



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101427149 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 18

(21) 申请号 200780014223. 1

(22) 申请日 2007. 04. 03

(30) 优先权数据

60/745, 305 2006. 04. 21 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 10. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/065844 2007. 04. 03

(87) PCT申请的公布数据

W02007/124246 EN 2007. 11. 01

(73) 专利权人 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 Z·翟 G·D·德梅斯泰

M·A·莫里希 P·R·哈维

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英

(51) Int. Cl.

G01R 33/34 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6608480 B1, 2003. 08. 19, 全文.

US 6975114 B1, 2005. 12. 13, 说明书第 4 栏第 25 行到第 52 行, 第 5 栏第 27 行到第 6 栏第 22 行.

US 6975114 B1, 2005. 12. 13, 说明书第 4 栏第 25 行到第 52 行, 第 5 栏第 27 行到第 6 栏第 22 行.

WO 2004092760 A1, 2004. 10. 28, 说明书第 8 页第 4 行到第 11 页第 17 行.

WO 2004092760 A1, 2004. 10. 28, 说明书第 8 页第 4 行到第 11 页第 17 行.

US 6608480 B1, 2003. 08. 19, 全文.

US 20050242816 A1, 2005. 11. 03, 全文.

US 20050242816 A1, 2005. 11. 03, 全文.

EP 1146348 A2, 2001. 10. 17, 全文.

CN 1361418 A, 2002. 07. 31, 全文.

US 20040012391 A1, 2004. 01. 22, 全文.

US 20040150401 A1, 2004. 08. 05, 全文.

审查员 周亚沛

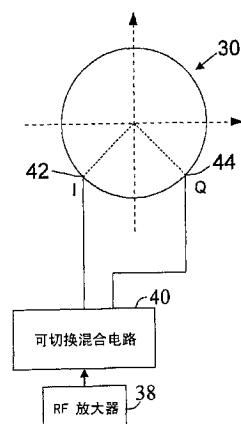
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

包含在线性 I 通道、线性 Q 通道、正交及反正交模式之间的高速线圈模式切换的 MR

(57) 摘要

用于可操作地将射频驱动信号 (70) 与正交线圈 (30) 相耦合的混合电路 (40, 40', 40'') 可以采用从由以下构成的组群中选出的至少两个线圈模式之中的一个模式来配置:(i) 线性 I 通道模式, 其中, 在没有驱动 Q 通道输入端口 (44) 的情况下驱动 I 通道输入端口 (42);(ii) 线性 Q 通道模式, 其中, 在没有驱动 I 通道输入端口的情况下驱动 Q 通道输入端口;(iii) 正交模式, 其中, 以所选的正相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口;以及 (iv) 反正交模式, 其中, 以所选的负相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口。可以确定所述至少两个线圈模式的时间顺序, 并将其用于补偿 B₁ 不均匀性。



CN 101427149 B

1. 一种可切换混合电路 (40, 40', 40''), 配置为可操作地将射频驱动信号 (70) 与正交线圈 (30) 相耦合, 来驱动具有 I 通道输入端口 (42) 和 Q 通道输入端口 (44) 的所述正交线圈, 可以采用从由以下构成的组群中选出的至少两个线圈模式之中的一个模式来配置所述可切换混合电路: (i) 线性 I 通道模式, 其中, 在没有驱动所述 Q 通道输入端口的情况下驱动所述 I 通道输入端口; (ii) 线性 Q 通道模式, 其中, 在没有驱动所述 I 通道输入端口的情况下驱动所述 Q 通道输入端口; (iii) 正交模式, 其中, 以所选的正相位差来驱动所述 I 和 Q 通道输入端口; 以及 (iv) 反正交模式, 其中, 以所选的负相位差来驱动所述 I 和 Q 通道输入端口,

其中, 所述可切换混合电路 (40, 40', 40'') 包括:

