

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01R 33/3415 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780037038.4

[43] 公开日 2009 年 9 月 2 日

[11] 公开号 CN 101523233A

[22] 申请日 2007.9.26

[21] 申请号 200780037038.4

[30] 优先权

[32] 2006.10.3 [33] EP [31] 06121671.9

[86] 国际申请 PCT/IB2007/053898 2007.9.26

[87] 国际公布 WO2008/041155 英 2008.4.10

[85] 进入国家阶段日期 2009.4.2

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 F·J·M·本沙奥普

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 英

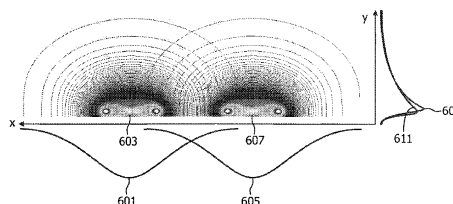
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于选择磁共振成像设备的接收线圈阵列的
元件的线圈元件选择设备

[57] 摘要

本发明提供一种传感器选择设备，其用于选择磁共振成像设备的传感器元件，所述传感器选择设备包括提供器，所述提供器用于在预先确定的扫描体积内提供第一传感器元件(603)的第一特性(601)和用于在预先确定的扫描体积(215)内提供第二传感器元件(607)的第二特性(605)；用于根据第一特性(601)和根据第二特性(605)确定交互量的器件；以及选择器，其用于基于交互量选择或者排除第一传感器元件(601)或第二传感器元件(607)。



1、一种用于选择传感器元件的磁共振成像设备，包括具有下述各部件的传感器选择设备：

提供器（101），其用于在预先确定的扫描体积内提供第一传感器元件（603）的第一特性（109、601）和用于在所述预先确定的扫描体积（215）内提供第二传感器元件（607）的第二特性（111、605）；

用于根据所述第一特性（109、601）和根据所述第二特性（111、605）确定交互量的器件（103）；以及

选择器（105），其用于基于所述交互量选择或者排除所述第一传感器元件（603）或所述第二传感器元件（607）。

2、根据权利要求1所述的磁共振成像设备，所述第一特性（109、601）为在所述预先确定的扫描体积内的所述第一传感器元件（603）的灵敏性分布图或综合灵敏性分布图，所述第二特性（111、605）为在所述预先确定的扫描体积内的所述第二传感器元件（607）的灵敏性分布图或综合灵敏性分布图。

3、根据权利要求1或2所述的磁共振成像设备，将所述选择器（105）进一步配置为基于所述第一特性（109、601）从多个传感器元件中预选择所述第一传感器元件（603）和基于所述第二特性（111、605）从多个传感器元件中预选择所述第二传感器元件（607）。

4、根据权利要求1至3的任一项所述的磁共振成像设备，所述交互量表示所述第一特性（109、601）和所述第二特性（111、605）之间的独立水平。

5、根据权利要求1至4的任一项所述的磁共振成像设备，用于确定所述交互量的所述器件（103）被配置为确定所述第一特性（109、601）和所述第二特性（111、605）之间的内积以获得所述交互量。

6、根据权利要求4或5所述的磁共振成像设备，所述选择器（105）被配置为如果所述交互量在预先确定的独立范围内则选择所述第一传感器元件（603）或所述第二传感器元件（607）或者如果所述交互量在预先确定的范围外则排除所述第一或所述第二传感器元件（603、607）。

7、根据权利要求2至5的任一项所述的磁共振成像设备，其中，所述扫描体积由至少部分灵敏性覆盖或者其中，所述扫描体积由灵敏性至少部分均匀地覆盖。

8、根据权利要求4至6的任一项所述的磁共振成像设备，所述第一特性（109、601）和所述第二特性（111、605）之间独立水平包括交互信息或内积的水平。

9、一种磁共振成像设备，包括：

多个传感器元件，其被布置为形成扫描体积；以及

根据权利要求1至8的任一项所述的传感器选择设备，其用于从所述多个传感器元件中选择第一传感器元件或第二元件，所述第一传感器元件或所述第二传感器元件被用于在所述扫描体积的预先确定的扫描体积内进行扫描。

10、一种用于选择磁共振成像设备的传感器元件的方法，所述方法包括：

在预先确定的扫描体积内提供第一传感器元件的第一特性和在所述预先确定的扫描体积内提供第二传感器元件的第二特性；

根据所述第一特性和根据所述第二特性确定交互量；以及

基于所述交互量选择或排除所述第一传感器元件或所述第二传感器元件。

11、一种用于操作磁共振成像设备的方法，所述磁共振成像设备包括

被布置为形成扫描体积的多个传感器元件，所述方法包括：

根据权利要求 8 所述的方法从所述多个传感器元件中选择第一传感器元件或第二传感器元件，由所述磁共振成像设备使用所述第一传感器元件或所述第二传感器元件在所述扫描体积的预先确定的扫描体积中进行扫描。

12、一种计算机程序，当所述计算机程序在计算机上运行时，其用于执行权利要求 10 的所述方法或权利要求 11 的所述方法。

用于选择磁共振成像设备的接收线圈阵列的元件的线圈元件选择设备

技术领域

本发明涉及包括用于获取磁共振信号的传感器元件的磁共振成像设备领域。

背景技术

磁共振成像设备可以使用具有例如线圈元件和数据获取通道的越来越多的传感器元件的并行成像来获取成像数据。在 90 年代初期，通常使用仅一个通道输出。在 90 年代中期，引入了多通道获取，从而，现在，可以完成 16、32 或 90 通道获取。

在过去，通常采用四通道或六通道，从而磁共振成像（MRI）系统的操作者可以对用于人工扫描的传感器元件进行选择。但是，当使用具有超过 50 个互相连接的传感器元件（例如，线圈元件）的 MRI 系统时，其中，大约 30 个传感器元件被同时布置在视野内，选择必须自动进行，从而为 MRI 扫描器的使用者减少工作流程的复杂性。

