电磁波电平产生部和运算处理部。电磁探测部至少包含第 1 至第 3 环形探头。第 1 环形探头形成第 1 环形面。第 2 环形探头形成对该第 1 环形面垂直的第 2 环形面。第 3 环形探头形成对这些第 1 和第 2 环形面垂直的第 3 环形面。载物台部承载被测量物，并使该被测量物配置在电磁探测部的下部。驱动部使电磁探测部与载物台部相对移动。电磁波电平产生部至少构成第 1 至第 3 产生部。第 1 至第 3 产生部从第 1 至第 3 环形探头分别检测出感应电信号，并产生表示分别垂直于第 1 至第 3 环形面的电磁波的强度的第 1 至第 3 电磁场电平信息。运算处理部根据电磁波电平产生部产生的第 1 至第 3 电磁场电平信息，运算表示 3 维电磁波强度的 3 维电磁场电平信息。

根据上述本发明的组成，使用第 1 至第 3 环形探头可在相互垂直的 3 个方向的环形面检测原本 3 维的电磁场分别，并能通过运算 3 维的电磁场电平对被测量物运算高精度的电磁场分布。

可配置第 1 和第 2 环形探头，使其第 1 和第 2 环的中心对与承载被测量物的所述载物台的台面平行的第 1 方向，相互隔开规定的间距，而且所述第 1 和第 2 环形面对该中心的连接线段形成 45 度，并对被测量物形成垂直。也可将所述第 3 环形探头往对第 1 方向垂直、对被测量物平行的第 2 方向配置成平行于被测量物，使所述第 1 和第 2 环中心连接线段的中点到第 3 环的中心隔开间距，而且配置在所述第 1 和第 2 环形探头的磁场检测空间外。由此，多个环形探头形成为相互使环形面垂直，同时配置得各自的磁场检测空间没有其它环形

探头的干扰，因而能将相邻环形探头的耦合抑止到最小。根据第1~第3环形探头的相互配置关系调整，驱动部的移动间距，以此能高效地测量电磁波分布。

所述电磁探测部还可合为一体地保持第4至第8环形探头。第4环形探头形成与第3环形面平行的第4环形面而且该第4环的中心配置在从所述中点往与所述第3环形探头配置处相反的所述第2方向隔开间距、往所述第1方向隔开间距的位置上。将所述第1至第4环形探头作为一对，则第5至第8环形探头为另一对，其中分别以相同的配置形成与所述第1至第4环形面平行的第5至第8环形面，并且分别配置成从第1至第4环形探头往所述第1方向隔开间距的4倍的距离。这种情况下，电磁波电平产生部还构成第4至第8产生部，分别检测出第4至第8环形探头中检测到的感应电信号并且产生表示分别垂直于所述第4至第8环形面的电磁波的强度的第4至第8电磁场电平信息。由此，对被测量物的电磁波测量范围在第1方向扩大，能根据表示电磁波分布的位置坐标选择适当的电磁场电平信息。而且，由于第1至第4环形探头与第5至第8环形探头的间隔大，可确保相互绝缘。

电磁探测部还可合为一体地保持第9环形探头，该探头形成与第5环形面平行的第9环形面，而且该第9环的中心配置成从第5环的中心往与所述第6环形探头的配置处相同的第1方向隔开间距的4倍的距离。这种情况下，电磁波电平产生部构成第9产生部，分别检测出第9环形探头中检测的感应电信号并生成表示垂直于所述第9环形面的电磁波的强度的第9电磁场电平信息。以此，利用一次往返移动，就能对第1方向设置的全部8个测量位置坐标运算电磁场分布。而且，由于能用9个环形探头的测量实现这种3维且大范围的邻近电磁场分布，能使装置的组成简化，可谋求降低成本。

电磁探测部还合为一体地保持第1和第2空环形探头群，该探头群具有与第1至第4环形探头相同的配置关系和结构，配置成：往第1方向与第1至第4环形探头隔开间距的2倍和6倍的距离，并且分别未连接其它部件。由此，能改善环形探头接收特性中电磁场耦合的对称性。

例如，第1至第9环形探头各自的环形圆弧的大致一半构成馈电点。这时，将第1、第2、第5、第6和第9环形探头配置成分别对第2方向使所述馈电点在同一侧相对。将第3和第7环形探头与第4和第8环形探头配置成分别在相反的方向使所述馈电点相对。由此，利用两次往返移动，对具有屏蔽结构的环形探头中取得的数据进行平均，则抵消这些环形探头具有的非对称性，几乎不



受电场的影响，能测量精度更高的磁场分布。由于此测量用的第1方向的移动距离短，能实现驱动系统的装置小型化。例如，第1至第9环形探头分别通过连接电磁波电平产生部的同轴管的一部分形成环形圆弧的大致一半的一方，构成馈电点，环形圆弧的大致一半的另一方则用铜线构成，该同轴管与铜线的一端之间仅用该同轴管的芯线连接。

本发明能与上述电磁波测量装置相同地实现电磁波测量方法，作为该装置的方法。此电磁波测量方法中，可在运算上述3维电磁场电平信息的运算步骤分别对第1至第3电磁场电平信息进行均方运算，从而运算该3维电磁场电平信息。由此，可用在相互垂直的3个方向的环形面中检测出的感应电信号适当且方便地运算3维电磁场电平。

参照附图，从下面的详细说明会进一步明白本发明的这些和其它目的、特征、发明点、效果。

#### 附图说明

图1是示出本发明实施例1~3的电磁波测量装置的概略组成的立体图；

图2是说明对图1的被测量物HP配置的3个环形探头的配置用的立体图；

图3A是以第3象限法示出用于说明一例图1中电磁探测部1的环形探头配置的3个方向中反Y轴方向的模式图；

图3B是以第3象限法示出用于说明一例图1中电磁探测部1的环形探头配置的3个方向中Z轴方向的模式图；

图3C是以第3象限法示出用于说明一例图1中电磁探测部1的环形探头配置的3个方向中反X轴方向的模式图；

图4是示出图1的电磁场电平检测部2和运算处理部3的组成的框图；

图5是示出本发明实施例1的运算处理部3进行电磁场分布运算处理的运作的流程图；

图6是说明本发明实施例1的运算处理部3在使被测量物HP移动时的环形探头11a~11c的位置用的概略图；

图7是说明一例本发明实施例1的存储部32存放的数据表用的图；

图8是说明一例本发明实施例2的电磁探测部1的环形探头配置用的探头配置图；

图9是示出本发明实施例2的运算处理部3进行电磁场分布运算处理运作

的流程图；

图 10 是说明本发明实施例 2 的运算处理部 3 在使被测量物 HP 移动时的环形探头 11a~11i 的位置用的概略图；

图 11 是说明一例本发明实施例 2 的存储部 32 存放的数据表用的图；

图 12 是说明在数据表中写入检测电平信息的基准用的图；

图 13 是用于说明本发明实施例 3 的电磁波测量装置中用的磁场检测探头的结构的概略图；

图 14A 是示出用于说明图 13 的环形探头 11 的特性的实验模型的概略图；

图 14B 是示出图 13 的环形探头 11 得到的邻近磁场分布特性的曲线；

图 15 是说明一例图 13 的环形探头配置用的探头配置图；

图 16 是示出本发明实施例 3 的运算处理部 3 进行电磁场分布运算处理的运作的流程图；

图 17 是示出图 16 中的步骤 58 进行平均处理的运作的子程序；

图 18 是说明本发明实施例 3 的运算处理部 3 在使被测量物 HP 移动时的环形探头 11a~11i 的位置用的概略图；

图 19 是说明图 17 的平均处理中的环形探头 11a 和 11b 的位置关系用的概略图；

图 20 是说明一例本发明实施例 3 的存储部 32 存放的数据表用的图；

图 21 是示出本发明电磁波测量装置获得的邻近电磁场分布特性的曲线。

## 具体实施方式

### 实施例 1

参照图 1 说明实施例 1 的电磁波测量装置。图 1 是示出该电磁波测量装置的概略组成的立体图。该电磁波测量装置测量从被测量物辐射的邻近电磁场分布，下面的说明中将便携电话作为被测量物 HP 进行阐述。

图 1 中，该电磁波测量装置具有电磁探测部 1、电磁场大量检测部 2、运算处理部 3、载物台驱动部 4、XY 载物台 5 和支持部 6。在 XY 载物台 5 具有的台面上承载电磁波测量装置测量的被测量物 HP。下面的说明中，设承载被测量物 HP 的 XY 载物台 5 的台面为 XY 平面，被测量物 HP 的短轴方向置于图示的 X 轴方向(将图 1 中的纸面背后往纸面前方的方向记为+X 轴方向)，被测量物 HP 的长轴方向置于图示的 Y 方向(将图 1 中纸面的右方记为+Y 轴方向)。又，如图

1 所示,与上述 XY 平面垂直的方向为 Z 轴方向,并将从图 1 纸面的上部逼近被测量物 HP 的方向记为 +Z 方向。XY 载物台 5 结构上做成根据载物台驱动部 4 的指示,使上述台面能在上述 X 和 Y 轴方向移动。即,根据载物台驱动部 4 的指示,能使上述台面承载的被测量物 HP 也在上述 X 和 Y 轴方向移动。上述 Y 方向相当于权利要求书中所述的第 1 测量方向,上述 X 方向相当于权利要求书中所述的第 2 测量方向。

电磁探测部 1 具有后面说明的多个磁场检测探头,并通过规定的固定构件固定在支持部 6,配置在 XY 载物台 5 具有的上述台面上。电磁探测部 1 具有的多个磁场检测探头通过规定的传输线路分别连接固定在支持部 6 上的电磁场电平检测部 2。

电磁场电平检测部 2 由后面说明的多个电路构成,并根据多个磁场检测探头检测出的感应电信号产生符合电磁场强度的检测电平信息,输出到固定在支持部 6 上的运算处理部 3。

运算处理部 3 由普通的计算机系统构成,具有 CPU(中央运算装置)和存放 CPU 的运算结果的存储部。运算处理部 3 根据后面说明的规定方法运算电磁场电平检测部 2 输出的检测电平信号。运算处理部 3 通过规定的传输线路连接载物台驱动部 4,将驱动指示输出到 NC 驱动器等构成的载物台驱动部 4,以便使被测量物 HP 相对于电磁探测部 1 在上述 X 和 Y 轴方向移动。于是,载物台驱动部 4 根据运算处理部 3 的指示,使 XY 载物台 5 的上述台面在上述 X 和 Y 轴方向移动。为了测量被测量物 HP 辐射的电磁波的邻近电磁场,将该被测量物 HP 相对于电磁探测部 1 配置成接近上述 Z 轴方向。此配置可预先调整 XY 载物台 5 的台面和电磁探测部 1 的上述 Z 轴方向的距离,也可结构上做成使 XY 载物台 5 的台面在上述 Z 轴方向也可移动,并根据运算处理部 3 或载物台驱动部 4 的指示,调整该距离。

参照图 2 和图 3 说明用 3 个环形探头构成电磁探测部 1 具有的多个磁场检测探头时的探头的位置。图 2 是说明对被测量物 HP 配置的 3 个环形探头的配置用的立体图,图 3A~图 3C 是用第 3 象限法从 3 个方向示出用于说明一例电磁探测部 1 中的环形探头配置的模式图,图 3B 是从图 1 所示的 +Z 轴方向看的探头配置图(即被测量物在图 3B 纸面的背后侧)。如上文所述,环形探头分别连接用于连接电磁场电平检测部 2 的传输线路,并利用固定构件固定在支持部 6 上,但为了说明简便,图 2 和图 3 中省略说明该传输线路和固定构件。

图 2 和图 3A~图 3C 中,用 3 个环形探头 11a~11c 构成上述多个磁场检测探头。环形探头 11a~11c 原理上根据法拉第定律,通过将导线做成环形可检测磁场。环形探头 11a~11c 对与环形圆内的平面(下文记为环形平面)垂直的磁场呈现最大接收强度,对与环形平面平行的磁场,其接收强度为 0。环形探头 11a~11b 连接在用同轴线构成的连接电磁场电平检测部 2 用的上述传输线路的芯线与地之间。下文中,统称电磁探测部 1 具有的环形探头 11a~11c 进行说明时,记为环形探头 11。

图 2 和图 3B 中,环形探头 11a 和 11b 的环形平面均配置成对图示的 Z 轴平行。环形探头 11a 和 11b 的环形平面相互形成 90 度的角度,对图示的 X 轴分别形成 45 度的角度。而且,环形探头 11a 和 11b 的环中心的距离为规定间距  $p$ (例如 5mm),并且配置成各自的磁场检测空间没有其它环形探头干扰(参考图 3A)。即,环形探头 11a 和 11b 在图示的+Z 轴方向看时,形成大致八字形状。

环形探头 11c 的环形平面配置成对 XY 平面平行。即,环形探头 11c 的环形平面配置成对环形探头 11a 和 11b 的环形平面垂直。而且,将环形探头 11c 的环中心配置在通过环形探头 11a 和 11b 的环中心连接线段的中点的垂直线上,与该连接线段的距离为间距  $p$ ,并配置成环形探头 11c 的磁场检测空间没有其它环形探头 11a 和 11b 干扰(参考图 3C)。

因此,将环形探头 11a~11c 的环形平面配置成相互垂直,从而能检测 3 维磁场。具体而言,由环形探头 11a 和 11b 检测出与 XY 平面平行的磁场分量,由环形探头 11c 检测出 Z 轴方向的磁场分量。而且,使环形探头 11a 和 11b 的环形平面相互形成 90 度,使环形探头 11c 的环形平面形成对环形探头 11a 和 11b 的环形平面垂直,并配置成各自的磁场检测空间没有其它环形探头干扰,从而将相邻的环形探头 11a~11c 的相互耦合抑止到最小。可配置多个这种环形探头 11a~11c 的组。这时,能大范围测量后面说明的邻近电磁场分布。

参照图 4 说明电磁场电平检测部 2 和运算处理部 3 的组成。图 4 是示出电磁场电平检测部 2 和运算处理部 3 的组成的框图。

图 4 中,运算处理部 3 具有 CPU31 和存储部 32。CPU31 根据后面说明的步骤对载物台驱动部 4 输出使 XY 载物台 5 的台面移动用的台驱动数据 TD。

电磁场电平检测部 2 在处理环形探头 11a~11c 各自检测电磁场所得的感应电信号时,排列信号检测部串 20a~20n。将信号放大部 21a、第 1 变频部 22a、第 1 频带限制部 23a、第 2 变频部 24a、第 2 频带限制部 25a、信号电平检测部

26a、和 A/D 变换器部 27a 加以串联，从而构成信号检测部串 20a。用与信号检测部串 20a 相同的组成排列其它信号检测部串 20b~20n。除信号检测部串 20a~20n 外，电磁场电平检测部 2 还具有第 1 和第 2 本振部 28 和 29。将信号检测部串 20a~20n 具有的各 A/D 变换器部 27a~27n 输出的检测电平信息  $D_a \sim D_n$  输入到运算处理部 3 的 CPU31，分别存入存储部 32。分配来自第 1 本振部 28 的本振信号，并输入到信号检测部串 20a~20n 具有的各第 1 变频部 22a~22n。第 1 本振部 28 的振荡频率受 CPU31 输出的频率控制信号控制。对信号检测部串 20a~20n 具有的各第 2 变频部 24a~24n 分配并输入第 2 本振部 29 的本振信号。

环形探头 11a~11n 分别检测被测量物 HP 的电磁辐射，将其转换成感应电信号，输入到信号放大部 21a~21n。环形探头 11a~11n 检测出的信号频率遍及便携电话通信频段 800MHz~2000MHz 的宽广频带。信号放大部 21a~21n 由在整个上述宽广频带上具有平坦频率特性的低噪声放大器构成，将输入信号放大 10~20dB 左右后，分别输出到第 1 变频部 22a~22n。

第 1 变频部 22a~22n 由二极管和晶体管的双均衡混频器构成。第 1 变频器 22a~22n 将信号放大部 21a~21n 输出的 800~2000MHz 的信号分别变换成与第 1 本振部 28 的本振信号具有的频率之差的频率后，输出到第 1 频带限制部 23a~23n。这里，将第 1 本振部 28 构成为压控频率可变振荡器，利用来自 CPU31 的频率控制信号将其振荡频率控制在 1200~2400MHz 左右。即，第 1 变频部 22a~22n 将其从信号放大部 21a~21n 输入的 800~2000MHz 信号变换成第 1 中频 400MHz。与第 1 本振部 28 相加的频率分量（即 2000~4400MHz 的频率分量）为检测对象外的频率，实际上因环形探头 11a~11n 的检测频率特性而衰减，不出现在输出中。

第 1 频带限制部 23a~23n 由以第 1 中频 400MHz 为中心频率的声表面波滤波器 (SAW 滤波器) 和电介质滤波器等带通滤波器构成，将其通带宽设定为几 kHz~几 MHz 的窄带。第 1 频带限制部 23a~23n 分别对第 1 变频部 22a~22n 变频后的信号限制频带后，将其输出到第 2 变频部 24a~24n。

第 2 变频部 24a~24n 把第 1 频带限制部 23a~23n 限制频带后的信号分别变换成与第 2 本振部 29 输出的本振信号具有的频率之差的频率后，将其输出到第 2 频带限制部 25a~25n。这里，第 2 本振部 29 的振荡频率固定为 410.7MHz。因此，对第 2 频带限制部 25a~25n 输出该频率之差的频率分量，即具有第 2 中频

10. 7MHz 的信号。

第 2 频带限制部 25a~25n 由陶瓷滤波器等带通滤波器构成，将其通带宽设定为几百 KHz 左右。此带宽成为该电磁波测量装置的频率分辨率带宽。第 2 频带限制部 25a~25n 分别对第 2 变频部 24a~24n 进行过变频的信号限制频带后，将其输出到信号电平检测部 26a~26n。

信号电平检测部 26a~26n 分别进行由第 2 频带限制部 25a~25n 限制频带的上述第 2 中频的信号电平检测。信号电平检测部 26a~26n 由对数输出型的多级放大器组成，其检测输出为 RSSI(Received Signal Strength Indicator: 接收信号指示符)，对输入信号电平的数字值作为线性信号输出。将信号电平检测部 26a~26n 的 RSSI 输出分别输出到 A/D 变换器 27a~27n。A/D 变换器 27a~27n 分别将 RSSI 信号从模拟信号变换为数字信号后，对 CPU31 输出检测电平信息 Da~Dn。

下面，参照图 5~图 7 说明运算处理部 3 的电磁场分布运算处理。图 5 是示出运算处理部 3 进行电磁场分布运算处理的运作的流程图，图 6 是说明运算处理部 3 使被测量物 HP 移动时的环形探头 11a~11c 的位置用的概略图，图 7 是说明一例存储部 32 存放的数据表用的图。说明电磁探测部 1 具有的多个磁场检测探头由上述 3 个环形探头 11a~11c 构成的情况。