为了避免使用可以降低最终图像的信噪比（SNR）的具有例如非常低的 SNR 的元件或者避免使用可以产生图像中的伪影的布置在均匀球体外侧的元件，传感器元件的选择是有必要的。关于重建源（CPU 或存储器）或批量数据通道带宽的选择更为重要。

依赖于定位的选择方法基于与扫描体积的定位相关的线圈的定位，从而选择布置为靠近扫描体积的元件。选择可以自动地或者由操作者操作磁共振设备来执行。在由操作者选择情况下，操作者确定例如在考虑病人和线圈时应该使用哪个元件。在自动选择的情况下，选择靠近扫描体积的元件。基于线圈定位的选择方法的缺点是线圈位置必须被已知或者必须被测量。通过由于线圈的错误放置的选择误差可以使人工选择受损并且可以导致长的调整周期。

另外，可以基于如由 M. Bruchrer 等人发表在 ISMRM 2006 上的

Automatic Coil Element Selection for Parallel Imaging of localized Regions 中所描述的 SNR 选择元件。基于 SNR 的选择方案在例如低质子密度区域中可能是失败的。例如在 EP 1 249 708 A1 中对自动线圈选择进行了描述。

发明内容

本发明的目的是提供一种用于自动选择磁共振成像设备的传感器元件的有效构思。

该目的可以通过独立权利要求的特征来实现。

本发明基于以下发现，即当在感兴趣区域中利用传感器元件的灵敏性分布图时，可以实现传感器元件的有效选择。灵敏性分布图还可以包括例如 3D 灵敏性分布的空间灵敏性分布。

线圈灵敏性基本独立于例如在所分析的对象中的质子密度分布。例如，在肺中，可探测信号相对于肝脏较低。但是，线圈灵敏性可以相等。从而，单个传感器的灵敏性可以从下式获得：

$$C(x,y,z)_{\text{元件}} = S(x,y,z)_{\text{元件}} / S(x,y,z)_{\text{QBC}}$$

其中， $C(x,y,z)_{\text{元件}}$ 表示位置 (x,y,z) 处的线圈元件灵敏性。 $S(x,y,z)_{\text{元件}}$ 表示由线圈元件测得的信号（强度和相位）以及 $S(x,y,z)_{\text{QBC}}$ 表示由具有均匀密度分布的大体积线圈所测得的信号（强度和相位）。

从而，关于感兴趣区域的传感器元件的物理布置不提供有效选择准则。

本发明提供用于选择磁共振成像设备的传感器元件的传感器选择设备，其可以包括例如用于扫描的多个传感器元件。优选地，传感器选择设备包括提供器，所述提供器用于在预先确定的扫描体积或扫描区域（即：感兴趣区域内）内提供第一传感器元件的第一特性和用于在预先确定的扫描体积内提供第二传感器元件的第二特性。传感器元件可以是例如从用于例如并行成像的大量可获得的接收器元件中所选择的接收器天线元件或线圈。另外，传感器探测设备可以包括用于根据第一特性和根据第二特性确定交互量的器件。另外，提供基于交互量的用于选择或者用于排除第一传感器元件或第二传感器元件的选择器。根据一方面，可以选择多个传感器。

根据一方面，第一特性是在预先确定的扫描区域内的第一传感器元件的灵敏性分布图。对应地，第二特性是在预先确定的扫描区域内的第二传

传感器元件的灵敏性分布图。

根据一方面，选择器还可以被构造成基于第一特性从多个传感器元件中预选择第一传感器元件以及基于第二特性从多个传感器元件中预选择第二传感器元件。例如，多个传感器元件被布置成覆盖磁共振成像设备的扫描体积，其中，仅扫描体积的特定区域是感兴趣区域。选择器可以通过例如将灵敏性量值或者综合灵敏性分布图量值与预先确定的阈值进行比较而首先预选择可能的传感器元件，其中，所述预先确定的阈值可以等于在预先确定的扫描体积中的最大灵敏性的 5%。从而，选择器对那些具有在感兴趣区域内延伸的灵敏性分布图和具有高于阈值的量值的传感器元件进行预选择，并对那些在感兴趣区域内的具有低于阈值的量值的灵敏性分布图的传感器元件进行排除。因此基于交互量的进一步选择基于预选择的传感器元件。

根据本发明，可以通过以下方式的一个或多个来使用例如空间分辨灵敏性信息：

通过例如线圈灵敏性进行扫描体积的全覆盖；

优化扫描体积的均匀覆盖；

SENSE 优化：确保灵敏性沿着扫描的一个或两个 SENSE 方向是充分独立的，以获得好的 SENSE 展开。

在一些加权准则中可以使用这些测量的一个、二个或三个，或者组合使用。

通过试图选择具有三维独立线圈灵敏性的元件可以实现 SENSE 优化目标，以例如绝对灵敏性为代价。第二种方法是仅从一个或两个 SENSE 方向观察并将灵敏性投影到那些 SENSE 方向上，之后可以估计不同线圈元件投影的依赖性的水平。可以通过内积算法来处理这两种方法。所包括的图像或多或少地最佳应用于 SENSE 方向（1D）方法，但可以容易地推广到 3D。

交互量可表示“（空间分辨的）灵敏性分布的独立性的度量”。空间分布的灵敏性函数的独立性的度量是内积的绝对值，其针对完全独立（例如，正交）的分布为零。分布的独立性的更通常度量是交互信息准则。下面，仅通过举例的方式将内积方法看作为例如算法以证明 SENSE 优化选择。