实施例 1 的电磁波测量装置对被测量物 HP 的邻近电磁场分布测量中，预先将电磁探测部 1 对被测量物 HP 的 Z 轴方向的位置(参照图 1)调整到附近，以便测量 Z 轴方向的距离为一定的 XY 平面的电磁场分布。以 X 和 Y 轴坐标为基准，按规定的间隔划分上述 XY 平面，并且该电磁波测量装置将各坐标的交点作为测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  ( $i$  和  $j$  为自然数)，通过移动 XY 载物台 5 的台面，在每一测量位置坐标测量磁场电平。实施例 1 的 Y 坐标按上述间距  $p$  划分，X 坐标按任意间距划分。

图 5 中，运算处理部 3 将该流程图中表示 X 轴坐标的暂时变量  $i$  设定为初始值 1(步骤 S11)。而且，运算处理部 3 将该流程图中表示 Y 轴坐标的暂时变量  $j$  设定为初始值 1(步骤 S12)。

接着，运算处理部 3 根据当前设定的暂时变量  $i$  和  $j$ ，对被测量物 HP 输出载物台驱动数据 TD，对载物台驱动部 4 进行载物台驱动指示(步骤 S13)，以移动被测量物 HP，使电磁探测部 1 与测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  一致。

现说明测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  与电磁探测部 1 的位置关系。如上文所述，

XY 平面以 X 和 Y 轴坐标为基准，按规定间隔加以划分，通过移动 XY 载物台 5 的台面，能改变相对于电磁探测部 1 的测量位置坐标。在测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上配置电磁探测部 1 时，将通过连接环形探头 11a 和 11b 各自的环中心的线段的中点 m 的 Z 轴方向的垂直线配置成与测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  相交。而且，配置环形探头 11c，使其环中心对上述中点 m (即测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$ ) 在 -Y 方向隔开间距 p。下文中，将配置在测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上配置的 3 个环形探头分别记为环形探头 11a  $(X_i, Y_j)$ 、环形探头 11b  $(X_i, Y_j)$  和环形探头 11c  $(X_i, Y_j)$ 。

接着，运算处理部 3 接收检测电平信息  $D_a \sim D_c$ ，作为测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  的磁场数据 (步骤 S14)。步骤 S14 中，将环形探头 11a  $(X_i, Y_j)$ 、环形探头 11b  $(X_i, Y_j)$  和环形探头 11c  $(X_i, Y_j)$  检测出的各电磁辐射变换成感应电信号，又如上文所述那样，电磁场电平检测部 2 将各感应电信号变换成检测电平信息  $D_a \sim D_c$ ，输出到运算处理部 3，从而进行处理。

接着，运算处理部 3 将上述步骤 S14 中接收的检测电平信息  $D_a \sim D_c$  存放到存储部 32 设置的规定数据表 (步骤 S15)。下面，参照图 6 和图 7 说明在数据表存放检测电平信息  $D_a \sim D_c$  的方法。

图 6 中，在测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$  上配置电磁探测部 1，并且分别用实线表示从 +Z 轴方向看的环形探头 11a  $(X_1, Y_1)$ 、环形探头 11b  $(X_1, Y_1)$  和环形探头 11c  $(X_1, Y_1)$ 。配置环形探头 11a  $(X_1, Y_1)$  和环形探头 11b  $(X_1, Y_1)$ ，使通过其环中心连接线段的中点 m 的 Z 轴方向的垂直线与测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$  相交。因此，环形探头 11a  $(X_1, Y_1)$  和环形探头 11b  $(X_1, Y_1)$  能检测出测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$  上的与 XY 平面平行的磁场分量。另一方面，配置环形探头 11c  $(X_1, Y_1)$ ，使其环中心对上述中点 m (即测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$ ) 在 -Y 轴方向隔开间距 p。因此，环形探头 11c  $(X_1, Y_1)$  检测出垂直于从测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$  往 -Y 方向隔开间距 p 的测量位置坐标  $(X_1, Y_0)$  上的 XY 平面的 Z 轴方向的磁场分量。即，运算处理部 3 在测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$  上配置电磁探测部 1 的情况下，接收变换平行于测量位置坐标  $(X_1, Y_1)$  上的 XY 平面的磁场分量所得到的检测电平信息  $D_a(X_1, Y_1)$  和  $D_b(X_1, Y_1)$ 、以及变换测量位置坐标  $(X_1, Y_0)$  上的 Z 轴方向的磁场分量所得到的检测电平信息  $D_c(X_1, Y_0)$ 。

图 6 中，通过使 XY 载物台 5 的台面往 -Y 方向移动距离 p，在测量位置坐标  $(X_1, Y_2)$  上配置电磁探测部 1，并且分别用虚线示出从 +Z 方向看的环形探头 11a  $(X_1, Y_2)$ 、环形探头 11b  $(X_1, Y_2)$  和环形探头 11c  $(X_1, Y_2)$ 。实际测量中，电

磁探测部 1 的位置一定, 测量位置坐标移动, 但为了说明简便, 示出不移动测量位置坐标, 而使电磁探测部 1 往+Y 方向移动。这时, 环形探头 11a( $X_1, Y_2$ ) 和环形探头 11b( $X_1, Y_2$ ) 能检测出平行于测量位置坐标( $X_1, Y_2$ )上的 XY 平面的磁场分量。环形探头 11c( $X_1, Y_2$ ) 则检测出从测量位置坐标( $X_1, Y_2$ )往-Y 轴方向隔开间距  $p$  的测量位置坐标( $X_1, Y_1$ )上的 Z 轴方向的磁场分量。即, 环形探头 11c( $X_1, Y_2$ ) 相对于与环形探头 11a( $X_1, Y_1$ ) 和环形探头 11b( $X_1, Y_1$ ) 已测量的测量位置坐标( $X_1, Y_1$ )上的 XY 平面平行的磁场分量, 检测出相同测量位置坐标( $X_1, Y_1$ )上的 Z 轴方向的磁场分量。因此, 运算处理部 3 在测量位置坐标( $X_i, Y_j$ )上配置电磁探测部 1 时, 接收变换平行于测量位置坐标( $X_i, Y_j$ )上的 XY 平面的磁场分量所得到的检测电平信息  $D_a(X_i, Y_j)$  和  $D_b(X_i, Y_j)$ 、以及变换测量位置坐标( $X_i, Y_{j-1}$ )上的 Z 轴方向的检测电平信息  $D_c(X_i, Y_{j-1})$ 。

图 7 中, 存储部 32 存放使检测电平信息和后面说明的磁场电平与测量位置坐标带有对应关系的数据表。如上文所述, 环形探头 11a~11c 检测的测量位置坐标不同, 因而运算处理部 3 在上述步骤 S15 将检测电平信息  $D_a$ ~ $D_c$  存放到符合各自的测量位置坐标的记录区。即, 运算处理部 3 在测量位置坐标( $X_i, Y_j$ )上配置电磁探测部 1 时, 将环形探头 11a 和 11b 检测并产生的检测电平信息  $D_a$  和  $D_b$  作为平行于测量位置坐标( $X_i, Y_j$ )所对应的 XY 平面的数据, 在存储部 32 存放检测电平信息  $D_a(X_i, Y_j)$  和  $D_b(X_i, Y_j)$ 。而且, 运算处理部 3 将环形探头 11c 检测并产生的检测电平信息  $D_c$  作为测量位置坐标( $X_i, Y_{j-1}$ )所对应的 z 轴方向的数据, 在存储部 32 存放检测电平信息  $D_c(X_i, Y_{j-1})$ 。即, 计算处理部 3 将环形探头 11a 和 11b 检测并产生的检测电平信息  $D_a$  和  $D_b$ 、以及环形探头 11c 检测并产生的检测电平信息  $D_c$  分别存放到与不同的测量位置坐标带有对应关系的数据表。

接着, 运算处理部 3 判断当前的暂时变量  $j$  是否为  $j>1$ (步骤 S16)。运算处理部 3 在  $j=1$  时, 不完成后面说明的步骤 S17 的处理, 因而在下一步骤 S21 时暂时变量  $j+1$  后, 返回上述步骤 S13, 重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S21 后, 执行上述步骤 S13, 从而使 XY 载物台 5 的台面往-Y 轴方向移动距离  $p$ 。运算处理部 3 在  $j>1$  时, 使处理进至下一步骤 S17。

步骤 S17 中, 运算处理部 3 使用存储部 32 存放的检测电平信息  $D_a$ ~ $D_c$  运算磁场电平  $D_{xyz}$ 。此磁场电平  $D_{xyz}$  表示 XYZ 轴分量(即 3 维)的磁场电平。运算处理部 3 通过对与测量位置坐标( $X_i, Y_{j-1}$ )带有对应关系地存放的各检测电平信



息  $D_a(X_i, Y_{j-1})$ 、 $D_b(X_i, Y_{j-1})$  和  $D_c(X_i, Y_{j-1})$  进行平方相加后取平均，计算测量座标  $(X_i, Y_{j-1})$  的磁场电平  $D_{xyz}(X_i, Y_{j-1})$ 。即，运算处理部 3 根据式 1，计算磁场电平  $D_{xyz}(X_i, Y_{j-1})$ ，将其结果存放到存储部 32 的数据表。

[式 1]

$$D_{xyz}(x_i, y_{j-1}) = \sqrt{\{D_a(x_i, y_{j-1})\}^2 + \{D_b(x_i, y_{j-1})\}^2 + \{D_c(x_i, y_{j-1})\}^2} \dots (1)$$

接着，运算处理部 3 判断对当前设定的 X 轴坐标  $x_i$ ，Y 轴方向的测量是否结束(步骤 S18)。在对 X 轴坐标  $x_i$ ，Y 轴方向的测量未结束时，运算处理部 3 在下一步骤 S21 中使暂时变量  $j+1$  后，返回上述步骤 S13，重复进行处理。运算处理部 3 在对 X 轴坐标  $x_i$ ，Y 轴方向的测量结束时，使处理进至下一步骤 19。

在步骤 S19 中，运算处理部 3 判断对当前设定的 X 轴坐标  $X_i$  是否为测量对象的最后坐标。在 X 轴坐标  $X_i$  不是测量对象的最后的座标时，运算处理部 3 在下一步骤 S22 中使变量  $i+1$  之后，返回上述步骤 S12，重复进行处理。运算处理部 3 在 X 轴坐标  $X_i$  是测量对象的最后坐标时，使处理进至下一步骤 S20。

步骤 S20 中，运算处理部 3 使用存储部 32 存放的每一测量位置坐标的磁场电平  $D_{xyz}$  运算测量的 XY 平面的邻近电磁场分布后，将其输出到输出装置(图中未示出)，从而结束该流程图的处理。如上文所述，磁场电平  $D_{xyz}$  表示每一测量位置坐标的 3 维磁场电平，可对被测量物 HP 运算高精度的电磁场分布。

运算处理部 3 在上述步骤 S19 的判断中判断为 X 轴坐标  $x_i$  是测量对象的最后坐标后，也可不执行上述步骤 S17。这时，运算处理部 3 接收全部检测电平信息  $D_a \sim D_c$  后，集中运算每一测量位置坐标的磁场电平  $D_{xyz}$ 。

上述运算处理部 3 进行的电磁场分布运算处理中，配置多个环形探头 11a~11c 的组，也可通过对各组进行同样的运算处理加以实现。此时，可同时测量广范围的邻近电磁场分布。

## 实施例 2

说明实施例 2 的电磁波测量装置。该电磁波测量装置以最小限度的磁场检测探头和电磁场电平检测部的组成测量大范围的邻近电磁场分布，并通过减小移动被测量物的范围，谋求驱动系统的小型化。实施例 2 的电磁波测量装置的组成与用图 1 说明的实施例 1 的电磁波测量装置相同，因而省略详细说明。实施例 2 的电磁波测量装置具有的电磁场电平检测部 2 和运算处理部 3 的组成也与用图 4 说明的实施例 1 的电磁场电平检测部 2 和运算处理部 3 相同，因而省

略详细说明。

参照图 8 说明实施例 2 的电磁波测量装置的电磁探测部 1 具有的多个磁场检测探头。作为一个例子，用与实施例 1 相同的环形探头构成该电磁波测量装置具有的磁场检测探头。图 8 是说明一例电磁探测部 1 中的环形探头配置用的、从 +Z 轴方向(参考图 1)看的探头配置图(即被测量物 HP 在图 8 纸面的背后侧)。如上文所述，环形探头上连接有分别与磁场电平检测部 2 连接用的传输线路，并且用固定构件固定到支持部 6，但为了说明简便，图 8 中省略该传输线路和固定构件，进行阐述。

图 8 中，实施例 2 的电磁探测部 1 由 9 个环形探头 11a~11i 构成上述多个磁场检测探头，而且还具有 8 个空环形探头 12a~12h。环形探头 11a~11i 原理上根据法拉第定律，将导线做成环形，从而能检测磁场。环形探头 11a~11i 对与环平面垂直的磁场呈现最大的接收强度，对与环平面平行的磁场则接收强度为 0。环形探头 11a~11i 连接在由同轴线构成的用于连接电磁场电平检测部 2 的上述传输线路的芯线与地之间。下文中，统称电磁探测部 1 具有的环形探头 11a~11i 进行说明时，记为环形探头 11。

设置 8 个空环形探头 12a~12h，以改善环形探头 11a~11i 的接收特性的电场耦合对称性。空环形探头 12a~12h 的组成与环形探头 11 相同，但不连接同轴线构成的用于连接电磁场电平检测部 2 的上述传输线路的芯线。即，电磁场电平检测部 2 不连接空环形探头 12a~12h，不接收来自它们的电信号。

环形探头 11a 和 11b 的环平面都配置成平行于图示的 Z 轴。环形探头 11a 和 11b 的环形平面相互形成 90 度的角度，对图示的 X 轴分别形成 45 度的角度。而且，环形探头 11a 和 11b 的环中心的距离为间距 p，并且配置成各自的磁场检测空间没有其它环形探头干扰。即，环形探头 11a 和 11b 在图示的 +Z 轴方向看时，形成大致八字形状。

环形探头 11c 的环形平面配置成对 XY 平面平行。即，环形探头 11c 的环形平面配置成对环形探头 11a 和 11b 的环形平面垂直。而且，将环形探头 11c 的环中心配置在通过环形探头 11a 和 11b 各自的环中心连接线段的中点 m1 的垂直线上，与该连接线段的距离为间距 p，并配置成环形探头 11c 的磁场检测空间没有其它环形探头 11a 和 11b 干扰(与图 3C 相同)。

因此，将环形探头 11a~11c 的环形平面配置成相互垂直，从而能检测 3 维磁场。具体而言，由环形探头 11a 和 11b 检测出与 XY 平面平行的磁场分量，

由环形探头 11c 检测出 Z 轴方向的磁场分量。而且，使环形探头 11a 和 11b 的环形平面相互形成 90 度，使环形探头 11c 的环形平面形成对环形探头 11a 和 11b 的环形平面垂直，并配置成各自的磁场检测空间没有其它环形探头干扰，从而将相邻的环形探头 11a~11c 相互间的耦合抑制到最小。

进而，环形探头 11d，其环形面与环形探头 11c 在同一平面上，而且配置在其环中心从环形探头 11c 的环中心往+X 轴方向隔开间距 p、往+Y 轴方向隔开间距 2p 的位置。即，环形探头 11d 的环平面配置成平行于 XY 平面，并且环中心配置在对中点 m1 往+X 轴方向隔开间距 p、往+Y 轴方向隔开间距 p 的位置上，以检测 Z 轴方向的磁场分量。还配置环形探头 11d，使其配置在对环形探头 11b 与环形探头 11c 面对称的位置，因而其磁场检测空间没有其它的环形探头 11a~11c 干扰。

配置环形探头 11e~11h，使其位置关系分别与上述环形探头 11a~11d 相同。而且，将连接环形探头 11e 和 11f 各自的环中心的连接线段的中点 m3 配置在对中点 m1 往+X 轴方向隔开间距 4p 的位置。即，将环形探头 11e~11h 分别配置在使上述环形探头 11a~11d 往+X 轴方向平行移动间距 4p 的位置。因此，由环形探头 11e 和 11f 检测出与 XY 平面平行的磁场分量，由环形探头 11g 和 11h 检测出 Z 轴方向的磁场分量。

环形探头 11i，其环面与环形探头 11a 和 11e 的环面平行，而且配置在其环中心从环形探头 11e 的环中心往+X 轴方向隔开间距 4p 的位置。即，将环形探头 11i 配置在使上述环形探头 11e 往+X 轴方向平行移动间距 4p 的位置。因此，由环形探头 11i 检测与 XY 平面平行的磁场分量。

配置空环形探头 12a~12d，使其位置关系分别与上述环形探头 11a~11d 相同。而且，将空环形探头 12a 和 12b 的环中心连接线段的中点 m2 配置在对中点 m1 往+X 轴方向隔开间距 2p 的位置。即，分别将空环形探头 12a~12d 配置在使上述环形探头 11a~11d 往+X 轴方向平行移动间距 2p 的位置。

配置空环形探头 12e~12h，使其位置关系分别与上述环形探头 11e~11h 相同。而且，将空环形探头 12e 和 12f 的环中心连接线段的中点 m4 配置在对中点 m3 往+X 轴方向隔开间距 2p 的位置。即，将空环形探头 12e~12h 分别配置在使上述环形探头 11e~11h 往+X 轴方向平行移动间距 2p 的位置。

这样，使环形探头 11a~11d、环形探头 11e~11h 和环形探头 11i 各自的间隔加大，能确保相互绝缘。又将空环形探头 12a~12d 配置在环形探头 11a~

11d 与环形探头 11e~11h 的中间点, 将空环形探头 12e~12h 配置在环形探头 11e~11h 和环形探头 11i 的中间点, 从而对环形探头 11a~11i 检测出的磁场电平改善其接收特性的电磁场耦合对称性。

下面, 参照图 9~图 12 说明实施例 2 的运算处理部 3 的电磁场分布运算处理。图 9 是示出运算处理部 3 进行电磁场分布运算处理的运作的流程图, 图 10 是说明运算处理部 3 使被测量物 HP 移动时的环形探头 11a~11i 的位置用的概略图, 图 11 是说明一例存储部 32 存放的数据表用的图, 图 12 是说明在数据表中写入检测电平信息的基准用的图。说明用上述 9 个环形探头 11a~11i 构成电磁探测部 1 具有的多个磁场检测探头的情况。