交互量可以在预先确定的独立性范围内表示第一和第二特性之间的独

立性。例如，如果第一和第二特性互相独立，则例如由内积确定的交互量可以等于 0。另一方面，如果第一和第二特性是相关的，则由例如内积确定的交互量可以等于 1，或者反之亦然。例如，如果交互量在由例如内积确定的、从例如 0 延伸至 0.4 的预先确定的独立范围内，则选择器选择第一或第二元件；以及如果交互量在预先确定的独立范围之外，则选择器排除第一或第二传感器元件。将以上所提到的数字（除了等于 0 的内积）应用于归一化线圈灵敏性。

根据一方面，用于确定交互值的器件确定第一和第二特性的内积以获得表示第一和第二特性之间的内积的交互量。

根据一方面，选择器可以首先从多个传感器元件中预选择一些选择传感器元件，数量大于或等于 2。在该情况下，用于确定的器件可以通过例如确定内积或者例如在互不相同灵敏性分布图之间的交互信息的其他独立准则来确定多个交互量。从而，选择器可以通过例如将每个交互量与预先确定的独立范围进行比较来基于交互量选择和/或排除多个传感器元件。

根据另一方面，本发明提供了包括被布置为形成扫描体积的多个传感器元件和根据本发明的传感器选择设备的磁共振成像设备。传感器选择设备从多个传感器元件中选择第一和第二传感器元件，第一和/或第二传感器元件用于在扫描体积的预先确定的扫描体积（即：感兴趣区域）中进行扫描。从而，在执行传感器元件选择之后，磁共振成像设备可以执行例如使用基于交互量选择的传感器元件的粗略或高分辨率扫描。

本发明还提供用于选择磁共振成像设备的传感器元件的方法，其具有在预先确定的扫描体积内提供第一传感器元件的第一特性和在预先确定的扫描区域内提供第二传感器元件的第二特性的步骤。所述方法还包括根据第一特性和第二特性确定交互量以及基于交互量选择和/或排除第一传感器元件和/或第二传感器元件。本发明的方法的其他步骤对应于本发明的传感器选择设备的功能性。

本发明还提供用于对包括布置为形成扫描体积的多个传感器元件的磁共振成像设备进行操作的方法。所述方法包括根据用于选择磁共振成像设备的传感器元件的本发明的方法从多个传感器元件中选择第一传感器元件和/或第二传感器元件。所述方法还可以包括使用所选择的传感器元件在感

兴趣区域内执行扫描。

本发明还提供计算机程序，当在计算机上运行计算机程序时，所述计算机程序用于执行用于选择磁共振成像设备的传感器元件和/或用于对磁共振成像设备进行操作的方法。

根据本发明，实际所采用的用于获得磁共振信号的传感器元件（接收器元件）的选择基于（接收器）灵敏性分布图进行。应该注意地，选择一组具有最大灵敏性的接收器元件，其中，接收器元件的灵敏性分布图是充分独立的。还可以基于粗略分辨率扫描自动地进行选择。

本发明的构思具有以下优点，当应用一些并行成像技术时能够避免噪声穿透（noise breakthrough），或者当应用例如噪声缩放的其他重建技术时能够避免暗点。并且，独立于例如可能由于低质子密度导致的信号强度来进行传感器元件的选择。此外，由于并行成像，具有接收器元件灵敏性的（由例如最小数量覆盖的）整个感兴趣体积将避免噪声穿透。另外，针对多个接收器元件的正交接收器灵敏性分布图有助于避免并行成像方法中的伪影。从而，工作流程是有效的并且能够提高图像质量。

选择准则可以是例如在感兴趣体积和/或感兴趣体积的整个空间覆盖中的均匀覆盖、伪影抑制、最大线圈灵敏性。感兴趣体积（预先确定的扫描体积）可以是扫描体积或其可以形成整个均匀球体。可以对例如线圈灵敏性的灵敏性分布图进行测量，或者将其从适合于测量的模型中导出或者使用理论灵敏性分布图进行计算。

根据另一方面，可以执行快速预选择。例如，每个传感器元件的线圈灵敏性可以被综合到感兴趣区域（例如，扫描体积）上，从而所综合的灵敏性可以被用于执行快速预选择。例如，那些具有低灵敏性（例如，接近于零）的元件可能处于观察区域之外从而被排除。例如，当综合值低于例如从扫描体积上的综合获得的最大综合值的例如 10% 时，产生低灵敏性。而且，在短暂预备阶段的过程中进行例如三个独立轴上的一维投影可以获得体积选择综合灵敏性（如线圈灵敏性）。

例如可以独立于需要不同准则的不同应用来执行优化选择。例如，在（正常）重建情况下，灵敏性的空间均匀分布可以是感兴趣的。对于 SENSE 或 CLEAR 技术，可以选择沿着所需 SENSE 方向的充分独立的元件灵敏性

分布，从而至少所有感兴趣区域由例如最低水平灵敏性覆盖以避免噪声穿透。对于伪影抑制，可以对布置在（火焰）伪影产生区域内的元件进行抑制。或者可以对在扫描体积内或外的尤其是对诸如腹部脂肪组织的流动或运动伪影产生区域灵敏的元件进行抑制。

本发明的 SENSE 优化元件选择基于例如线圈灵敏性的实际分布，其中，可以获得在例如线圈无法预料的使用（例如，旋转放置）中的优化感测展开。而且，传感器元件（例如，线圈）的几何布置的知识是没有必要的。另外，可以容易确定传感器元件的 SENSE 特征。因而，在感兴趣区域中的线圈灵敏性提供好的度量，这是由于灵敏性分布图描述出传感器元件多么好地“观看”感兴趣区域。由于将使用者从环节中除去，图像质量得到提高。