实施例 2 的电磁波测量装置对被测量物 HP 的邻近电磁场分布测量中, 预先将电磁探测部 1 对被测量物 HP 的 Z 轴方向的位置(参照图 1)调整到附近, 以便测量 Z 轴方向的距离为一定的 XY 平面的电磁场分布。以 X 和 Y 轴坐标为基准, 按规定的间隔划分上述 XY 平面, 并且该电磁波测量装置将各坐标的交点作为测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  ( $i$  和  $j$  为自然数), 通过移动 XY 载物台 5 的台面, 在每一测量位置坐标测量磁场电平。

图 9 中, 运算处理部 3 将该流程图中表示 X 轴坐标的暂时变量  $i$  设定为初始值 1(步骤 S31)。而且, 运算处理部 3 将该流程图中表示 Y 轴坐标的暂时变量  $j$  设定为初始值 1(步骤 S32)。

接着, 运算处理部 3 根据当前设定的暂时变量  $i$  和  $j$ , 对被测量物 HP 输出载物台驱动数据 TD, 对载物台驱动部 4 进行载物台驱动指示(步骤 S33), 以移动被测量物 HP, 使电磁探测部 1 与测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  一致。

现参照图 10 说明测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  与电磁探测部 1 的位置关系。如上文所述, XY 平面以 X 和 Y 轴坐标为基准, 按上述间距  $p$  加以划分, 通过移动 XY 载物台 5 的台面, 能改变相对于电磁探测部 1 的测量位置坐标。在测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上配置电磁探测部 1 时, 将通过连接环形探头 11a 和 11b 各自的环中心的线段的中点  $m_1$  的 Z 轴方向的垂直线配置成与测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  相交。这时, 环形探头 11c 的环中心由于对上述中点  $m_1$  在 -Y 方向隔开间距  $p$ , 配置在测量位置坐标  $(X_i, Y_{j-1})$  上。环形探头 11d 的环中心由于对上述中点  $m_1$  在 +X 轴方向隔开间距  $p$ 、在 +Y 轴方向隔开间距  $p$ , 配置在测量位置坐标  $(X_{i+1}, Y_{j+1})$  上。环形探头 11e 和 11f 各自的环中心连接线段的中点  $m_3$  由于对中点  $m_1$  在 +X 轴方向隔开间距  $4p$ , 配置在测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_j)$  上。环形探头 11g 的环中

心由于对中心点  $m_3$  在  $-Y$  轴方向隔开间距  $p$ , 配置在测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_{j-1})$  上。环形探头 11h 的环中心由于对中心点  $m_3$  在  $+X$  轴方向隔开间距  $p$ 、在  $+Y$  轴方向隔开间距  $p$ , 配置在测量位置坐标  $(X_{i+5}, Y_{j+1})$  上。环形探头 11i 的环中心由于从环形探头 11e 的环中心往  $+X$  轴方向隔开间距  $4p$ , 配置在测量位置坐标  $(X_{i+7}, Y_j)$  与  $(X_{i+8}, Y_j)$  的中间点。下面, 将在上述测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上配置电磁探测部 1 的 9 个环形探头 11a~11i 添加各自的参考号 “ $(X_i, Y_j)$ ” 记述。

接着, 运算处理部 3 接收检测电平信息  $D_a \sim D_i$ , 作为测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  的磁场数据 (步骤 S34)。步骤 S34 中, 就环形探头 11a  $(X_i, Y_j) \sim 11i (X_i, Y_j)$  检测出的各自的电磁辐射变换成感应电信号后, 如上文所述, 电磁场电平检测部 2 将各感应电信号变换成检测电平信息  $D_a \sim D_i$ , 输出到运算处理部 3。

接着, 运算处理部 3 将上述步骤 S34 中接收的检测电平信息  $D_a \sim D_i$  存放到存储部 32 中设置的规定的数据库 (步骤 S35)。下面, 参照图 10~图 12 说明数据库中存放检测电平信息 ( $D_a \sim D_i$ ) 的方法。

首先, 参照图 10 说明在测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上配置电磁探测部 1 时, 各环形探头 11a  $(X_i, Y_j) \sim 11i (X_i, Y_j)$  检测出的磁场分量。由于环形探头 11a  $(X_i, Y_j)$  和 11b  $(X_i, Y_j)$  各自的环中心连接线段的中点  $m_1$  配置在测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上, 环形探头 11a  $(X_i, Y_j)$  和环形探头 11b  $(X_i, Y_j)$  检测出平行于测量位置坐标  $(X_i, Y_j)$  上的  $XY$  平面的磁场分量。由于环形探头 11c  $(X_i, Y_j)$  的环中心配置在测量位置坐标  $(X_i, Y_{j-1})$  上, 环形探头 11c  $(X_i, Y_j)$  检测出测量位置坐标  $(X_i, Y_{j-1})$  上的  $Z$  轴方向的磁场分量。由于环形探头 11d  $(X_i, Y_j)$  的环中心配置在测量位置坐标  $(X_{i+1}, Y_{j+1})$  上, 环形探头 11d  $(X_i, Y_j)$  检测出测量位置坐标  $(X_{i+1}, Y_{j+1})$  上的  $Z$  轴方向的磁场分量。由于环形探头 11e  $(X_i, Y_j)$  和 11f  $(X_i, Y_j)$  各自的环中心连接线段的中点  $m_3$  配置在测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_j)$  上, 环形探头 11e  $(X_i, Y_j)$  和环形探头 11f  $(X_i, Y_j)$  检测出平行于测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_j)$  上的  $XY$  平面的磁场分量。由于环形探头 11g  $(X_i, Y_j)$  的环中心配置在测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_{j-1})$  上, 环形探头 11g  $(X_i, Y_j)$  检测出测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_{j-1})$  上的  $Z$  轴方向的磁场分量。由于环形探头 11h  $(X_i, Y_j)$  的环中心配置在测量位置坐标  $(X_{i+5}, Y_{j+1})$  上, 环形探头 11h  $(X_i, Y_j)$  检测出测量位置坐标  $(X_{i+5}, Y_{j+1})$  上的  $Z$  轴方向的磁场分量。

现关注环形探 11b  $(X_i, Y_j)$ 。环形探头 11b  $(X_i, Y_j)$  在对位于  $X$  轴坐标  $X_{i+1}$  的  $YZ$  平面面对称的位置配置另一环形探头 (图 10 中所示的环形探头  $\alpha$ ) 时, 环

形探头 11b( $X_i, Y_j$ ) 和  $\alpha$  的环中心连接线段的中点成为测量位置坐标( $X_{i+1}, Y_j$ )。因此, 环形探头 11b( $X_i, Y_j$ ) 同时检测出平行于与测量位置坐标( $X_i, Y_j$ ) 和( $X_{i-1}, Y_j$ ) 对应的 XY 平面的磁场分量。这样同时检测出 2 个测量位置坐标的环形探头是检测出平行于 XY 平面的磁场分量的探头(即环形探头 11a、11b、11e、11f 和 11i), 同时检测出平行于以配置位置为基准设定在 X 轴方向的前后 2 个坐标所对应的 XY 平面的磁场分量。

图 11 中, 在存储部 32 存放使检测电平信息和磁场电平与测量位置坐标带有对应关系的数据表。实施例 2 的数据表按照进行检测的环形探头 11 的方向将各检测电平信息分类。具体而言, 环形探头 11a、11e 和 11i 检测出的检测电平信息 Da、De 和 Di 属于第 1 组。环形探头 11b 和 11f 检测出的检测电平信息 Db 和 Df 属于第 2 组。环形探头 11c、11d、11g 和 11h 检测出的检测电平信息 Dc、Dd、Dg 和 Dh 属于第 3 组。如上文所述, 环形探头 11a~11i 进行检测的测量位置坐标不同, 因而运算处理部 3 在上述步骤 35 根据图 12 按照各测量位置坐标示出的基准, 将检测电平信息 Da~Di 存放到它们的记录区。

具体而言, 运算处理部 3 将环形探头 11a( $X_i, Y_j$ ) 得到的信息作为变换平行于测量位置坐标( $X_{i-1}, Y_j$ ) 和( $X_i, Y_j$ ) 所对应的 XY 平面的磁场分量后获得的检测电平信息 Da( $X_{i-1}, Y_j$ ) 和 Da( $X_i, Y_j$ ), 使其与各自的测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 1 组。运算处理部 3 将环形探头 11b( $X_i, Y_j$ ) 得到的信息作为变换平行于测量位置坐标( $X_i, Y_j$ ) 和( $X_{i+1}, Y_j$ ) 所对应的 XY 平面的磁场分量后获得的检测电平信息 Db( $X, Y_j$ ) 和 Db( $X_{i+1}, Y_j$ ), 使其与各自的测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 2 组。运算处理部 3 将环形探头 11c( $X_i, Y_j$ ) 得到的信息作为变换测量位置坐标( $X_i, Y_{j-1}$ ) 所对应的 Z 轴方向的磁场分量后获得的检测电平信息 Dc( $X_i, Y_{j-1}$ ), 使其与测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 3 组。运算处理部 3 将环形探头 11d( $X_i, Y_j$ ) 得到的信息作为变换测量位置坐标( $X_{i+1}, Y_{j+1}$ ) 所对应的 z 轴方向的磁场分量后获得的检测电平信息 Dd( $X_{i+1}, Y_{j+1}$ ), 使其与测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 3 组。

运算处理部 3 将环形探头 11e( $X_i, Y_j$ ) 得到的信息作为变换平行于测量位置坐标( $X_{i+3}, Y_j$ ) 和( $X_{i+4}, Y_j$ ) 所对应的 XY 平面的磁场分量后获得的检测电平信息 De( $X_{i+3}, Y_j$ ) 和 De( $X_{i+4}, Y_j$ ), 使其与各自的测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 1 组。运算处理部 3 将环形探头 11f( $X_i, Y_j$ ) 得到的信息作为变换

平行于测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_j)$  和  $(X_{i+5}, Y_j)$  所对应的 XY 平面的磁场分量后获得的检测电平信息  $Df(X_{i+4}, Y_j)$  和  $Df(X_{i+5}, Y_j)$ , 使其与各自的测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 2 组。运算处理部 3 将环形探头 11g  $(X_i, Y_j)$  得到的信息作为变换测量位置坐标  $(X_{i+4}, Y_{j-1})$  所对应的 Z 轴方向的磁场分量后获得的检测电平信息  $Dg(X_{i+4}, Y_{j-1})$ , 使其与测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 3 组。运算处理部 3 将环形探头 11h  $(X_i, Y_j)$  得到的信息作为变换测量位置坐标  $(X_{i+5}, Y_{j+1})$  所对应的 Z 轴方向的磁场分量后获得的检测电平信息  $Dh(X_{i+5}, Y_{j+1})$ , 使其与测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 3 组。运算处理部 3 将环形探头 11i  $(X_i, Y_j)$  得到的信息作为变换平行于测量位置坐标  $(X_{i+7}, Y_j)$  和  $(X_{i+8}, Y_j)$  所对应的 XY 平面的磁场分量后获得的检测电平信息  $Di(X_{i+7}, Y_j)$  和  $Df(X_{i+8}, Y_j)$ , 使其与各自的测量位置坐标带有对应关系, 并存放到数据表的第 1 组。

接着, 运算处理部 3 判断对当前设定的 X 轴坐标  $x_i$ , Y 轴方向的测量是否结束(步骤 S37)。运算处理部 3 在对 X 轴坐标  $x_i$ , Y 轴方向的测量没有结束时, 使处理进至下一步骤 S40, 而在 Y 轴方向的测量结束时, 使处理进至下一步骤 S37。

步骤 S40 中, 运算处理部 3 判断当前的暂时变量  $i$  是否  $i=3$ 。运算处理部 3 在  $i \neq 3$  时, 使处理进至下一步骤 S41, 而在  $i=3$  时, 使处理进至下一处理步骤 S42。

步骤 S41 中, 运算处理部 3 使暂时变量  $j+1$  后, 返回上述步骤 S33, 重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S41 后, 执行上述步骤 S33, 从而使 XY 载物台 5 的台面往 -Y 轴方向移动距离  $p$ 。即, 电磁探测部 1 相对于测量位置坐标往 +Y 方向移动距离  $p$ 。下文中, 将此移动记为往去程方向移动。

另一方面, 步骤 S42 中, 运算处理部 3 使暂时变量  $j-1$  后, 返回上述步骤 S33, 重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S42 后, 执行上述步骤 S33, 从而使 XY 载物台 5 的台面往 +Y 轴方向移动距离  $p$ 。即, 电磁探测部 1 相对于测量位置坐标往 -Y 轴方向移动距离  $p$ 。下文中, 将此移动记为往回程方向移动。

步骤 S37 中, 运算处理部 3 判断当前的暂时变量  $i$  是否  $i=3$ 。运算处理部 3 在  $i \neq 3$  时, 使处理进至下一步骤 S43, 而在  $i=3$  时, 使处理进至下一处理步骤 S38。

步骤 S43 中，运算处理部 3 使暂时变量  $i+2$  后，返回上述步骤 S33，重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S43 后，执行上述步骤 S33，从而使 XY 载物台 5 的台面往  $-X$  轴方向移动距离  $2p$ 。即，电磁探测部 1 相对于测量位置坐标往  $+X$  方向移动距离  $2p$ 。

现关注上述步骤 S43 和 S42。如上文所述，步骤 S42 是电磁探测部 1 相对于测量位置坐标往  $-Y$  轴方向移动距离  $p$  的往回程方向的移动处理，并且在执行步骤 S43 后执行。即，电磁探测部 1 以间距  $p$  进行往去程方向的移动，到达规定的终点后，以间距  $2p$  进行往  $+X$  轴方向的移动，并以间距  $p$  进行往回程方向的移动。例如，将图 10 所示的环形探头  $11a\sim 11i$  的位置作为往去程方向移动的中途时，中点  $m1$  和  $m3$  因分别往回程方向移动而在  $X$  轴坐标  $x_{i+2}$  和  $x_{i+6}$  上往  $-Y$  轴方向移动。即，通过利用往回程方向移动测量配置图 8 所示的空环形探头  $12a\sim 12h$  的区域，借助上述往去程和回程方向的移动能得当地高效测量对应于测量位置坐标的磁场电平。图 11 所示用双线包围的检测电平信息是利用上述往回程方向移动测量的数据。

步骤 S38 中，运算处理部 3 使用存储部 32 中存放的检测电平信息  $Da\sim Di$  运算磁场电平  $D_{XYZ}$ 。此磁场电平  $D_{XYZ}$  表示  $XYZ$  轴分量(即 3 维)的磁场电平。如图 11 的最下栏所示，为了说明简便，分别将第 1 组所属的检测电平信息  $Da(x_i, y_j)$ 、 $De(x_i, y_j)$  和  $Di(x_i, y_j)$ 、第 2 组所述的检测电平信息  $Db(x_i, y_j)$  和  $Df(x_i, y_j)$ 、以及第 3 组所属的检测电平信息  $Dc(x_i, y_j)$ 、 $Dd(x_i, y_j)$ 、 $Dg(x_i, y_j)$  和  $Dh(x_i, y_j)$  定义为检测电平信息  $Dx(x_i, y_j)$ 、检测电平信息  $Dy(x_i, y_j)$ 、以及  $Dz(x_i, y_j)$ 。运算处理部 3 对测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  上的磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$  将各自与测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  有对应关系地所存放的各检测电平信息  $Dx(x_i, y_j)$ 、 $Dy(x_i, y_j)$  和  $Dz(x_i, y_j)$  用平方相加后取平均的方法进行运算。即，运算处理部 3 利用式 2 依次计算所有磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$ ，将其结果存放到存储部 32 的数据表。

[式 2]

$$D_{XYZ}(x_i, y_j) = \sqrt{\{D_a(x_i, y_j)\}^2 + \{D_b(x_i, y_j)\}^2 + \{D_c(x_i, y_j)\}^2 + \dots} \quad (2)$$

接着，运算处理部 3 使用存储部 32 存放的每一测量位置坐标的磁场电平  $D_{XYZ}$  运算测量的  $XY$  平面的邻近电磁场分布，将其输出到输出装置(未示出)(步骤 S39)，从而结束该流程图的处理。

如上所述，磁场电平  $D_{XYZ}$  表示每一测量位置坐标的 3 维磁场电平，因而能



对被测量物 HP 运算高精度的邻近电磁场分布。此外，实施例 2 的电磁波测量装置利用一次往返移动(往去程和回程方向的移动)，可对 X 轴方向设置的所有的 8 个测量位置坐标  $x_i \sim x_{i+7}$  计算邻近电磁场分布。又可用 9 环形探头的测量实现这种 3 维而且大范围的邻近电磁场分布的测量，因而能使装置的组成简化，谋求大幅度降低成本。而且，由于仅往 X 轴方向移动  $2p$ ，就能确保 X 轴方向上间距  $7p$  的测量，可实现使载置被测量物 Hp 的台面移动的驱动系统装置的小型化。

上述实施例 2 的说明中，以一次往返移动就结束电磁波的测量，但也可在该往返移动后，进一步将 +X 轴方向的区域作为电磁波测量对象区，使被测量物 HP 移动，继续进行同样的测量动作。

### 实施例 3

说明实施例 3 的电磁波测量装置。此电磁波测量装置使用高精度的磁场检测探头测量高精度且范围大的邻近电磁场分布，并通过缩小被测量物移动的范围，谋求驱动系统的小型化。实施例 3 的电磁波测量装置的组成与用图 1 说明的实施例 1 的电磁波测量装置相同，因而省略详细说明。实施例 3 的电磁波测量装置具有的电磁场电平检测部 2 和运算处理部 3 的组成也与用图 4 说明的实施例 1 的电磁场电平检测部 2 和运算处理部 3 相同，也省略详细说明。

参照图 13 说明实施例 3 的电磁波测量装置使用的磁场检测探头。实施例 3 中使用的磁场检测探头用与实施例 1 相同的环形探头构成，但将其结构做成屏蔽结构，从而可进行高精度的磁场检测。原理上，根据法拉第定律，将导线做成环形，可检测磁场，但这时不仅检测出磁场，而且也同时检测出电场，所以不能仅正确地检测磁场。因此，如图 13 所示，实施例 3 中使用的环形探头 11 的结构具有同轴管部 111 和铜线部 112。同轴管部 111 例如通过将用  $\phi 1\text{mm}$ 、 $50\ \Omega$  的同轴管构成的连接电磁场电平检测部 2 用的传输线路前端部附近弯成环形圆弧状，形成环形探头 11 的一个大致半圆弧部分，成为检测电磁波的馈电点。另一方面，铜线部 112 通过将同轴管部 111 线径相同的铜线弯成圆弧状，形成环形探头 11 的另一大致圆弧部分。将铜线部 112 的一端焊接在同轴管部 111 的根部(即形成圆弧的同轴管部 111 与传输线路的边界附近)。铜线部 112 的另一端与同轴管部 111 的前端部隔开规定的间隙(例如  $0.5\text{mm}$ )，从而形成缝隙 113。同轴管部 111 的芯线 114 从同轴管部 111 的上述前端部露出，穿过上述缝隙 113，与铜线部 112 的另一端焊接在一起。