附图说明

参照附图对本发明的其他实施例进行描述，在附图中：

图 1 示出了传感器选择设备的框图；

图 2 示出了所计算的两个三元件阵列的线圈灵敏性图；

图 3 示出了对象轮廓和扫描体积；

图 4 示出了基于感兴趣区域的元件选择；

图 5 示出了基于感兴趣区域的元件选择；

图 6 示出了投影在 x 和 y 轴上的两个元件的线圈灵敏性；

图 7 示出了线圈灵敏性分布的重叠的延伸；以及

图 8 示出了线圈灵敏性分布的重叠的延伸。

具体实施方式

图 1 示出了包括提供器 101、用于确定交互量 105 的器件 103 和选择器 107 的传感器选择设备的框图。提供器提供第一传感器（图 1 中未示出）的第一特性 109 和第二传感器（图 1 中未示出）的第二特性 111。

图 2 示出了所计算的两个三元件阵列的线圈灵敏性图。第一阵列包括元件 201、203 和 205。第二阵列包括元件 207、209 和 211。

图 3 示出了要被扫描的对象（例如，患者）的轮廓 213 和扫描体积 215

(感兴趣的区域、预先确定的扫描体积)。例如,布置在扫描体积 215 外侧的元件 207 和 209 可用于感测,这是由于其灵敏性在扫描体积内延伸。

图 4 示出了本发明的基于感兴趣区域的传感器元件选择。在该实施例中,磁共振成像设备可以包括传感器元件 401(A1)、403(A2)、405(A3)、407(A4)、409 (P1)、411(P2)、413(P3)和 415 (P4)。在图 4 中,传感器元件的灵敏性分布图由灵敏性分布图线 417 示出。为了选择传感器元件以用于在第一感兴趣区域 419 内扫描,例如可以选择传感器元件 A1、A2、A3、P1、P2 和 P3。针对在第二感兴趣区域 421 内的扫描,例如可以选择传感器元件 P4、A4 和 P3。可以通过本发明的选择器执行该选择。并且,通过如在图 4 中所描述的线圈形成传感器元件。

图 5 示出了基于感兴趣区域的针对磁共振成像设备的传感器选择方法,所述磁共振成像设备包括布置为如图 5 所示的传感器元件 501(A1)、503 (A2)、505(A3)、507(A4)、509 (P1)和 511(P2)。为了在第一感兴趣区域 513 内扫描,选择器可以基于如图 5 所示的灵敏性分布图选择传感器元件 A1、A2、A3、P1 和 P2。但是,由于基本上只有传感器元件 507 具有在第二感兴趣区域 515 内延伸的灵敏性分布图,在该实施例中第二感兴趣区域 515 仅为非充分覆盖。在该情况下,可以由例如表示第二感兴趣区域 515 为非充分覆盖的本发明的传感器选择设备发出信号。在选择器已经从在扫描操作过程中所使用的传感器元件中排除传感器元件 501、503、505、509 和 511 之后,发出该信号。

图 6 示出了投影在 x 轴和 y 轴上的两个传感器元件的灵敏性分布图。关于 x 轴的第一传感器元件 603 的灵敏性分布图 601 和传感器元件 607 的灵敏性分布图 605 具有不同的最大量,从而可以得到沿 x 方向的等于 2 的感测因子。关于 y 轴,第一传感器元件 603 的灵敏性分布图 609 和传感器元件 607 的灵敏性分布图 611 具有以相似方式沿 y 轴分布的最大量,从而沿 y 方向可以得到至多为 1 的感测因子。

如图 6 所示地,灵敏性分布图 601 和 605 关于 x 方向仅部分重叠。另一方面,关于 y 方向的灵敏性分布图 609 和 611 的重叠是明显的。灵敏性分布图的重叠和独立的度量可以是灵敏性分布图的内积。在该方面,当两个函数完全独立(例如,正交)时,所述两个函数的内积为零。因此,当

灵敏性分布图完全独立时，则它们不重叠。两个函数 f 、 g 的内积可以关于变量 x 以下式来确定：

$$\langle fg \rangle = \int f^*(x)g(x)dx,$$

其中， f 、 g 为变量 x 的函数。

由体素组成的体积的内积是两个因子的点积：

$$\langle (x_1, \dots, x_n), (y_1, \dots, y_n) \rangle := \sum_{i=1}^n x_i y_i = x_1 y_1 + \dots + x_n y_n$$

在上述公式中， x_i 和 y_i 表示体素值，例如，两个线圈元件 x 和 y 的灵敏性和 n 表示和指出所有体素。

图 7 示出了线圈灵敏性分布的重叠的范围和线圈灵敏性分布的内积。特别地，第一线圈元件的灵敏性分布 701、第二线圈元件的灵敏性分布 703、第三线圈元件的灵敏性分布 705 和第四线圈元件的灵敏性分布 707 以重叠的方式描述。针对线圈元件 1、2、3 和 4 的线圈灵敏性分布的内积在图 7 中以矩阵的形式描述。在不同线圈元件的线圈灵敏性分布之间的相应内积小于 1，其表示灵敏性分布之间的依赖程度。另一方面，线圈灵敏性分布与其自身的内积通常等于 1，其表征完全依赖分布。将内积的绝对数目应用于归一化因子。

图 8 示出了根据另一实施例的线圈灵敏性分布的重叠的范围。特别地，第一传感器元件的灵敏性分布 801、第二传感器元件的灵敏性分布 803 和第三传感器元件的灵敏性分布 805 几乎互相重合。但是，第四传感器元件的灵敏性分布 807 相对于灵敏性分布 801、803 和 805 明显移动。如在对针对传感器元件 1、2、3 和 4 的线圈灵敏性分布的内积进行概括的表中所描述的，由于内积等于 0.98，灵敏性分布 801、803 和 805 几乎完全相关。相反地，灵敏性分布 807 和灵敏性分布 801 到 805 任一个之间的内积等于或小于 0.01。因此，可以将灵敏性分布 807 认为是在预先确定的独立性范围内相对于灵敏性分布 801、803 和 805 几乎独立，例如在内积方面，灵敏性分布 807 与灵敏性分布 801、803 和 805 的内积在 0 和 0.1 之间延伸。另外，选择可以依赖于实际分布以及它们的内积。例如，省略最多重叠的元件，其中，例如使用最少重叠的元件。