参照图 14 说明上述环形探头 11 的特性。图 14A 是示出验证环形探头 11 中获得的邻近磁场分布特性用的实验模型的概略图,图 14B 是示出环形探头 11 中获得的邻近磁场分布特性的曲线。

图 14A 中,验证环形探头 11 中获得的邻近磁场分布特性用的实验模型使用  $\lambda/2$  偶极天线 ANT 测量 900MHz 的邻近磁场分布。然后,对在偶极天线 ANT 侧配置同轴管部 111p 的环形探头 11p 和在偶极天线 ANT 侧配置铜线部 112q 的环形探头 11q 进行比较。作为磁场分布测量点,使环形探头 11p 和 11q 的环中心离开偶极天线 ANT 距离 p,并且在图 14 中纸面的左右方向移动,以测量每一坐标的归一化强度(dB)。

图 14B 示出这样测量的邻近磁场分布。从图 14B 可知,环形探头 11p 和 11q 中测量的邻近磁场分布为非对称。具体而言,图 14B 中用×号表示的环形探头 11p 的测量结果为右方升高的分布,图 14B 中用圆圈号表示的环形探头 11q 的测量结果为左方升高的分布。可认为其原因在于环形探头的非均衡性引起的电场影响。这里,对环形探头 11p 和 11q 中测量的邻近磁场分布进行平均处理,抵消上述非对称性(图 14B 中所示的△号)。该平均处理后的环形探头 11p 和 11q 中测量的邻近磁场分布为与理论值几乎相等的接收特性。这样,通过使环形探头 11 为上述屏蔽结构,并进行平均,能获得高精度检测出的邻近磁场分布,几乎不受电场影响。

下面,参照图 15 说明一例电磁探测部 1 中的环形探头的配置。图 15 是说明一例具有上述屏蔽结构的环形探头 11 的配置用的、从+Z 轴方向看的探头配置图(即被测量物 HP 在图 15 中纸面的背后方)。如上文所述,环形探头 11 上分别连接与电磁场电平检测部 2 连接用的传输线路,并利用固定构件固定在支持部 6 上,但为了说明简便,图 15 中省略该传输线路和固定构件进行说明。

图 15 中,实施例 3 的电磁波探测部 1 包含具有上述屏蔽结构的 9 个环形探头 11a~11i 和 8 个空环形探头 12a~12h。配置环形探头 11a~11i 和 8 个空环形探头 12a~12h 和环中心的位置和环平面的方向与上述实施例 2 相同,因而省略详细说明。

现说明构成环形探头 11a~11i 的同轴管部 111、铜线部 112 和缝隙 113 的配置方向。将环形探头 11a、11e 和 11i 分别配置成其形成的缝隙 113 朝向-Z 轴方向,同轴管部 111 朝向纸面左下方向。将环形探头 11b 和 11f 分别配置成其形成的缝隙 113 朝向-Z 轴方向,同轴管部 111 朝向纸面右下方。将环形探

头 11c 和 11g 分别配置成其缝隙 113 朝向+Y 轴方向,同轴管部 111 朝向-X 轴方向。将环形探头 11d 和 11h 配置成其缝隙 113 朝向-Y 轴方向,同轴管部 111 朝向+X 轴方向。

下面,参照图 16~图 20 说明实施例 3 的计算处理部 3 的电磁场分布计算处理。图 16 是示出运算处理部 3 进行电磁场分布运算处理的运作的流程图,图 17 是示出进行图 16 中的步骤 58 的平均处理的运作的子程序,图 18 是说明运算处理部 3 使被测量物 HP 移动时的环形探头 11a~11i 的位置用的概略图,图 19 是说明平均处理中的环形探头 11a 和 11b 的位置关系用的概略图,图 20 是说明一例存储部 32 存放的数据表用的图。说明电磁探测部 1 具有的多个磁场检测探头由上述 9 个环形探头 11a~11i 构成的情况。

实施例 3 的电磁波测量装置对被测量物 HP 的邻近电磁场分布测量中,预先将电磁探测部 1 对被测量物 HP 的 Z 轴方向的位置调整到附近(参考图 1),并测量 Z 轴方向的距离为一定的 XY 平面的邻近磁场分布。上述 XY 平面以 X 和 Y 轴坐标为基准,按上述间距 p 加以划分,该电磁波测量装置将各坐标的交点作为测量位置下部 $(x_i, y_j)$ (i 和 j 为自然数),使 XY 载物台 5 的台面移动,从而对每一测量位置坐标测量磁场电平。

图 16 中,运算处理部 3 进行的步骤 S51~S54 的运作与实施例 2 中用图 9 说明的步骤 S31~S343 相同,因而省略详细说明。

接着,运算处理部 3 将上述步骤 S54 中接收的检测电平信息  $D_a \sim D_i$  存放在存储部 32 设置的规定数据表(步骤 S55)。实施例 3 的在数据表存放检测电平信息  $D_a \sim D_i$  的方法与实施例 2 相同,但实施例 3 在存储部 32 设置的数据表不同。

图 20 中,实施例 3 的数据表使检测电平信息和磁场电带有与测量位置坐标的对应关系地存放。实施例 3 中的数据表也按进行检测的环形探头 11 的方向将各检测电平信息分类。具体而言,环形探头 11a、11e 和 11i 检测出的检测电平信息  $D_a$ 、 $D_e$  和  $D_i$  属于第 1 组。环形探头 11b、11f 和 11h 检测出的检测电平信息  $D_b$  和  $D_f$  属于第 2 组。环形探头 11c、11d、11g 和 11h 检测出的检测电平信息  $D_c$ 、 $D_d$ 、 $D_g$  和  $D_h$  属于第 3 组。实施例 3 中使用的数据表还利用被测量物 HP 相对于电磁探测部 1 往 Y 轴方向移动的第 1 次往返移动和后面说明的平均处理中进行的往返移动,分别设定使用的存储区。即,对为上述第 1 次往返移动而设定的存储区,在与上述分类为第 1~第 3 组的测量位置坐标有对应关

系的区域存放上述步骤 S55 中检测出的检测电平信息  $D_a \sim D_i$ 。实施例 3 中, 环形探头 11a~11i 检测的测量位置坐标不同, 但运算处理部 3 在基于符合图 12 中所示的各测量位置坐标的基准的区域存放检测电平信息  $D_a \sim D_i$ 。

接着, 运算处理部 3 进行的步骤 S56、S57 和 S61~S64 的运作与实施例 2 用图 9 说明的步骤 S36、S37 和 S40~S43 的运作相同, 因而省略详细说明。

在上述步骤 S57 中, 运算处理部 3 判断当前的暂时变量  $i$  是否  $i=3$ , 在  $i=3$  时, 使处理进至下一步骤 S58。到此处理为止, 如实施例 2 所说明那样, 电磁探测部 1 以间距  $p$  往去程方向移动, 到达规定终点后, 以间距  $2p$  进行往+X 方向的移动, 并以间距  $p$  进行往回程方向的移动。例如, 将图 18 中所示的环形探头 11a~11i 的位置作为往去程方向移动的中途时, 中点  $m1$  和  $m3$  因分别往回程方向移动而在 X 轴坐标  $x_{i+2}$  和  $x_{i+6}$  上往-Y 轴方向移动。即, 通过利用往回程方向移动测量配置图 15 所示的空环形探头 12a~12h 的区域, 借助上述往去程和回程方向的移动能得当地高效测量对应于测量位置坐标的检测电平信息  $D_a \sim D_i$ 。因此, 在图 20 所示的对上述第 1 次往返运动进行存储的存储区中, 已经存放有对应于测量位置坐标  $(x_i, y_i)$  的检测电平信息  $D_a \sim D_i$ 。

步骤 S58 中, 运算处理部 3 进行平均处理。图 17 是示出步骤 S58 进行平均处理的运作的子程序, 下面参照图 17 说明平均处理。利用此平均处理, 电磁探测部 1 相对于被测量物 HP 进行第 2 次往返移动。

图 17 中, 运算处理部 3 将该流程图中表示 X 轴坐标的暂时变量  $i$  设定为 2 (步骤 S581)。接着, 运算处理部 3 根据当前设定的暂时变量  $i$  和  $j$  输出载物台驱动数据 TD, 以便移动被测量物 HP, 使电磁探测部 1 在测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  上对被测量物 HP 一致 (步骤 S582)。然后, 运算处理部 3 接收检测电平信息  $D_a \sim D_i$ , 作为测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  上的磁场数据 (步骤 S583)。运算处理部 3 在上述步骤 S582 和 S583 进行的运作与上述步骤 S53 和步骤 S54 相同 (即实施例 2 中说明的图 9 的步骤 S33 和 S34)。

为了具体说明, 现阐述上述暂时变量  $i=2$  的电磁探测部 1 的位置。例如, 将图 18 中所示的环形探头 11a~11i 的位置作为上述步骤 S53 中往去程方向移动的中途时, 中点  $m1$  和  $m3$  因上述步骤 S53 中分别往回程方向移动而在 X 轴坐标  $x_{i+2}$  和  $x_{i+6}$  上移动。即, 借助该平均处理前进行的第 1 次往返移动, 中点  $m1$  每一间距  $p$  都在 X 轴坐标  $x_i$  和  $x_{i+2}$  上往 Y 轴方向移动, 并且中点  $m3$  每一间距  $p$  都在 X 轴坐标  $x_{i+4}$  和  $x_{i+6}$  上往 Y 轴方向移动。然后, 将该平均处理中  $i=2$

的中点  $m1$  和  $m3$  配置在从  $X$  轴坐标  $x_i$  和  $x_{i+4}$  往  $+X$  轴方向移动间距  $p$  的位置，即配置在  $X$  轴坐标  $x_{i+1}$  和  $x_{i+5}$  上。借助后面说明的往  $+Y$  轴方向的移动动作，中点  $m1$  和  $m3$  每一间距  $p$  都在  $X$  轴坐标  $x_{i+1}$  和  $x_{i+5}$  上移动。进而，利用后面说明的往  $+X$  轴方向的移动动作，将中点  $m1$  和  $m3$  配置在从  $X$  轴坐标  $x_{i+1}$  和  $x_{i+5}$  往  $+X$  轴方向移动  $2p$  的位置，即配置在  $X$  轴坐标  $x_{i+3}$  和  $x_{i+7}$  上，并且利用往  $-Y$  轴方向的移动动作，该中点每一间距  $p$  在  $X$  轴坐标  $x_{i+3}$  和  $x_{i+7}$  上移动。即，利用该平均处理中进行的第 2 次往返移动，中点  $m1$  每一间距  $p$  在  $X$  轴坐标  $x_{i+1}$  和  $x_{i+3}$  上往  $Y$  轴方向移动，中点  $m3$  每一间距  $p$  在  $X$  轴坐标  $x_{i+5}$  和  $x_{i+7}$  上往  $Y$  轴方向移动。

现关注环形探头 11a 和 11b。如上文所述，第 1 次去程移动的中点  $m1$  以间距  $p$  在  $X$  轴坐标  $x_i$  上移动，因而这时的环形探头 11b 检测出平行于对测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  和  $(x_{i+1}, y_j)$  的  $XY$  平面的磁场分量。另一方面，第 2 次去程移动的中点  $m1$  以间距  $p$  在  $X$  轴坐标  $x_{i+1}$  上移动，因而这时的环形探头 11a 也检测出平行于对同一测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  和  $(x_{i+1}, y_j)$  的  $XY$  平面的磁场分量。即，第 2 次去程移动的环形探头 11a，以其环中心与第 1 次去程移动的环形探头 11b 的环中心位置重叠的方式，测量磁场分量。

参照图 19 详细说明上述环形探头 11a 和 11b 的重叠。图 19 示出配置在测量位置坐标  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_1)$  之间的第 1 次去程移动的环形探头 11b 和用虚线表示的第 2 次去程移动的环形探头 11a 的状态。如图 19 所示，第 1 次去程移动的环形探头 11b 对测量位置坐标  $(x_1, y_1)$  接近铜线部 112b，对测量位置坐标  $(x_2, y_1)$  接近同轴管部 112b。另一方面，第 2 次去程移动的环形探头 11a 对测量位置坐标  $(x_1, y_1)$  接近同轴管部 111a，对测量位置坐标  $(x_2, y_1)$  接近铜线部 112a。即，可知第 1 次去程移动的环形探头 11b 和第 2 次去程移动的环形探头 11a 对相同的测量位置坐标  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_1)$  检测出平行于  $XY$  平面的磁场分量，但同轴管部 111 的方向相反。因此，通过对第 1 次去程移动的环形探头 11b 和第 2 次去程移动的环形探头 11a 所测量的检测电平详细  $Db$  和  $Da$  进行平均处理，能抵消上述非对称性，获得对测量位置坐标  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_1)$  的高精度磁场电平数据。

这种测量位置坐标  $(x_1, y_1)$  的重叠，在其它环形探头中也发生。在检测平行于  $XY$  平面的磁场分量中，发生在环形探头 11a、11e 和 11i 与环形探头 11b 和 11f 之间。在  $Z$  轴方向的磁场分量的检测中，发生在环形探头 11c 和 11g 与环形探头 11d 和 11i 之间。任一重叠状态，都通过把构成环形探头 11a~11i 的同轴

管部 111、铜线部 112 的缝隙 113 配置在上述图 15 的方向，从而能用平均处理抵消检测电平信息  $D_a \sim D_i$  具有的非对称性，获得高精度的磁场电平数据。

返回图 17，运算处理部 3 将上述步骤 S583 中接收的检测电平详细  $D_a \sim D_i$  存放到存储部 32 设置的上述数据表(步骤 S584)。此步骤 S584 中在数据表存放检测电平信息  $D_a \sim D_i$  的方法与上述步骤 S55 相同，但写入的存储区不同。对为上述第 2 次往返移动而设定的存储区，将上述步骤 S584 的检测电平信息  $D_a \sim D_i$  分类为上述第 1~第 3 组，存放到与测量位置坐标有对应关系的区域。上述步骤 S584 中，环形探头 11a~11i 检测的测量位置坐标也不同，但运算处理部 3 将检测电平信息  $D_a \sim D_i$  存放到基于符合图 12 所示的各测量位置坐标的基准的区域。

接着，运算处理部 3 对当前设定的 X 轴坐标  $x_i$  判断 Y 轴方向的测量是否结束(步骤 S585)。运算处理部 3 在对 X 轴坐标  $x_i$  Y 轴方向的测量未结束时，使处理进至下一步骤 S587，而在 Y 轴方向的测量结束时，使处理进至下一步骤 S586。

步骤 S587 中，运算处理部 3 判断当前的暂时变量  $i$  是否  $i=4$ 。运算处理部 3 在  $i \neq 4$  时，使处理进至下一步骤 S588，而在  $i=4$  时，使处理进至下一步骤 S589。

步骤 S588 中，运算处理部 3 使暂时变量  $j+1$  后，返回上述步骤 S582，重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S588 后，执行上述步骤 S582，从而使 XY 载物台 5 的台面往 -Y 方向移动距离  $p$ 。即，电磁探测部 1 对测量位置坐标往 +Y 轴方向移动距离  $p$ 。此移动是第 2 次的往去程方向的移动。

另一方面，步骤 S589 中，运算处理部 3 使暂时变量  $j-1$  后，返回上述步骤 S582，重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S589 后，执行上述步骤 S582，从而使 XY 载物台 5 的台面往 +Y 方向移动距离  $p$ 。即，电磁探测部 1 对测量位置坐标往 -Y 轴方向移动距离  $p$ 。此移动是第 2 次的往回程方向的移动。

步骤 S586 中，运算处理部 3 判断当前的暂时变量  $i$  是否  $i=4$ 。运算处理部 3 在  $i \neq 4$  时，使处理进至下一步骤 S590，而在  $i=4$  时，结束该子程序的处理，并使处理进至图 16 的步骤 S59。

步骤 S590 中，运算处理部 3 使暂时变量  $i+2$  后，返回上述步骤 S582，重复进行处理。运算处理部 3 执行上述步骤 S590 后，执行上述步骤 S582，从而使 XY 载物台 5 的台面往 -X 方向移动距离  $2p$ 。即，电磁探测部 1 对测量位置坐标往 +X 轴方向移动距离  $2p$ 。

现关注上述步骤 S590 和 S589。如上文所述，步骤 S589 是电磁探测部 1 对测量位置坐标往-Y 方向移动距离  $p$  的往回程方向的移动处理，在执行步骤 S590 后执行。即，电磁探测部 1 以间距  $p$  进行第 2 次往去程方向的移动，到达规定终点后，以间距  $2p$  进行往+X 方向的移动，并以间距  $p$  进行第 2 次往回程方向的移动。例如，将图 18 中所示的环形探头 11a~11i 的位置作为第 1 次往去程方向移动的中途时，中点  $m1$  和  $m3$  因分别第 2 次往回程方向移动而在 X 轴坐标  $x_{i+3}$  和  $x_{i+7}$  上往-Y 轴方向移动。即，平均处理中的第 2 次往返移动，以对第 1 次往返移动在+X 轴方向偏移间距  $p$  的状态，电磁探测部 1 相对于被测量物 HP 进行移动。因此，对第 1 次往返移动测量的检测电平信息  $Da\sim Di$  的测量位置坐标而言，第 2 次往返移动几乎重复该测量位置坐标，测量检测电平信息  $Da\sim Di$ 。图 20 所示的双线包围的检测电平信息是利用第 2 次往回程方向移动测量的数据。

返回图 16，步骤 S59 中，运算处理部 3 使用存储部 32 存放的数据表中第 1 次和第 2 次往返移动用的存储区记述的检测电平信息  $Da\sim Di$ ，运算磁场电平  $D_{XYZ}$ 。此磁场电平  $D_{XYZ}$  表示 XYZ 轴分量(即 3 维)的磁场电平。如图 20 的最下栏所示，为了说明简便，第 1 次往返移动用的存储区中，分别将第 1 组所属的检测电平信息  $Da(x_i, y_j)$ 、 $De(x_i, y_j)$  和  $Di(x_i, y_j)$ 、第 2 组所述的检测电平信息  $Db(x_i, y_j)$  和  $Df(x_i, y_j)$ 、以及第 3 组所属的检测电平信息  $Dc(x_i, y_j)$ 、 $Dd(x_i, y_j)$ 、 $Dg(x_i, y_j)$  和  $Dh(x_i, y_j)$  定义为检测电平信息  $D_{x1}(x_i, y_j)$ 、检测电平信息  $D_{y1}(x_i, y_j)$ 、以及  $D_{z1}(x_i, y_j)$ 。第 2 次往返用的移动存储区中，分别将第 1 组所属的检测电平信息  $Da(x_i, y_j)$ 、 $De(x_i, y_j)$  和  $Di(x_i, y_j)$ 、第 2 组所述的检测电平信息  $Db(x_i, y_j)$  和  $Df(x_i, y_j)$ 、以及第 3 组所属的检测电平信息  $Dc(x_i, y_j)$ 、 $Dd(x_i, y_j)$ 、 $Dg(x_i, y_j)$  和  $Dh(x_i, y_j)$  定义为检测电平信息  $D_{y2}(x_i, y_j)$ 、检测电平信息  $D_{x2}(x_i, y_j)$ 、以及  $D_{z2}(x_i, y_j)$ 。

运算处理部 3 对测量位置坐标  $(x_i, y_j)$  的磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$  将与各测量位置坐标有对应关系地存放的检测电平信息  $D_{x1}(x_i, y_j)$  和  $D_{x2}(x_i, y_j)$ 、 $D_{y1}(x_i, y_j)$  和  $D_{y2}(x_i, y_j)$ 、 $D_{z1}(x_i, y_j)$  和  $D_{z2}(x_i, y_j)$  分别取平均。然后，运算处理部 3 通过对各平均值进行平方相加后取平均，运算磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$ 。即，运算处理部 3 利用式 3 依次运算全部磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$ ，并将其结果存放到存储部 32 的数据表。

[式 3]

$$\sqrt{\left\{ \frac{D_{x1}(x_i, y_j) + D_{x2}(x_i, y_j)}{2} \right\}^2 + \left\{ \frac{D_{y1}(x_i, y_j) + D_{y2}(x_i, y_j)}{2} \right\}^2 + \left\{ \frac{D_{z1}(x_i, y_j) + D_{z2}(x_i, y_j)}{2} \right\}^2} \quad \dots (3)$$

如图 20 所示, X 轴方向两端附近的测量坐标  $x_1$  和  $x_9$  中, 对上述磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$  运算中的平均处理而言, 数据不够。对这种测量位置坐标  $(x_i, y_j)$ , 可不执行磁场电平  $D_{XYZ}$  的运算, 也可借助规定的插补处理进行数据插补后, 使用上述式 3 执行磁场电平  $D_{XYZ}$  的运算, 还可使用实施例 2 的式 2 执行磁场电平  $D_{XYZ}$  的运算。

接着, 运算处理部 3 使用存储部 32 存放的每一测量位置坐标的磁场电平  $D_{XYZ}$  运算测量的 XY 平面的邻近磁场分布, 将其输出到输出装置(图中未示出)(步骤 S60), 从而结束该流程图的处理。

这样, 磁场电平  $D_{XYZ}(x_i, y_j)$  表示每一测量位置坐标的 3 维磁场电平, 能对被测量物 HP 运算高精度的邻近磁场分布。此外, 实施例 3 的电磁波测量装置中, 利用两次往返移动, 对具有上述屏蔽结构的环形探头所获得的数据进行平均, 从而几乎不受电场的影响, 能测量精度更高且范围大的邻近磁场分布。用于此平均处理的移动仅往 X 方向移动  $2p$ , 因而能实现使承载被测量物 HP 的载物台移动的驱动系统装置的小型化。

上述实施例 3 中, 在电磁探测部 1 相对于被测量物 HP 作第 1 次和第 2 次往返移动时进行的 X 和 Y 轴方向的移动按以下的顺序进行: 每一间距  $p$  往 +Y 方向移动(第 1 次去程方向移动)→往 +X 轴方向移动间距  $2p$ →每一间距  $p$  往 -Y 方向移动(第 1 次回程方向移动)→往 -X 轴方向移动间距  $p$ →每一间距  $p$  往 +Y 方向移动(第 2 次去程方向移动)→往 +X 轴方向移动间距  $2p$ →每一间距  $p$  往 -Y 方向移动(第 2 次回程方向移动)。然而, 往 X 和 Y 轴方向的移动不限于此顺序。例如, 在电磁探测部 1 相对于被测量物 HP 作第 1 次和第 2 次往返移动时进行的往 X 和 Y 轴方向的移动也可按以下的顺序进行: 每一间距  $p$  往 +Y 方向移动(第 1 次去程方向移动)→往 +X 轴方向移动间距  $p$ →每一间距  $p$  往 -Y 方向移动(第 1 次回程方向移动)→往 +X 轴方向移动间距  $p$ →每一间距  $p$  往 +Y 方向移动(第 2 次去程方向移动)→往 +X 轴方向移动间距  $p$ →每一间距  $p$  往 -Y 方向移动(第 2 次回程方向移动)。这时, 对图 20 所示的数据表, 将上述第 1 次和第 2 次去程中测量的检测电平信息  $D_a \sim D_i$  存放到第 1 次往返运动的存储区, 将上述第 1 次和第 2 次回程中测量的检测电平信息  $D_a \sim D_i$  存放到第 2 次往返运动的存储区,



则同样能运算磁场电平  $D_{XYZ}$ 。

上述实施例 3 的说明中，以两次往返移动使电磁波的测量结束，但也可在该往返移动结束后，进一步将+X 轴方向的区域作为电磁波测量对象区域，使被测量物 HP 移动，继续进行同样的测量运作。

参照图 21 说明本发明电磁波测量装置获得的邻近电磁波分布特性。图 21 是示出该电磁波测量装置获得的邻近电磁场分布特性。

图 21 中，验证本发明电磁波测量装置获得的邻近磁场分布特性用的模型使用图 14A 所示的  $\lambda/2$  偶极天线 ANT 测量 2GHz 的邻近磁场分布。然后，对实施例 1 和 2 中说明的使用将相互垂直的 3 个平面作为环平面的环形探头测量的邻近磁场分布特性(图 21 中用“3 方向”表示)、实施例 3 中说明的使用将相互垂直的 3 个平面作为环平面的环形探头进行平均处理并测量的邻近磁场分布特性(图 21 中用“3 方向平均”表示)和已有的使用将相互垂直的 2 个平面作为环平面的环形探头测量的邻近磁场分布特性(图 21 中用“2 方向”表示)进行比较。作为磁场分布测量点，往图 14A 纸面的上下方向移动环形探头，使其横截偶极天线 ANT，从而求出每一坐标的磁场强度的相对值。

如图 21 所示，本发明的电磁波测量装置相对于已有的电磁波测量装置，呈现接近理论值的邻近磁场分布特性。这是因为检测出电磁波原本的 3 维磁场电平，可见能获得比已有装置精度高的磁场分布特性。进行过平均处理的邻近磁场分布特性与理论值大致符合，可见通过施加平均处理，可获得精度更高的邻近磁场分布特性。

上述实施例 1~实施例 3 的说明中，用 3 方向的检测电平信息运算 3 维磁场电平，但当然也可进一步使用该 3 方向检测电平信息表示的磁场分量的方向和电平运算测量位置坐标上的磁场方向。

上述实施例 1~实施例 3 的说明中，利用 XY 载物台 5 使被测量物 HP 根据测量位置坐标移动，但也可使电磁探测部 1 相对于被测量物 HP 移动。被测量物 HP 或电磁探测部 1 的移动方法也可以不由运算处理部 3 自动驱动，例如可以由用户人工移动。

还可结构上做成 XY 载物台 5 的台面在上述 Z 轴方向能移动，使运算处理部 3 也对 Z 轴方向以规定的间隔测量电磁场分布。

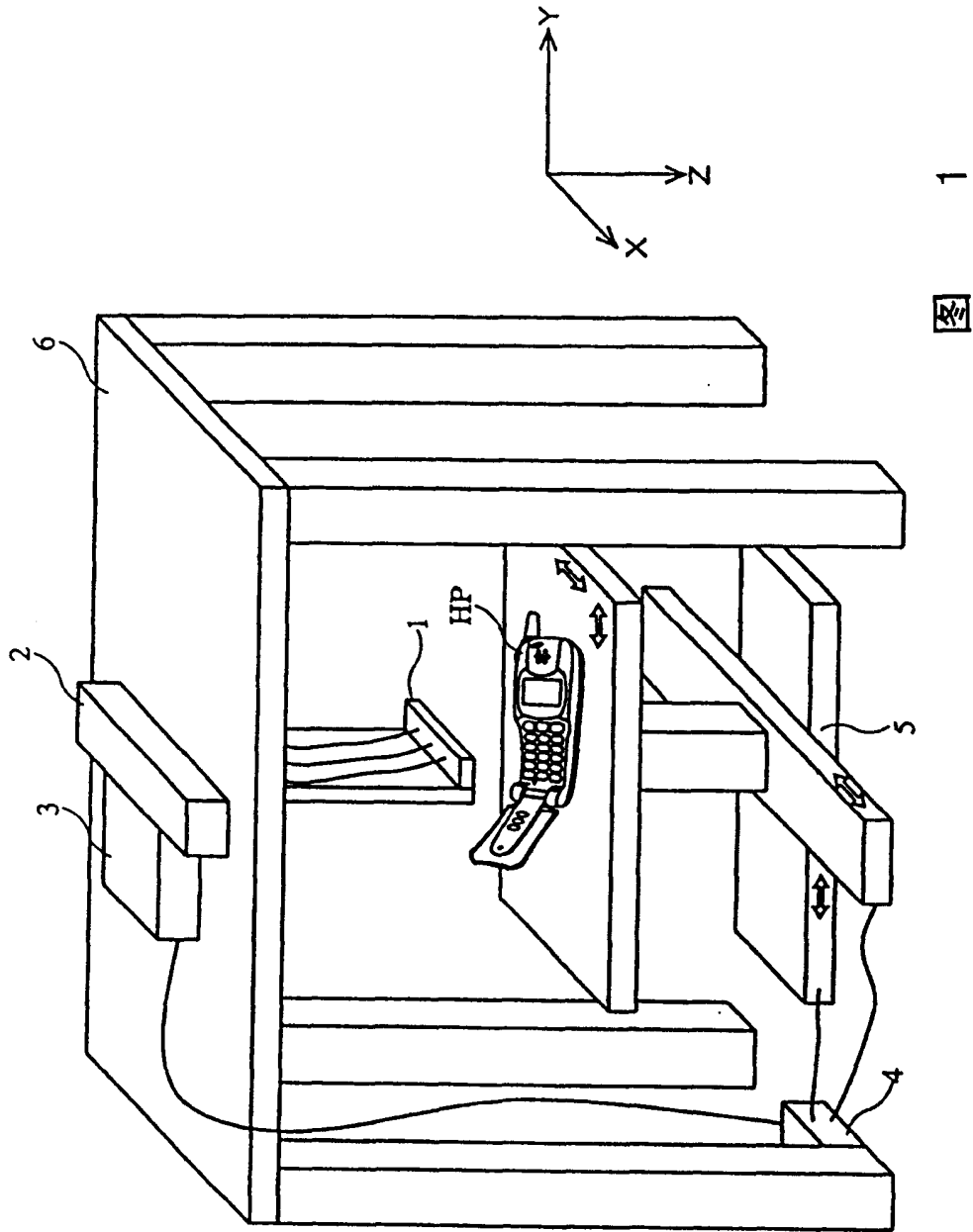
本发明的电磁波测量装置运算的磁场电平示出每一测量位置坐标的 3 维磁场电平，能对被测量物运算高精度的邻近电磁场分布。而且，该电磁波测量装

置具有的多个环形探头形成相互环平面垂直，并配置得各自的磁场检测空间没有其它环形探头干扰，因而能将相邻环形探头的相互耦合抑止到最小。

该电磁波测量装置利用一次往返移动，就能对设置在一个方向的全部8个测量位置坐标运算邻近电磁场分布。用9个环形探头的测量就能实现这种3维且大范围的邻近电磁场分布，因而可使装置的组成简化，谋求大幅度降低成本。又由于能对往一个方向的短距离移动确保测量区域范围大，可实现驱动系统装置的小型化。

该电磁波测量装置中，又以两次往返移动对具有屏蔽结构的环形探头所获得的数据进行平均，从而能测量精度更高的邻近磁场分布，几乎不受电场的影响。用于此平均处理的向一个方向的移动距离也短，因而可实现驱动系统装置的小型化。