关于图 6，灵敏性 601 和 605 的内积几乎为零，从而感测展开是可能的。相反地，灵敏性 609 和 611 之间的沿 x 轴的内积几乎为 1，从而感测展开是

不可能的。

通常，在扫描开始之前完成传感器元件的选择。另外，同样可以在重建过程中回顾性地执行本发明的办法，以便执行例如数据简化。另外，由于使用者不再被包括在选择过程中，图像质量被改进。

另外，空间分布线圈灵敏性是基于数据的或者基于在对象（患者）中的实际测量数据。因而，在感兴趣区域中的线圈灵敏性为选择过程提供好的度量，这是由于所述灵敏性描述出传感器元件多么好地“观看”感兴趣区域。另外，本发明的办法像近似出传感器元件可以多么好地观看感兴趣区域的这些机制那样实现基于线圈定位的选择。而且，发明方法不会遭受在例如低质子密度区域中基于信号的选择策略的缺点的影响。而且，可以测量、预先确定或者计算（或其任何组合，例如，适合于所测量数据的模型）灵敏性分布图。

而且，由于例如可以通过优化感测展开获得优化图像质量，则本发明的构思提供针对应用依赖的优化。另外，例如通过不选择在火焰伪影（Flame Artifact）区域中的元件，可以执行伪影抑制。另外，可以将均匀线圈灵敏性用于非 SENSE/CLEAR 重建。

尽管在附图和前面描述中已经对本发明进行了详细的示出和描述，可以将这样的示出和描述认为是示意性的或者示例性的而非限制性的；本发明不局限于所公开的实施例。本领域的技术人员在实践所要求保护的发明中，从附图、公开和所附权利要求可以理解和实现对所公开的实施例的其他变更。在权利要求中，词语“包括”不排除其他元件或步骤。不定冠词“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以实现权利要求中所引用的多个项的功能。在互不相同的所附权利要求中所引用的特定测量的仅有事实并不表示这些测量的组合不能被有利地使用。计算机程序可以被存储/分布在适当的介质上，诸如光学存储介质或与其他硬件一起供应或者作为其他硬件一部分的固态介质，但也可以以其他形式分布，诸如经由因特网或其他有线或无线通信系统。权利要求中的任何附图标记都不应该被解释为限制保护范围。