至此，已详细说明了本发明，但上述说明的所有方面都只不够是本发明的示例，并限定本发明的范围。当然能进行各种改进和变换，而不脱离本发明的范围。



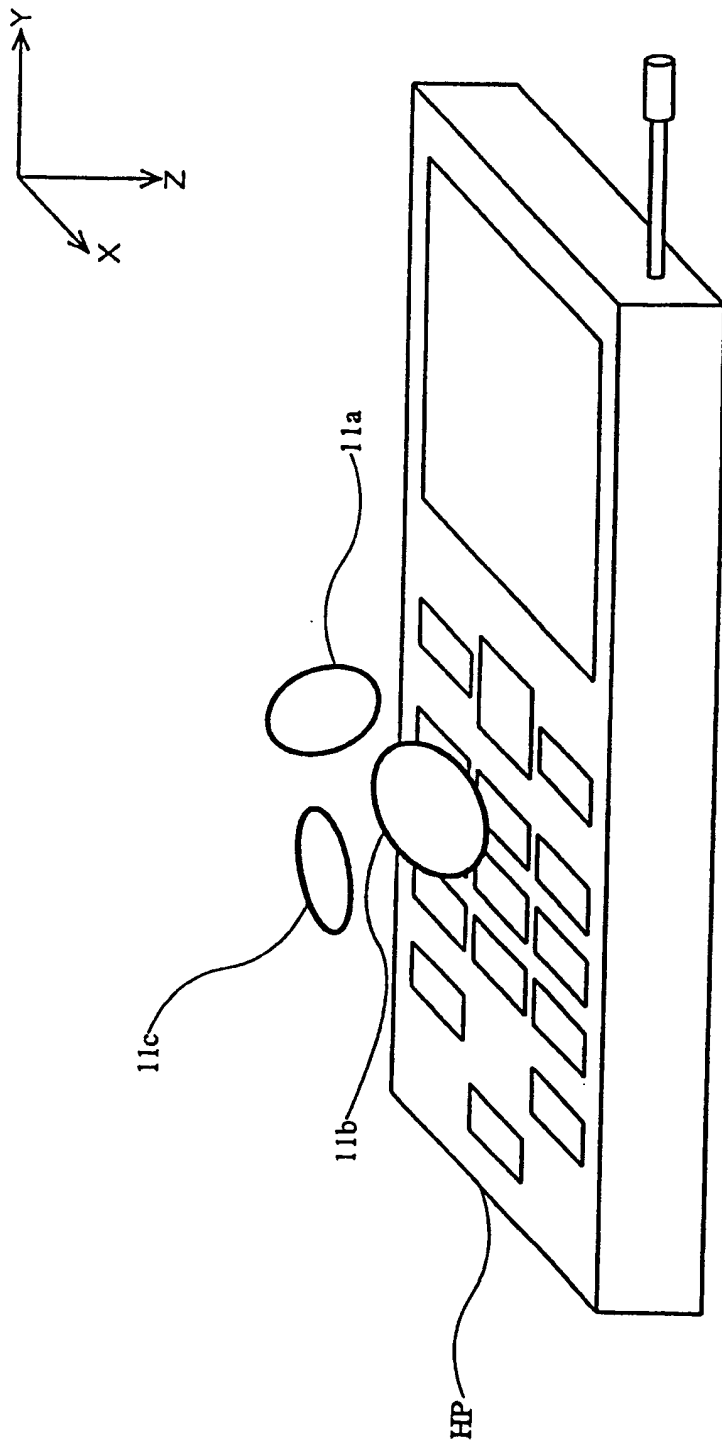


图 2

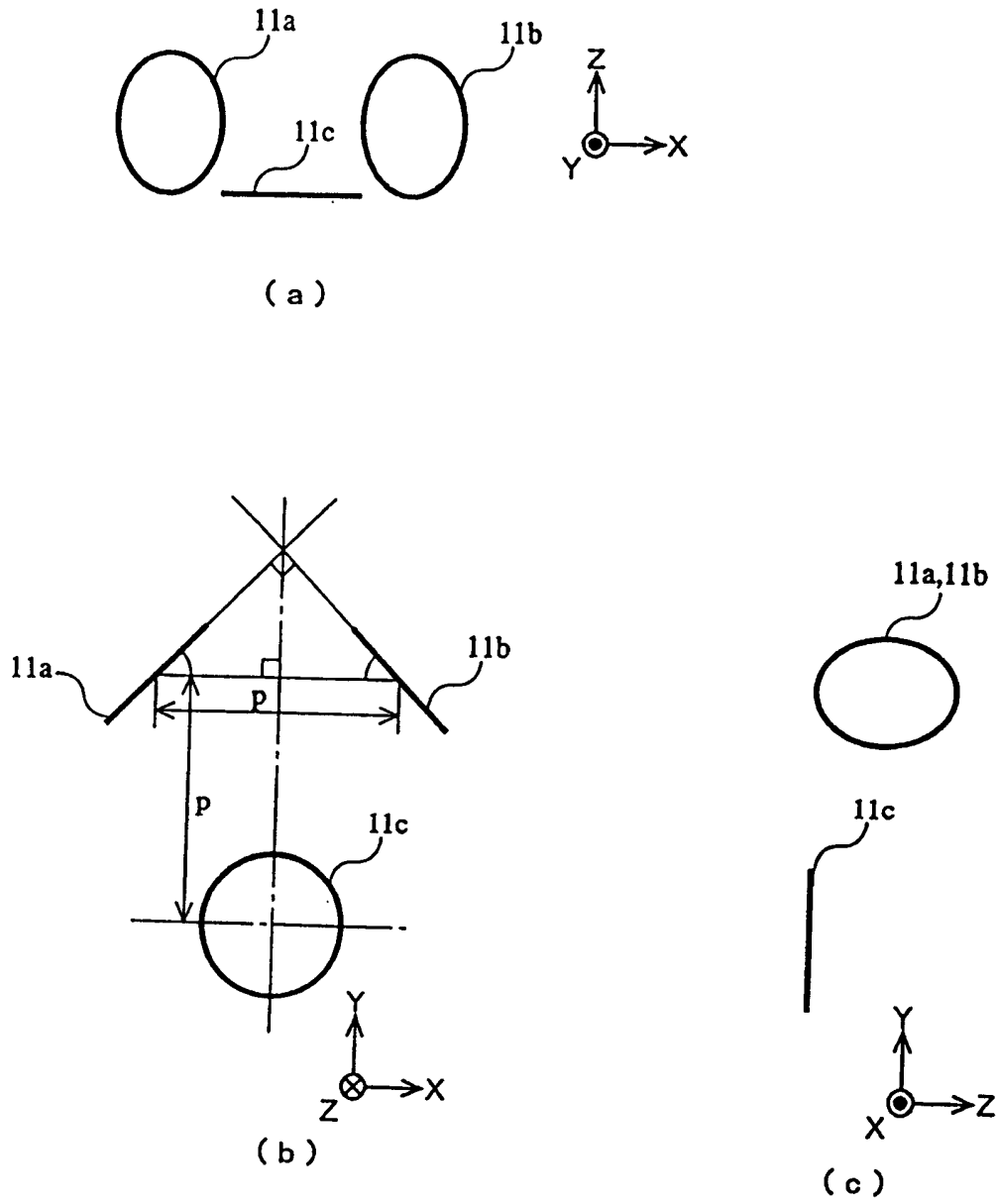
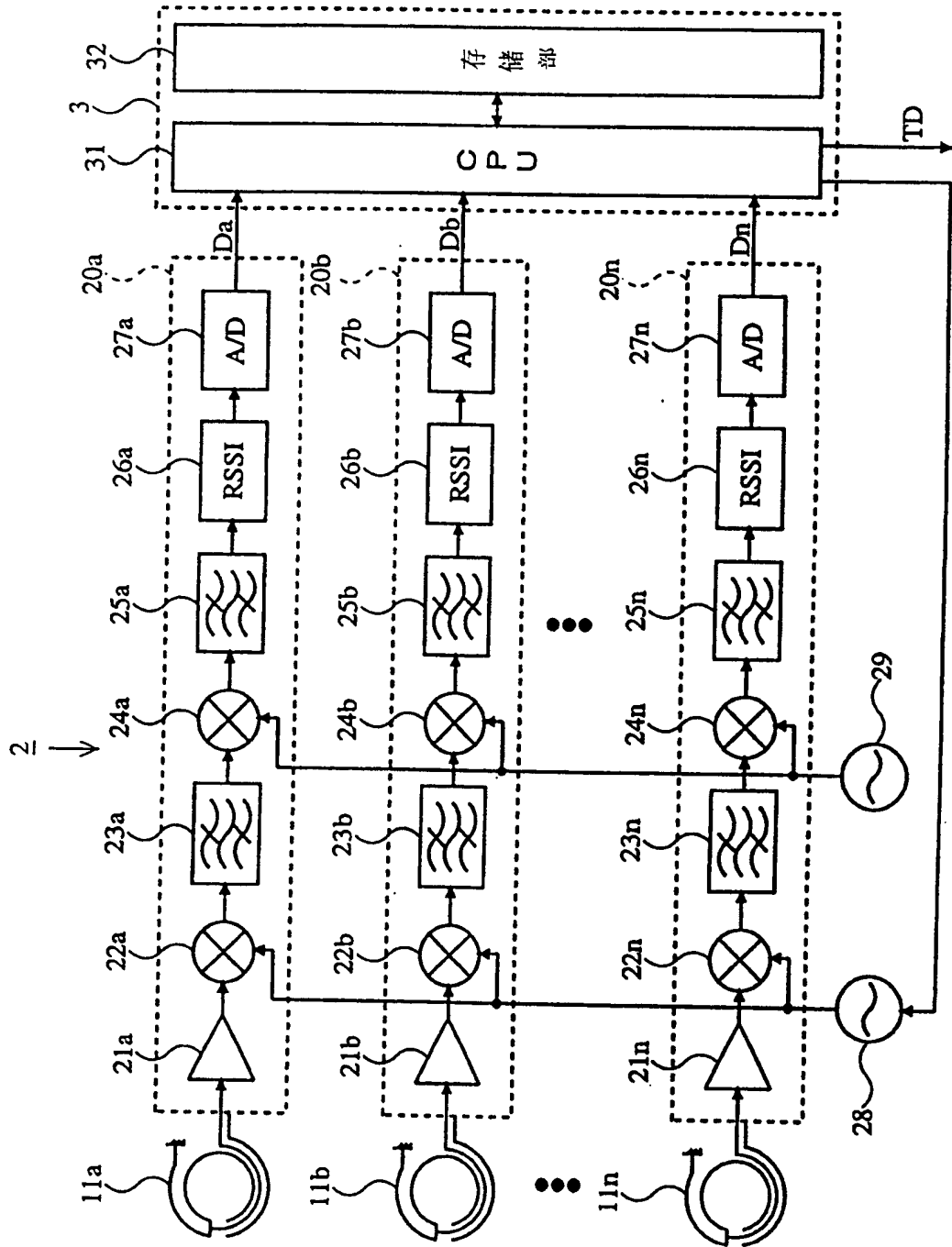


图 3



4

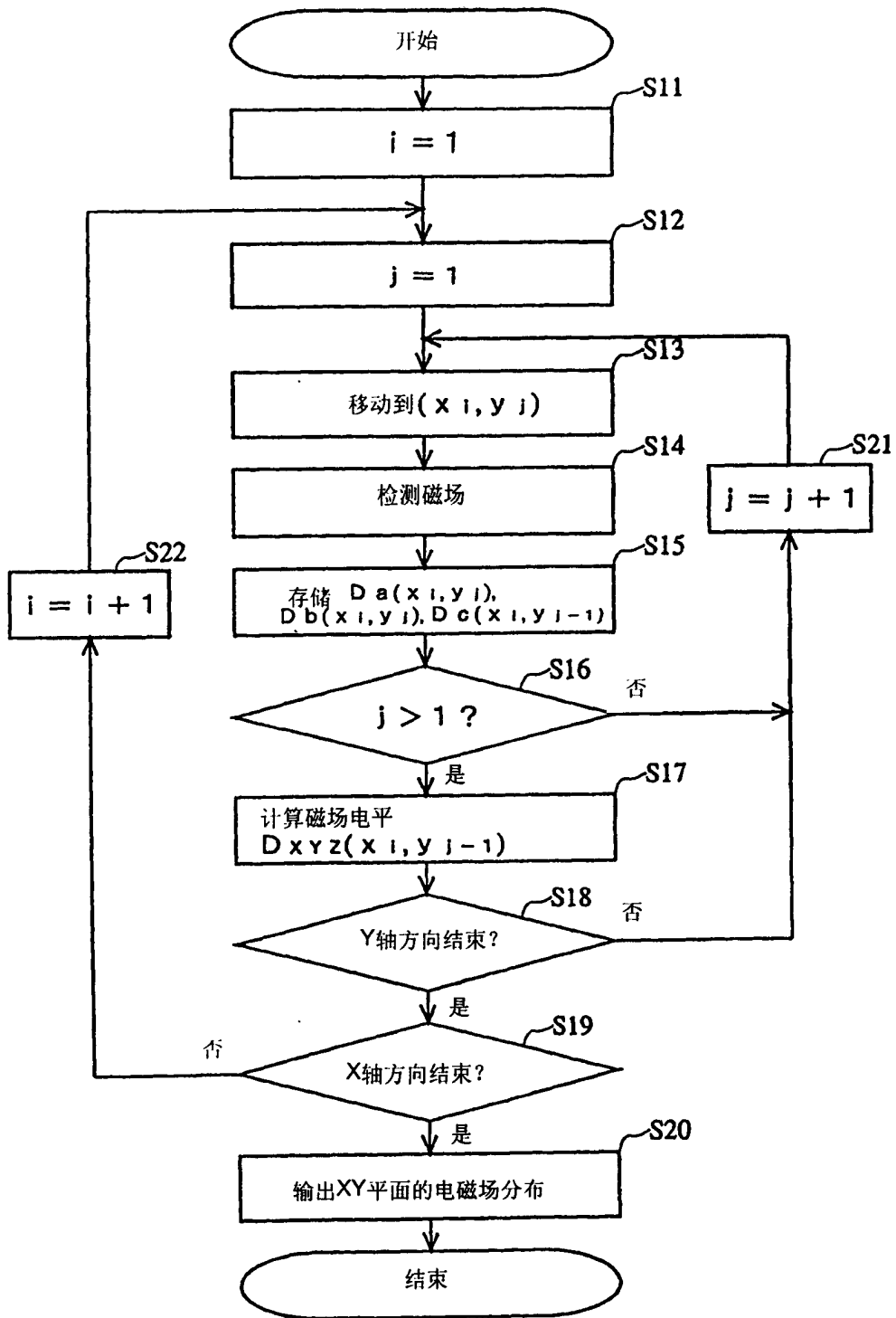


图 5

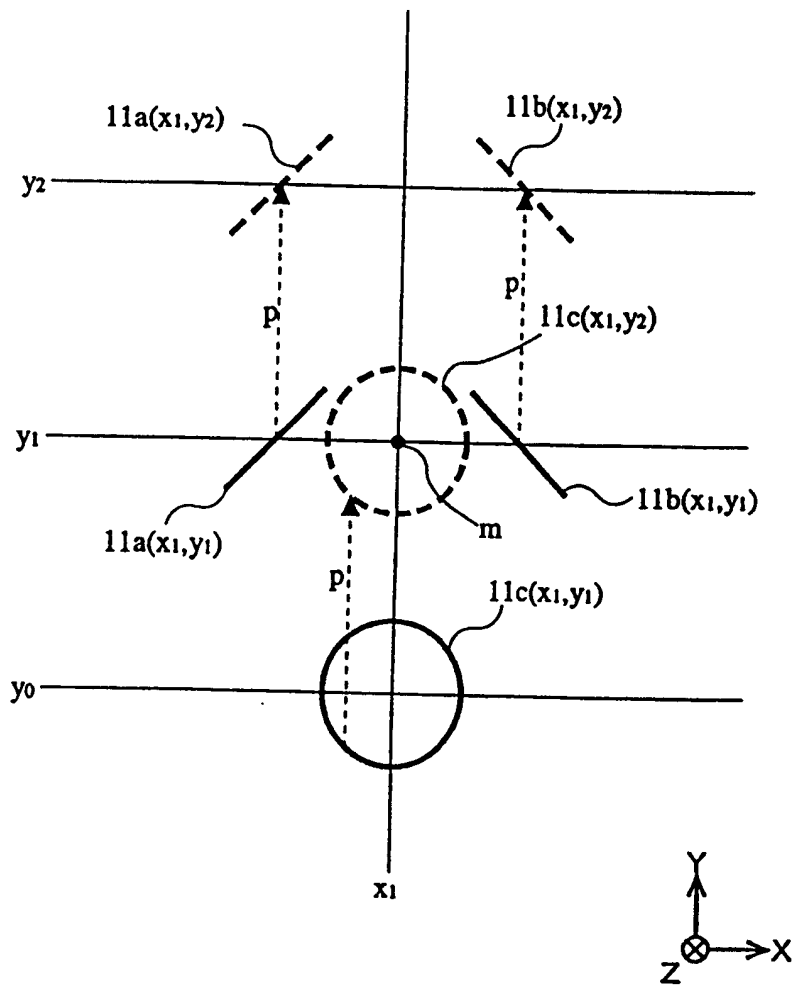


图 6



位置坐标	环形探头			磁场电平
	1 1 a	1 1 b	1 1 c	
(x1, y0)	—	—	Dc (x1, y0)	—
(x1, y1)	Da (x1, y1)	Db (x1, y1)	Dc (x1, y1)	Dxyz (x1, y1)
(x1, y2)	Da (x1, y2)	Db (x1, y2)	Dc (x1, y2)	Dxyz (x1, y2)
(x1, y3)	Da (x1, y3)	Db (x1, y3)	Dc (x1, y3)	Dxyz (x1, y3)
(x1, y4)	Da (x1, y4)	Db (x1, y4)	Dc (x1, y4)	Dxyz (x1, y4)
(x1, y5)	Da (x1, y5)	Db (x1, y5)	Dc (x1, y5)	Dxyz (x1, y5)
(x1, y6)	Da (x1, y6)	Db (x1, y6)	Dc (x1, y6)	Dxyz (x1, y6)
(x1, y7)	Da (x1, y7)	Db (x1, y7)	Dc (x1, y7)	Dxyz (x1, y7)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图 7