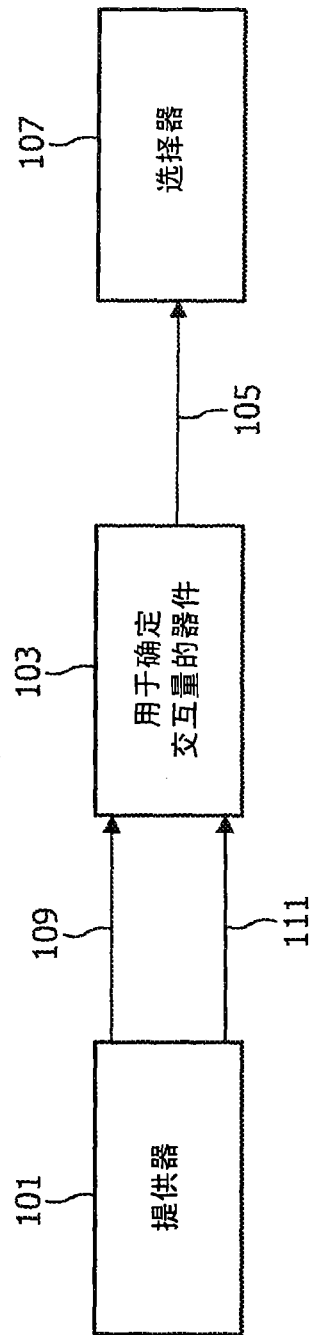


图1

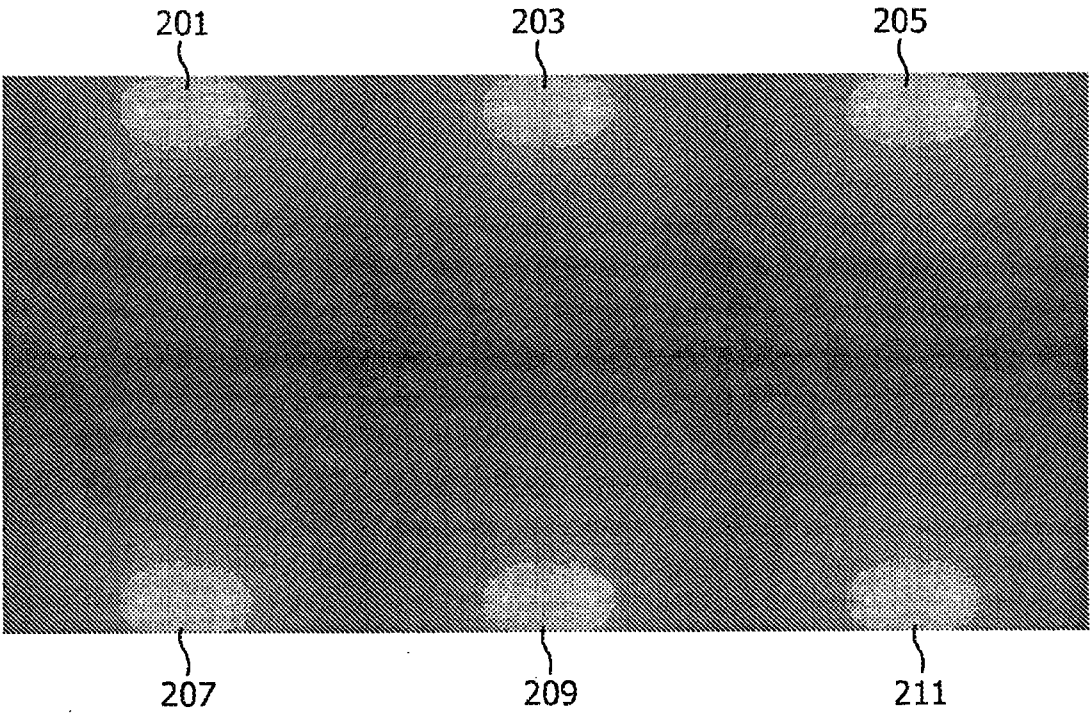


图2

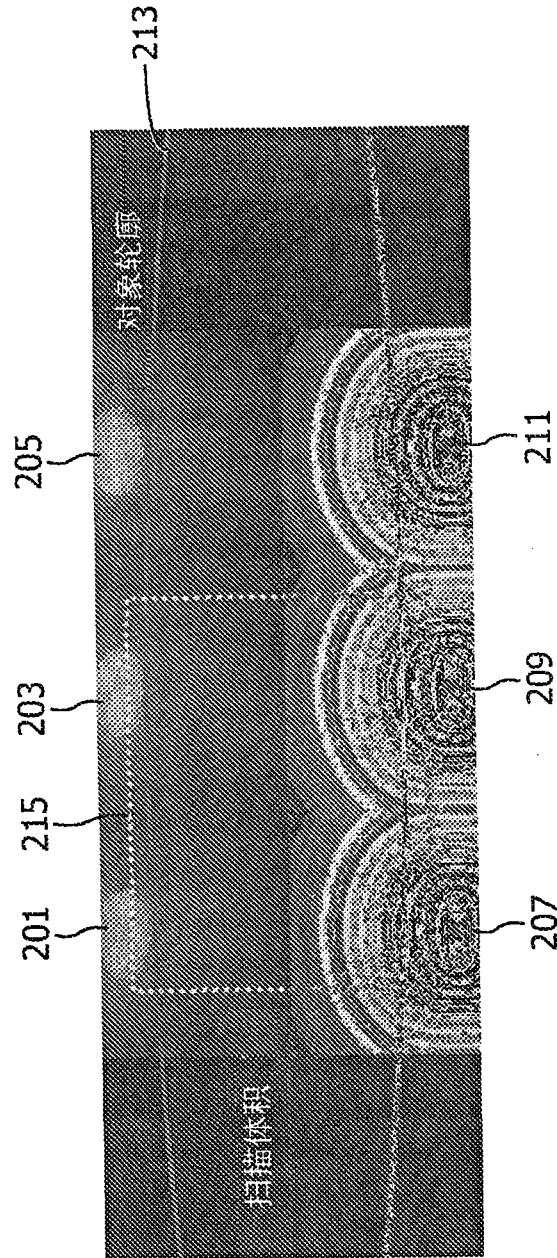


图3

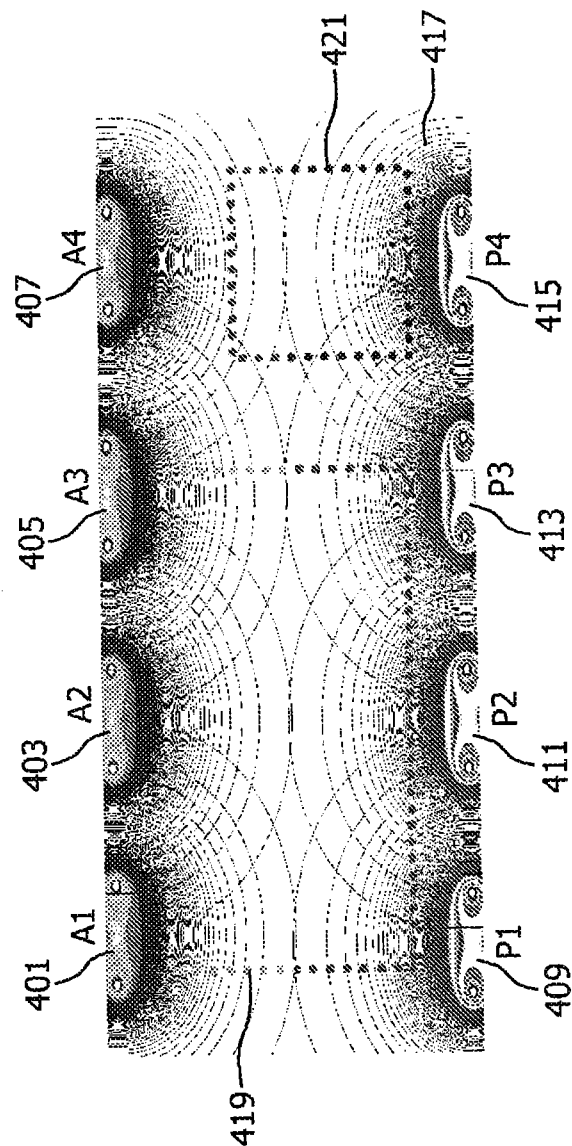


图4

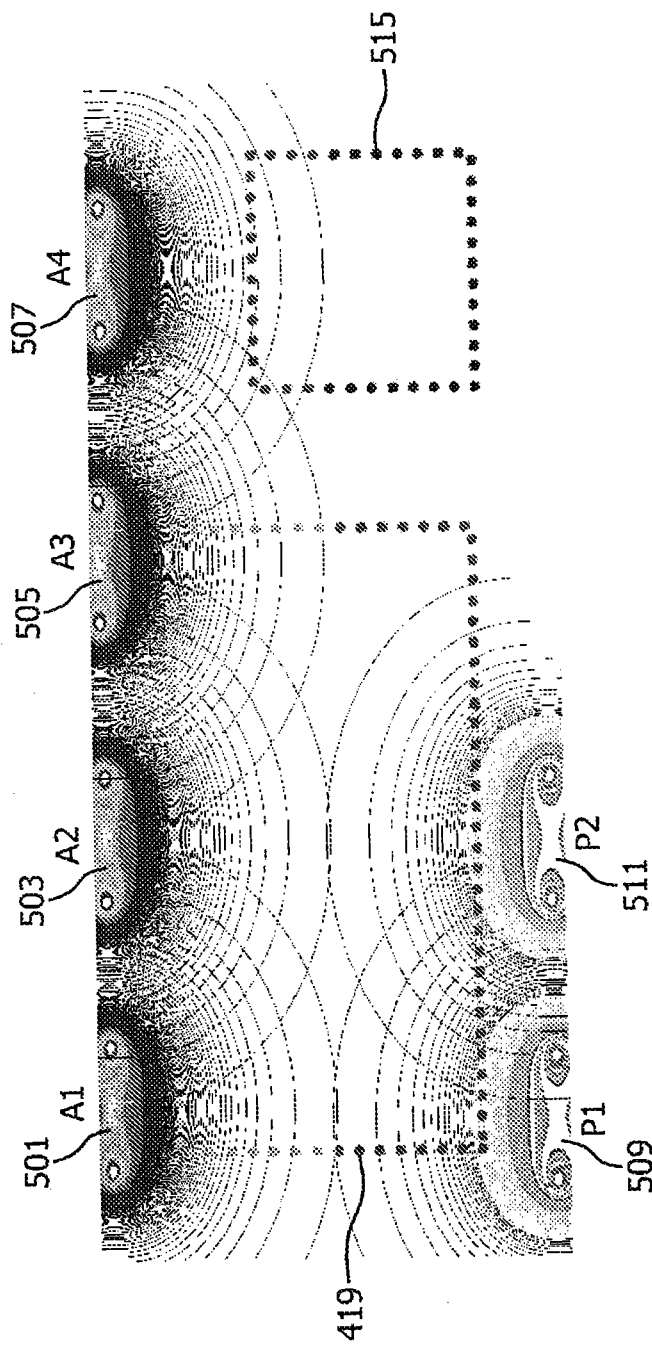


图5