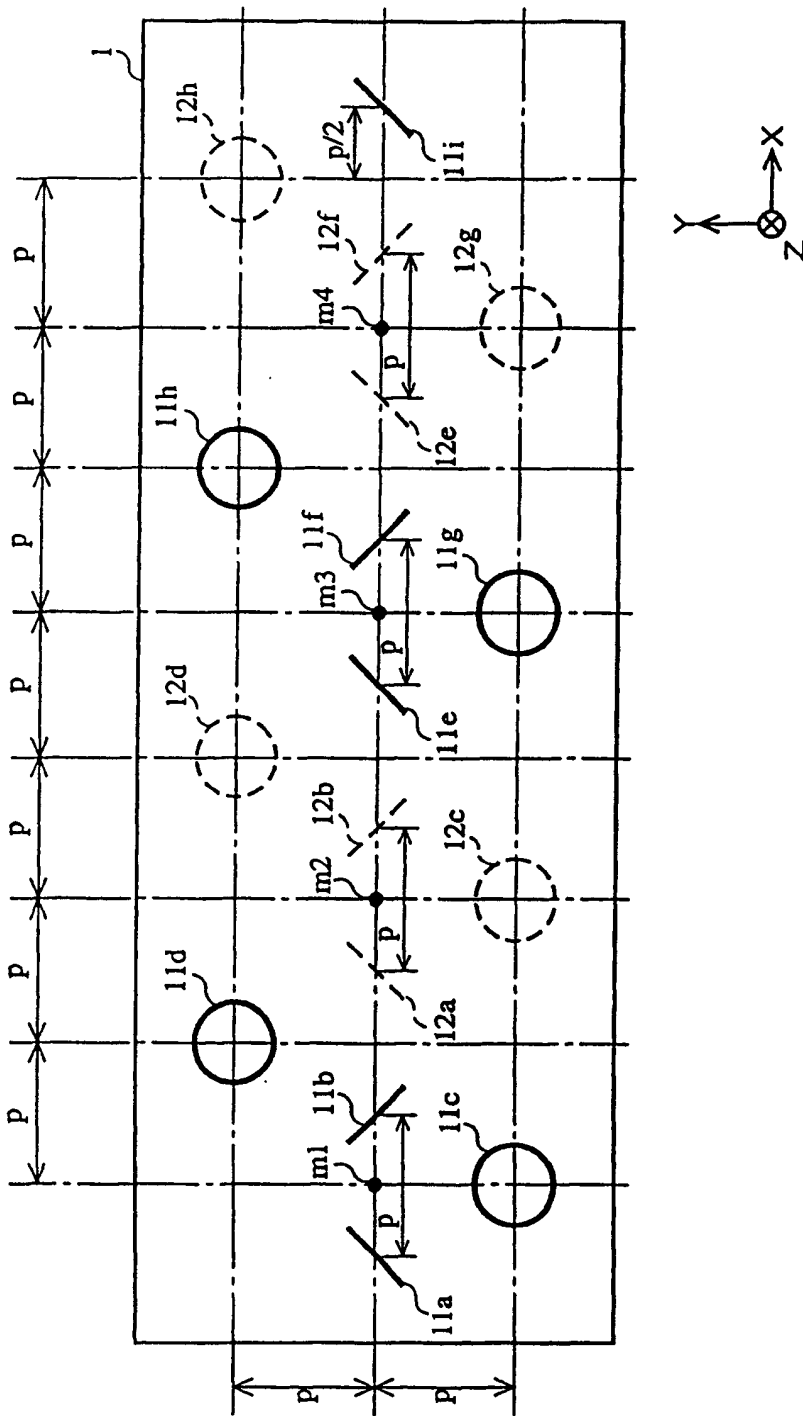


图 8

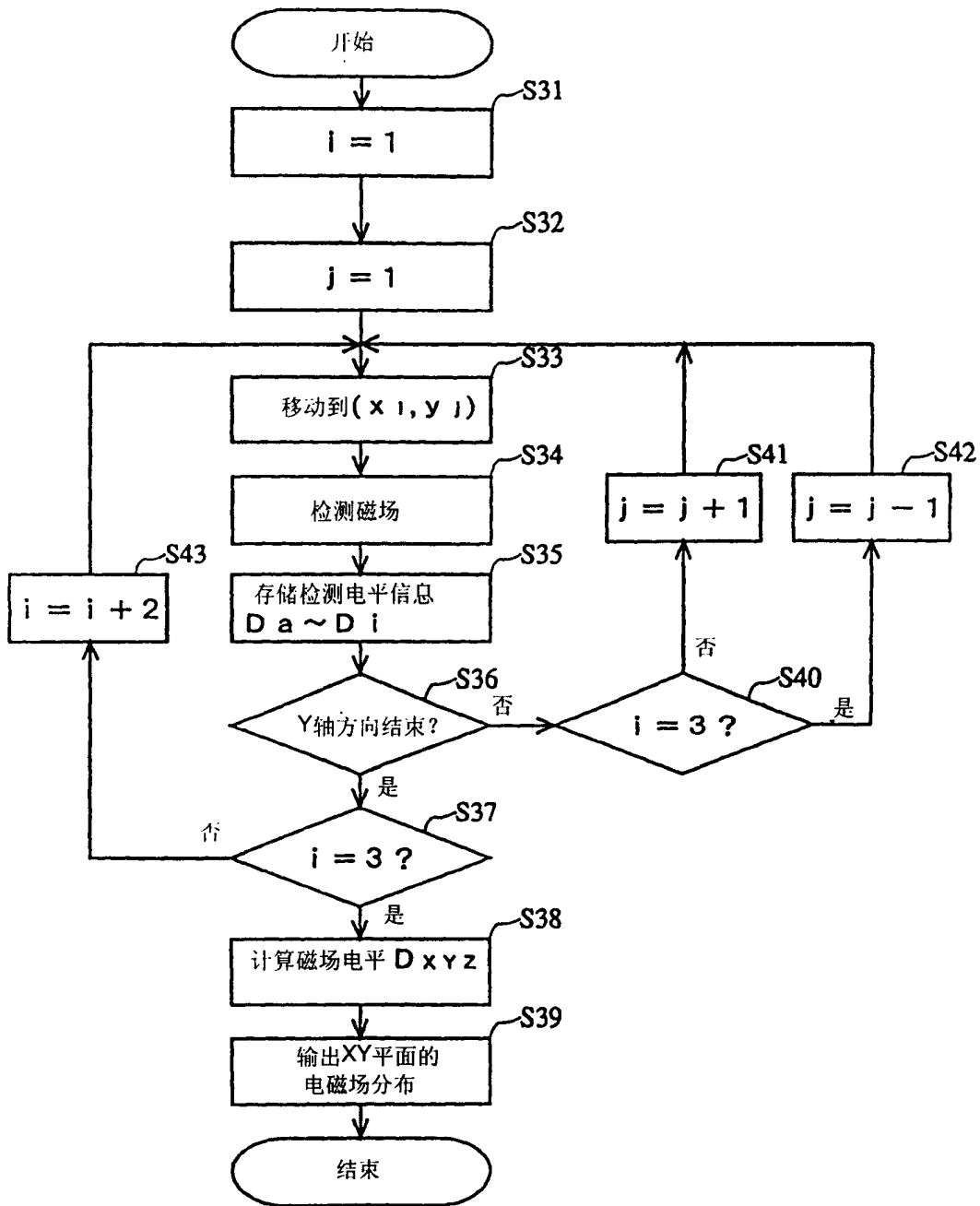


图 9

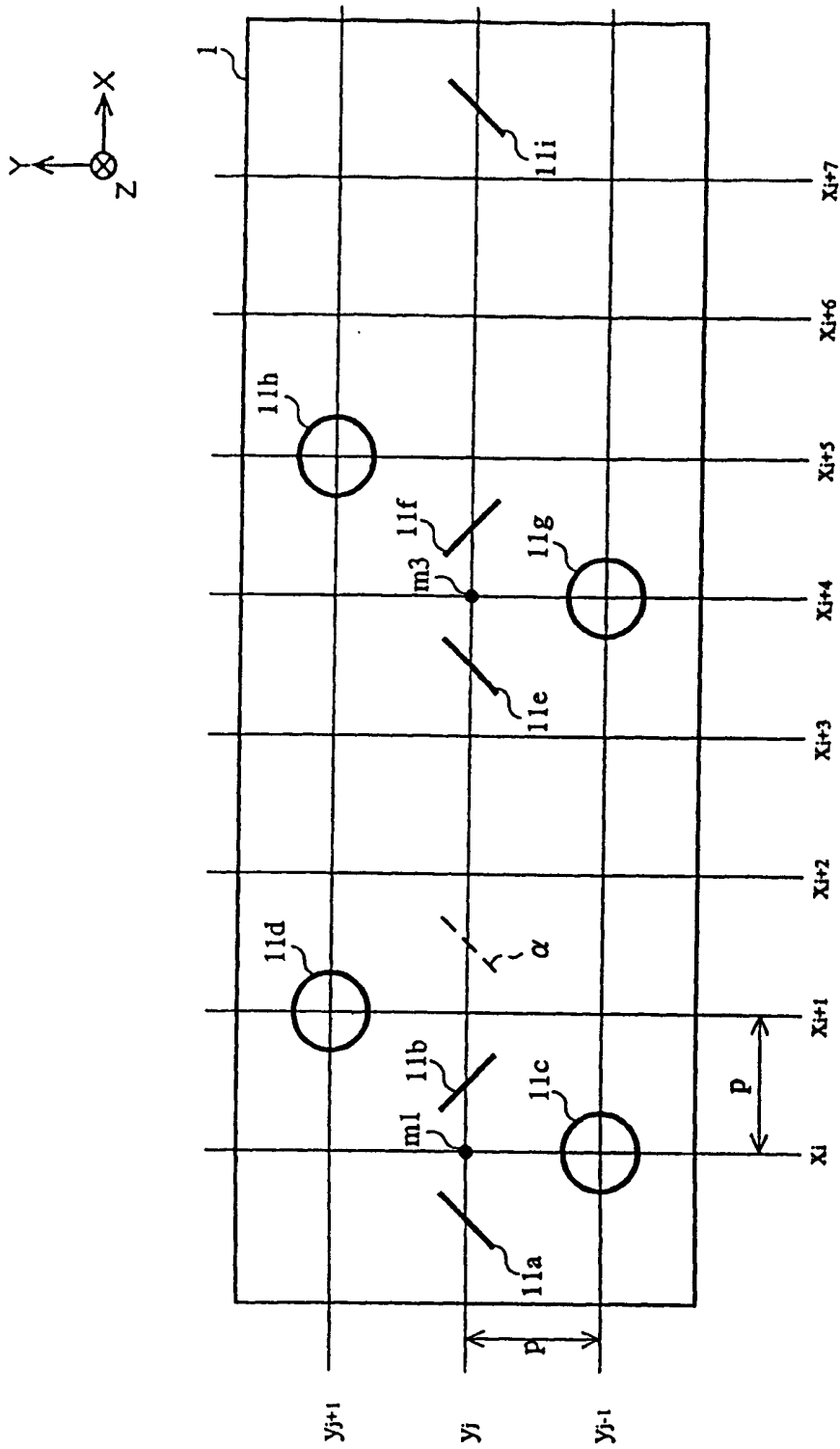


图 10

位置坐标	环形探头			磁场电平
	1 1 a 1 1 e 1 1 i	1 1 b 1 1 f	1 1 c 1 1 d 1 1 g 1 1 h	
(x1, y1)	Da(x1, y1)	Db(x1, y1)	Dc(x1, y1)	Dxyz(x1, y1)
(x1, y2)	Da(x1, y2)	Db(x1, y2)	Dc(x1, y2)	Dxyz(x1, y2)
(x1, y3)	Da(x1, y3)	Db(x1, y3)	Dc(x1, y3)	Dxyz(x1, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x2, y1)	Da(x2, y1)	Db(x2, y1)	Dd(x2, y1)	Dxyz(x2, y1)
(x2, y2)	Da(x2, y2)	Db(x2, y2)	Dd(x2, y2)	Dxyz(x2, y2)
(x2, y3)	Da(x2, y3)	Db(x2, y3)	Dd(x2, y3)	Dxyz(x2, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x3, y1)	Da(x3, y1)	Db(x3, y1)	Dc(x3, y1)	Dxyz(x3, y1)
(x3, y2)	Da(x3, y2)	Db(x3, y2)	Dc(x3, y2)	Dxyz(x3, y2)
(x3, y3)	Da(x3, y3)	Db(x3, y3)	Dc(x3, y3)	Dxyz(x3, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x4, y1)	De(x4, y1)	Db(x4, y1)	Dd(x4, y1)	Dxyz(x4, y1)
(x4, y2)	De(x4, y2)	Db(x4, y2)	Dd(x4, y2)	Dxyz(x4, y2)
(x4, y3)	De(x4, y3)	Db(x4, y3)	Dd(x4, y3)	Dxyz(x4, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x5, y1)	De(x5, y1)	Df(x5, y1)	Dg(x5, y1)	Dxyz(x5, y1)
(x5, y2)	De(x5, y2)	Df(x5, y2)	Dg(x5, y2)	Dxyz(x5, y2)
(x5, y3)	De(x5, y3)	Df(x5, y3)	Dg(x5, y3)	Dxyz(x5, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x6, y1)	De(x6, y1)	Df(x6, y1)	Dh(x6, y1)	Dxyz(x6, y1)
(x6, y2)	De(x6, y2)	Df(x6, y2)	Dh(x6, y2)	Dxyz(x6, y2)
(x6, y3)	De(x6, y3)	Df(x6, y3)	Dh(x6, y3)	Dxyz(x6, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x7, y1)	De(x7, y1)	Df(x7, y1)	Dg(x7, y1)	Dxyz(x7, y1)
(x7, y2)	De(x7, y2)	Df(x7, y2)	Dg(x7, y2)	Dxyz(x7, y2)
(x7, y3)	De(x7, y3)	Df(x7, y3)	Dg(x7, y3)	Dxyz(x7, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x8, y1)	Di(x8, y1)	Df(x8, y1)	Dh(x8, y1)	Dxyz(x8, y1)
(x8, y2)	Di(x8, y2)	Df(x8, y2)	Dh(x8, y2)	Dxyz(x8, y2)
(x8, y3)	Di(x8, y3)	Df(x8, y3)	Dh(x8, y3)	Dxyz(x8, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(xi, yj)	Dx(xi, yj)	Dy(xi, yj)	Dz(xi, yj)	Dxyz(xi, yj)

图 11

环形探头	检测电平信息	
11a (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Da (x <sub>i-1</sub> , y <sub>j</sub> )	Da (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )
11b (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Db (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Db (x <sub>i+1</sub> , y <sub>j</sub> )
11c (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Dc (x <sub>i</sub> , y <sub>j-1</sub> )	
11d (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Dd (x <sub>i+1</sub> , y <sub>j+1</sub> )	
11e (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	De (x <sub>i+3</sub> , y <sub>j</sub> )	De (x <sub>i+4</sub> , y <sub>j</sub> )
11f (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Df (x <sub>i+4</sub> , y <sub>i</sub> )	Df (x <sub>i+5</sub> , y <sub>i</sub> )
11g (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Dg (x <sub>i+4</sub> , y <sub>i-1</sub> )	
11h (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Dh (x <sub>i+5</sub> , y <sub>i+1</sub> )	
11i (x <sub>i</sub> , y <sub>j</sub> )	Di (x <sub>i+7</sub> , y <sub>j</sub> )	Di (x <sub>i+8</sub> , y <sub>j</sub> )

图 12

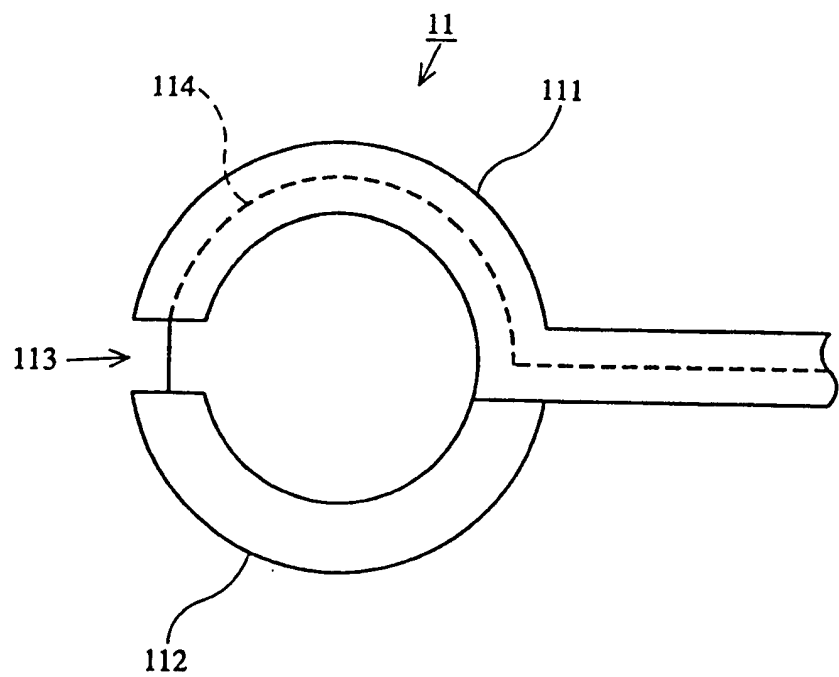


图 13

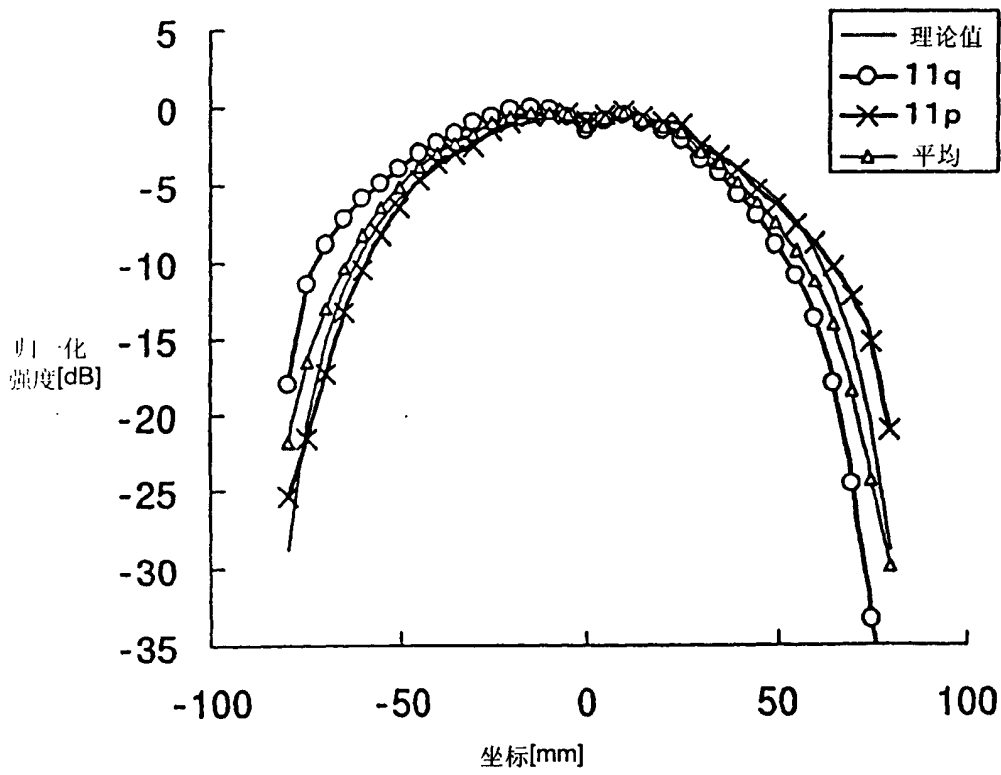
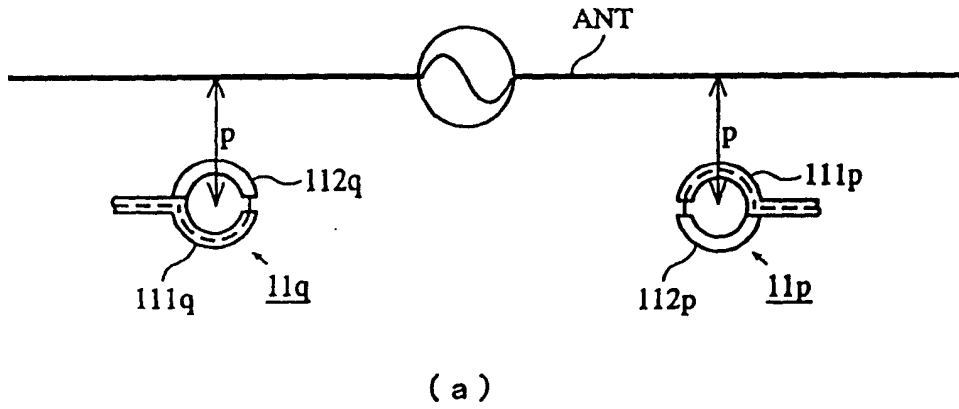


图 14



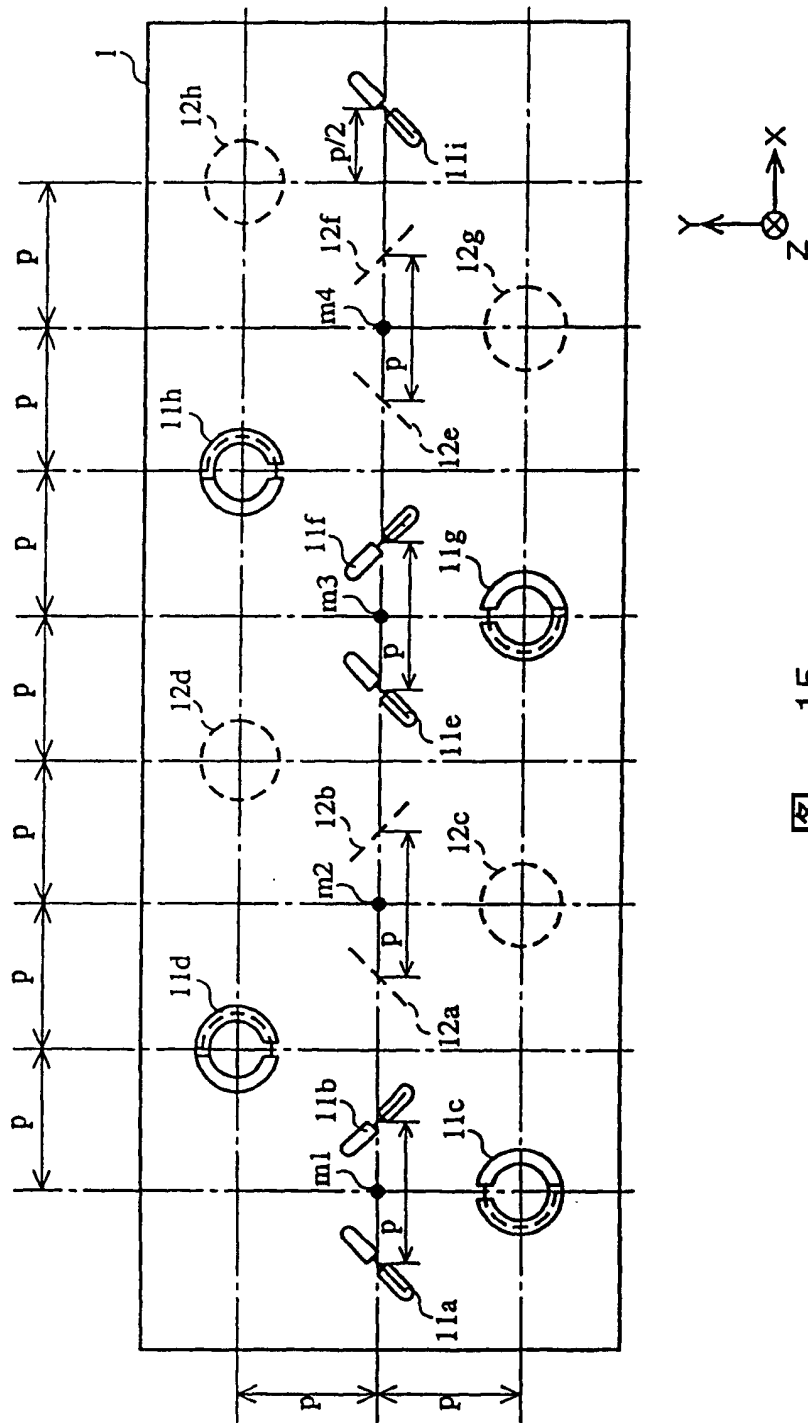


图 15

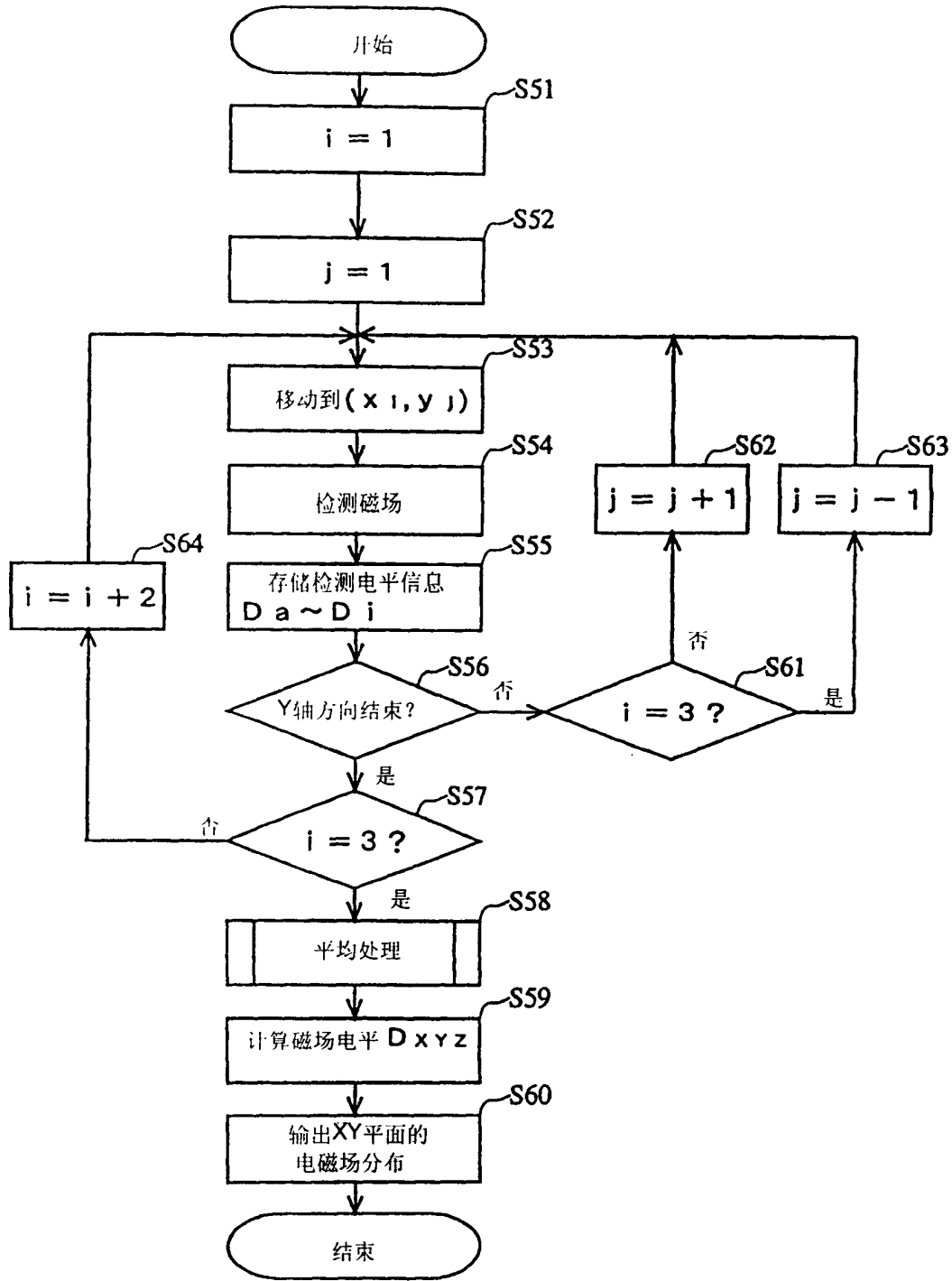


图 16

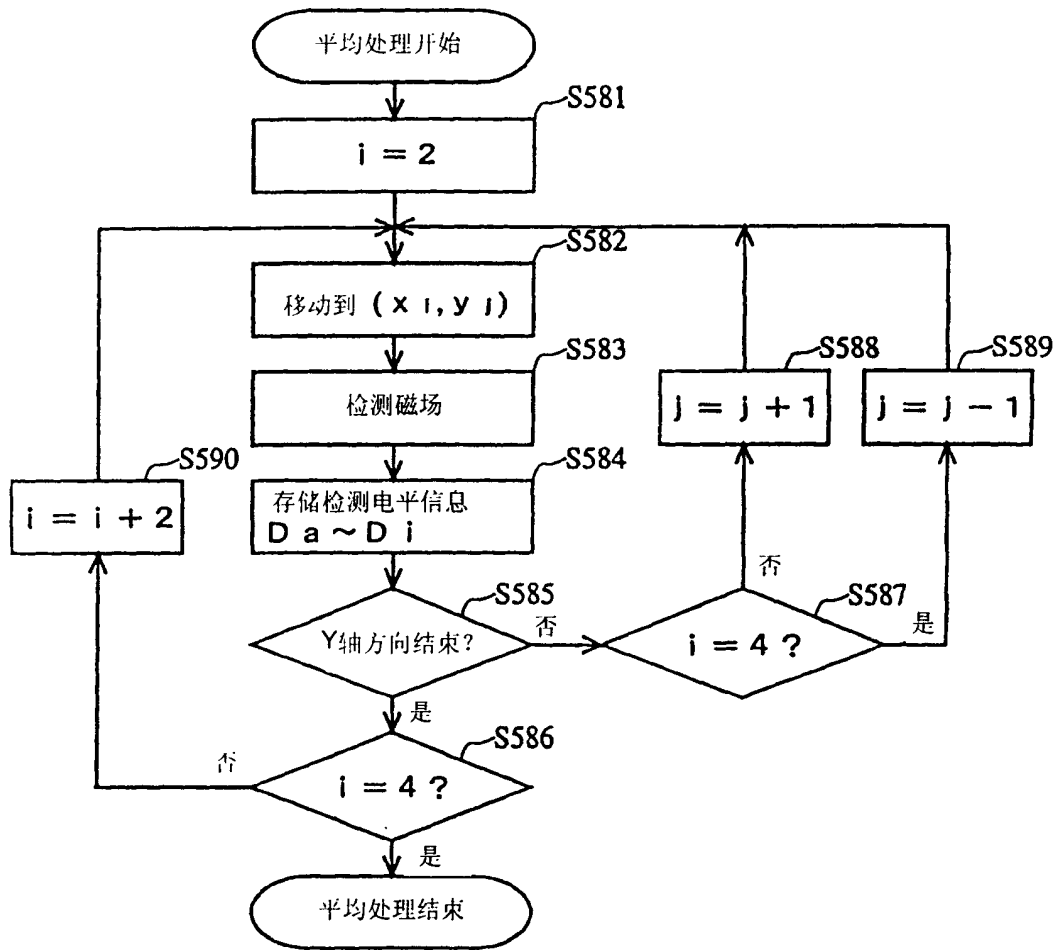


图 17

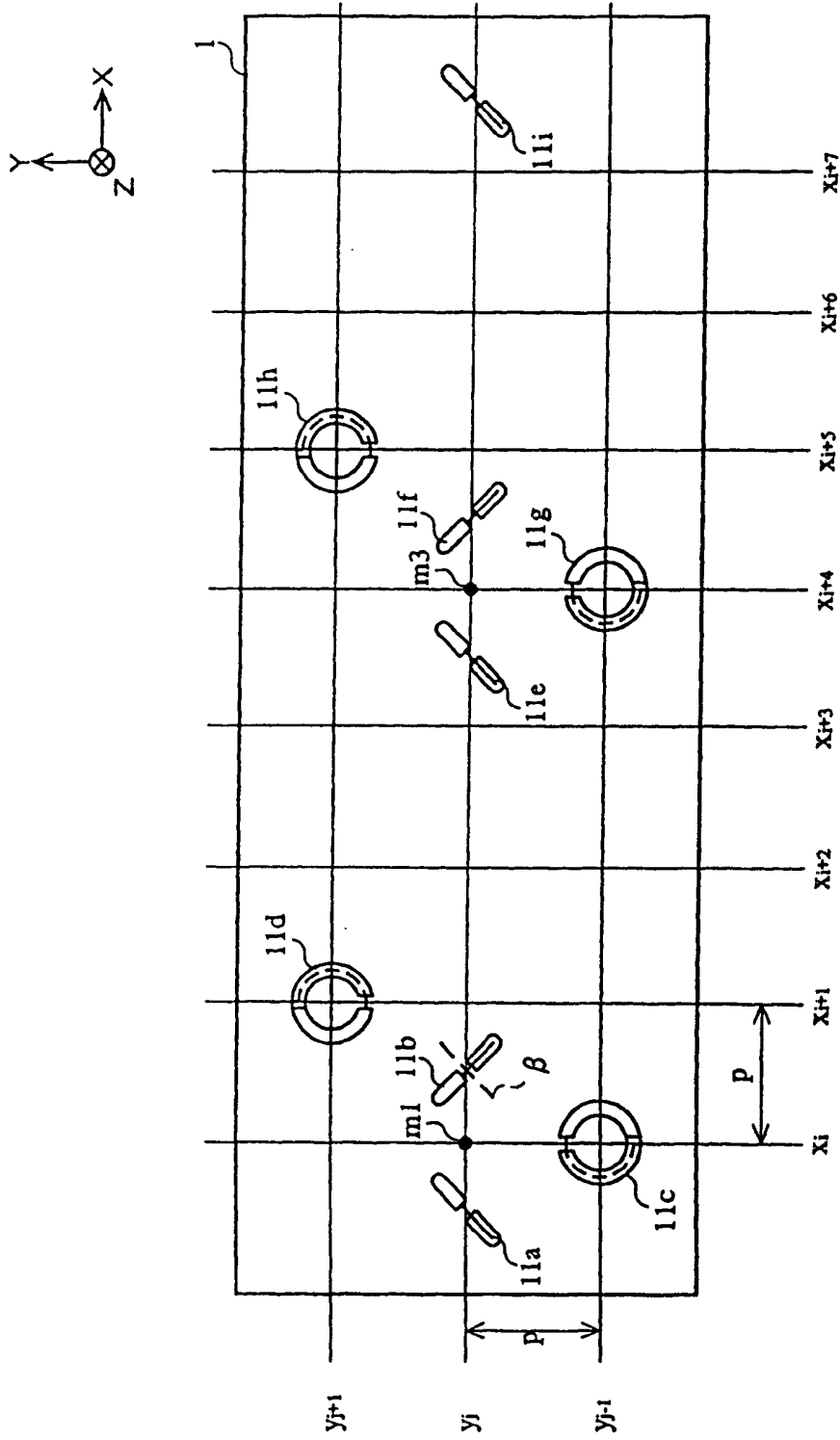


图 18

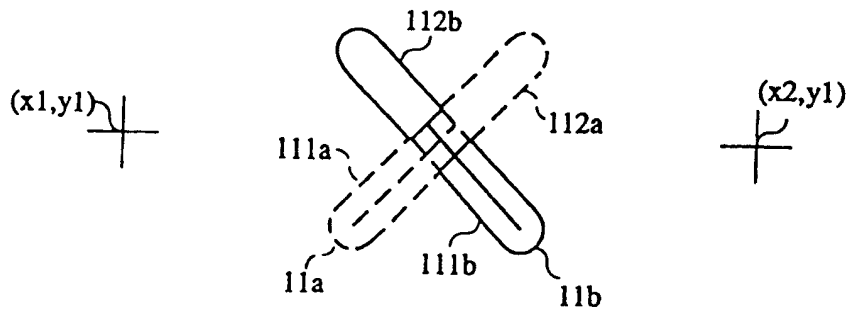


图 19

位置坐标	环形探头						磁场电平
	第一次往返移动			第二次往返移动			
	11 a	11 b	11 c	11 a	11 b	11 c	
	11 e	11 f	11 d	11 e	11 f	11 d	
	11 i		11 g		11 g		
	11 h		11 h		11 h		
(x1, y1)	Da(x1, y1)	Db(x1, y1)	Dc(x1, y1)	Da(x1, y1)	—	—	Dxyz(x1, y1)
(x1, y2)	Da(x1, y2)	Db(x1, y2)	Dc(x1, y2)	Da(x1, y2)	—	—	Dxyz(x1, y2)
(x1, y3)	Da(x1, y3)	Db(x1, y3)	Dc(x1, y3)	Da(x1, y3)	—	—	Dxyz(x1, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x2, y1)	Da(x2, y1)	Db(x2, y1)	Dd(x2, y1)	Da(x2, y1)	Db(x2, y1)	Dc(x2, y1)	Dxyz(x2, y1)
(x2, y2)	Da(x2, y2)	Db(x2, y2)	Dd(x2, y2)	Da(x2, y2)	Db(x2, y2)	Dc(x2, y2)	Dxyz(x2, y2)
(x2, y3)	Da(x2, y3)	Db(x2, y3)	Dd(x2, y3)	Da(x2, y3)	Db(x2, y3)	Dc(x2, y3)	Dxyz(x2, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x3, y1)	Da(x3, y1)	Db(x3, y1)	Dc(x3, y1)	Da(x3, y1)	Db(x3, y1)	Dd(x3, y1)	Dxyz(x3, y1)
(x3, y2)	Da(x3, y2)	Db(x3, y2)	Dc(x3, y2)	Da(x3, y2)	Db(x3, y2)	Dd(x3, y2)	Dxyz(x3, y2)
(x3, y3)	Da(x3, y3)	Db(x3, y3)	Dc(x3, y3)	Da(x3, y3)	Db(x3, y3)	Dd(x3, y3)	Dxyz(x3, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x4, y1)	De(x4, y1)	Db(x4, y1)	Dd(x4, y1)	Da(x4, y1)	Db(x4, y1)	Dc(x4, y1)	Dxyz(x4, y1)
(x4, y2)	De(x4, y2)	Db(x4, y2)	Dd(x4, y2)	Da(x4, y2)	Db(x4, y2)	Dc(x4, y2)	Dxyz(x4, y2)
(x4, y3)	De(x4, y3)	Db(x4, y3)	Dd(x4, y3)	Da(x4, y3)	Db(x4, y3)	Dc(x4, y3)	Dxyz(x4, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x5, y1)	De(x5, y1)	Df(x5, y1)	Dg(x5, y1)	De(x5, y1)	Db(x5, y1)	Dd(x5, y1)	Dxyz(x5, y1)
(x5, y2)	De(x5, y2)	Df(x5, y2)	Dg(x5, y2)	De(x5, y2)	Db(x5, y2)	Dd(x5, y2)	Dxyz(x5, y2)
(x5, y3)	De(x5, y3)	Df(x5, y3)	Dg(x5, y3)	De(x5, y3)	Db(x5, y3)	Dd(x5, y3)	Dxyz(x5, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x6, y1)	De(x6, y1)	Df(x6, y1)	Dh(x6, y1)	De(x6, y1)	Df(x6, y1)	Dg(x6, y1)	Dxyz(x6, y1)
(x6, y2)	De(x6, y2)	Df(x6, y2)	Dh(x6, y2)	De(x6, y2)	Df(x6, y2)	Dg(x6, y2)	Dxyz(x6, y2)
(x6, y3)	De(x6, y3)	Df(x6, y3)	Dh(x6, y3)	De(x6, y3)	Df(x6, y3)	Dg(x6, y3)	Dxyz(x6, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x7, y1)	De(x7, y1)	Df(x7, y1)	Dg(x7, y1)	De(x7, y1)	Df(x7, y1)	Dh(x7, y1)	Dxyz(x7, y1)
(x7, y2)	De(x7, y2)	Df(x7, y2)	Dg(x7, y2)	De(x7, y2)	Df(x7, y2)	Dh(x7, y2)	Dxyz(x7, y2)
(x7, y3)	De(x7, y3)	Df(x7, y3)	Dg(x7, y3)	De(x7, y3)	Df(x7, y3)	Dh(x7, y3)	Dxyz(x7, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x8, y1)	Di(x8, y1)	Df(x8, y1)	Dh(x8, y1)	De(x8, y1)	Df(x8, y1)	Dg(x8, y1)	Dxyz(x8, y1)
(x8, y2)	Di(x8, y2)	Df(x8, y2)	Dh(x8, y2)	De(x8, y2)	Df(x8, y2)	Dg(x8, y2)	Dxyz(x8, y2)
(x8, y3)	Di(x8, y3)	Df(x8, y3)	Dh(x8, y3)	De(x8, y3)	Df(x8, y3)	Dg(x8, y3)	Dxyz(x8, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(x9, y1)	Di(x9, y1)	—	—	Di(x9, y1)	Df(x9, y1)	Dh(x9, y1)	Dxyz(x9, y1)
(x9, y2)	Di(x9, y2)	—	—	Di(x9, y2)	Df(x9, y2)	Dh(x9, y2)	Dxyz(x9, y2)
(x9, y3)	Di(x9, y3)	—	—	Di(x9, y3)	Df(x9, y3)	Dh(x9, y3)	Dxyz(x9, y3)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(xi, yj)	Dx1(xi, yj)	Dy1(xi, yj)	Dz1(xi, yj)	Dy2(xi, yj)	Dx2(xi, yj)	Dz2(xi, yj)	Dxyz(xi, yj)

图 20

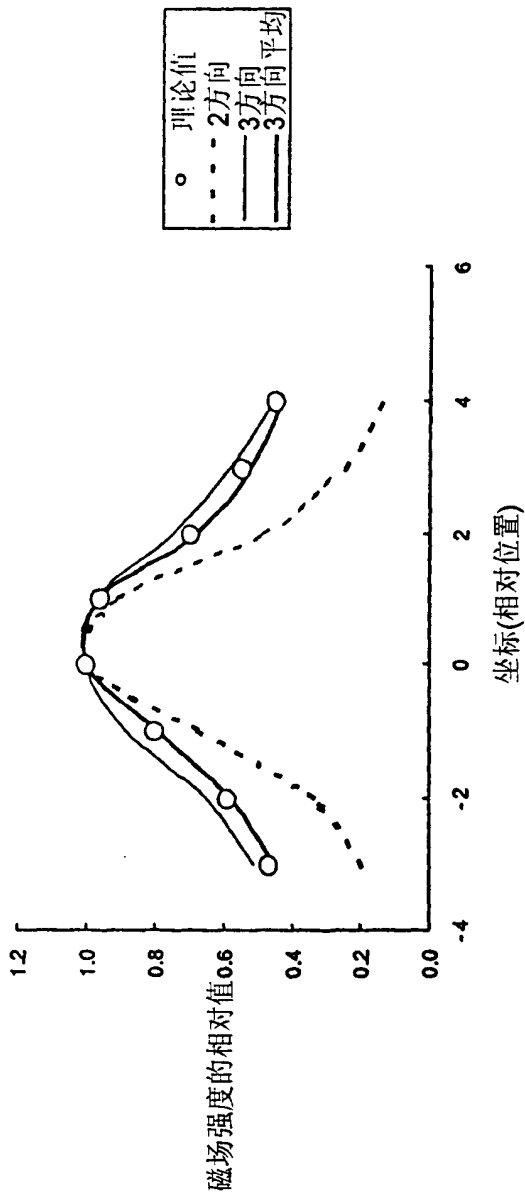


图 21