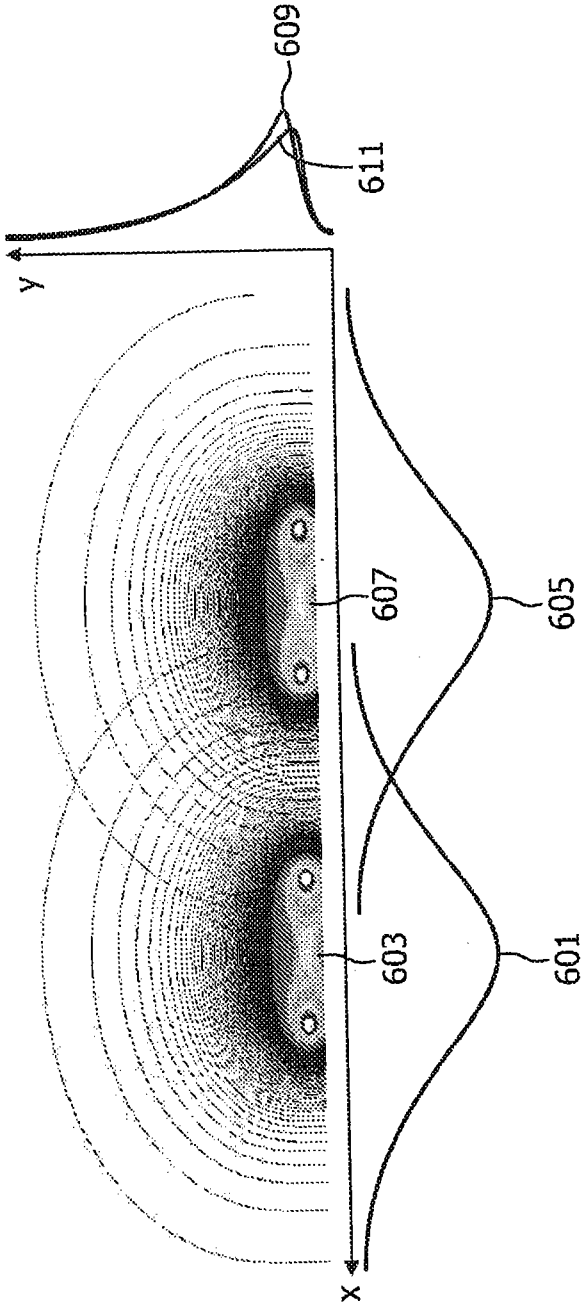


图6

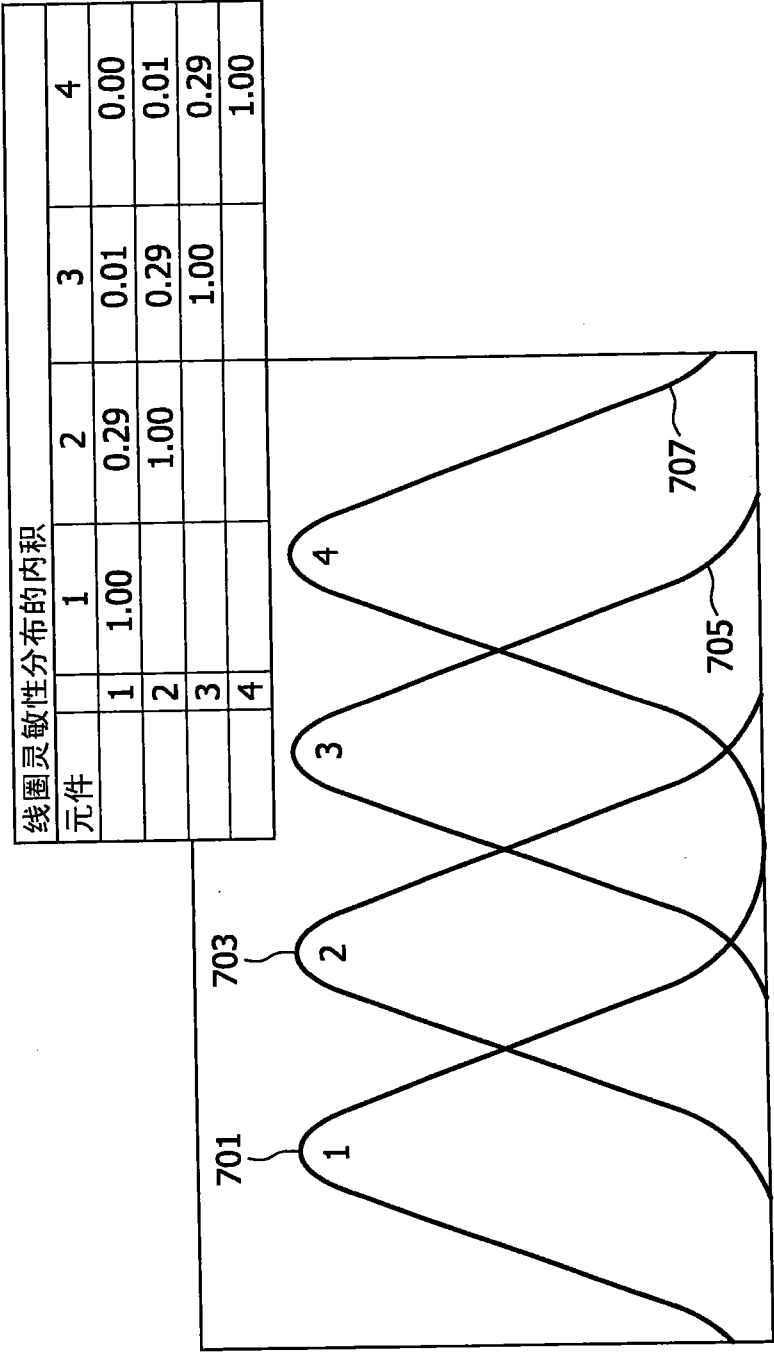


图7

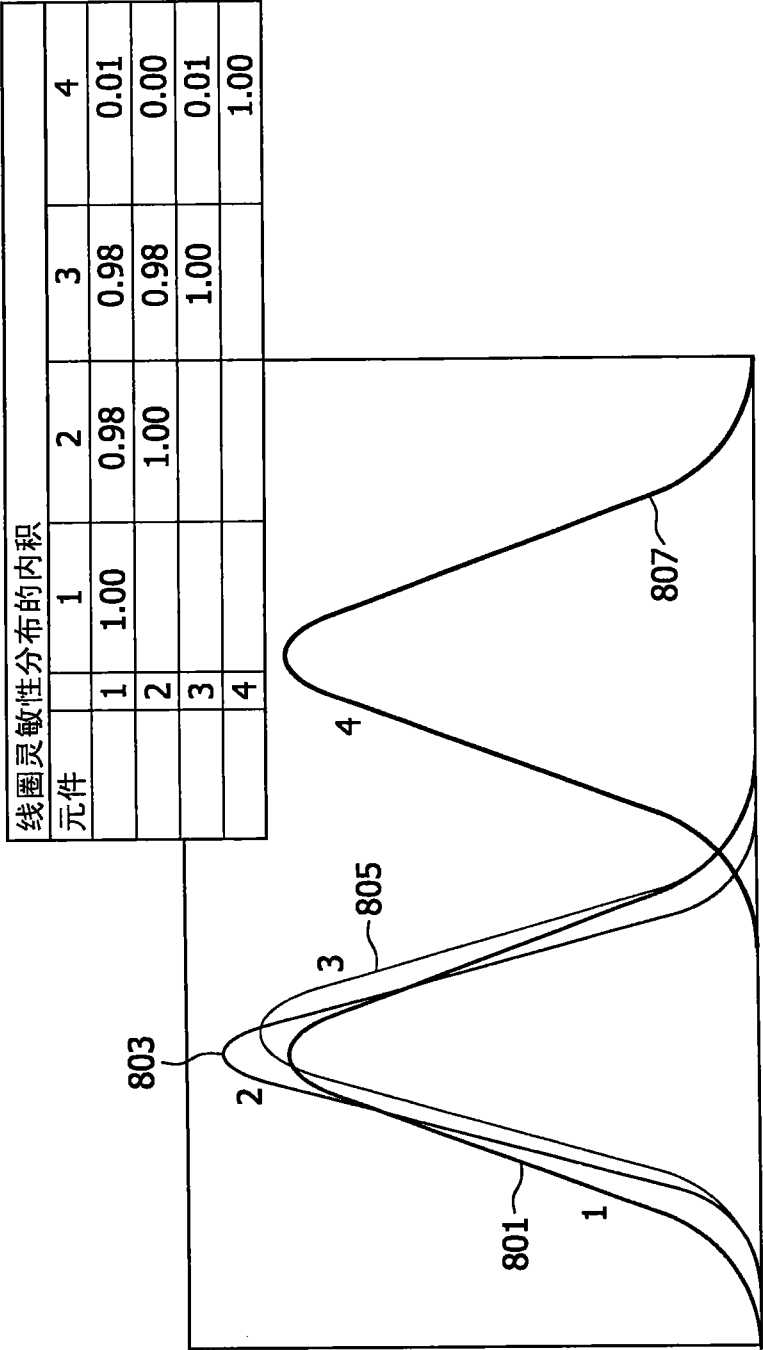


图8