混合电路 (46), 其将所述射频驱动信号 (70) 分为彼此间具有 90° 相位差的两个分量驱动信号 (72, 74); 以及

附加电路 (50, 50''), 至少包括多个切换器 (S1, S2, S2', S3, S4, S4'), 其选择性地修改所述两个分量驱动信号, 并根据所选择的线圈模式将所述两个分量驱动信号分别传输到所述正交线圈 (30) 的所述 I 和 Q 通道输入端口 (42, 44)。

2. 如权利要求 1 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40''), 其中, 所述正的和负的所选相位差分别是 $+90^\circ$ 和 -90° 。

3. 如权利要求 2 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40''), 其中, 所述至少两个线圈模式包括全部四个线圈模式 (i)、(ii)、(iii) 和 (iv)。

4. 如权利要求 1 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40''), 其中, 所述可切换混合电路 (40, 40', 40'') 包括开关 FET 器件, 所述开关 FET 器件可以以亚毫秒的切换速度在线圈模式之间切换, 以实现对于射频激发脉冲的时间上变化的整形, 以便补偿线圈负载。

5. 如权利要求 1 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40''), 其中, 所述可切换混合电路 (40, 40', 40'') 用第一预置缩放因子来缩放所述 I 通道输入端口 (42) 的驱动, 用第二预置缩放因子来缩放所述 Q 通道输入端口 (44) 的驱动。

6. 如权利要求 5 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40''), 其中, 所述第一预置缩放因子等于所述第二预置缩放因子。

7. 一种使用如权利要求 1 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40'') 来激发磁共振的方法, 所述方法包括:

确定用于产生射频激发的所述至少两个线圈模式的经时间平均的模式的组合, 所述射频激发用于补偿对象 (16) 造成的所述正交线圈 (30) 的 B_1 非均匀性; 并且

用所述正交线圈在所述对象中激发磁共振, 所述激发包括根据所确定的所述至少两个线圈模式的经时间平均的模式的组合来操作所述可切换混合电路。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述正交线圈是正交体线圈 (30) 和正交头部线圈中的一个。

9. 一种磁共振扫描器, 包括:

主磁体 (20, 22), 用于至少在扫描区中产生静态磁场;

正交线圈 (30), 与所述扫描区相耦合, 所述正交线圈具有 I 通道输入端口 (42) 和 Q 通道输入端口 (44);

射频放大器 (38), 配置为产生在磁共振频率附近的射频驱动信号 (70); 以及

可切换混合电路 (40, 40', 40''), 可操作地将所述射频驱动信号与所述正交线圈相耦合, 以便采用从由以下构成的组群中选出的至少两个线圈模式之中的一个可选模式来驱动所述正交线圈: (i) 线性 I 通道模式, 其中, 在没有驱动所述 Q 通道输入端口的情况下驱动所述 I 通道输入端口; (ii) 线性 Q 通道模式, 其中, 在没有驱动所述 I 通道输入端口的情况下驱动所述 Q 通道输入端口; (iii) 正交模式, 其中, 以所选的正相位差来驱动所述 I 和 Q 通道输入端口; 以及 (iv) 反正交模式, 其中, 以所选的负相位差来驱动所述 I 和 Q 通道输入端口,

其中, 所述可切换混合电路 (40, 40', 40'') 包括:

混合电路 (46), 其将所述射频驱动信号 (70) 分为彼此间具有 90° 相位差的两个分量驱动信号 (72, 74); 以及

附加电路 (50, 50''), 至少包括多个切换器 (S1, S2, S2', S3, S4, S4'), 其选择性地修改所述两个分量驱动信号, 并根据所选择的线圈模式将所述两个分量驱动信号分别传输到所述正交线圈 (30) 的所述 I 和 Q 通道输入端口 (42, 44)。

10. 如权利要求 9 所述的磁共振扫描器, 其中, 所述正交线圈是正交体线圈 (30) 和正交头部线圈中的一个。

11. 如权利要求 9 所述的磁共振扫描器, 其中, 所述至少两个线圈模式包括全部四个线圈模式 (i)、(ii)、(iii) 和 (iv)。

12. 如权利要求 9 所述的磁共振扫描器, 其中, 所选择的正相位差是 $+90^\circ$, 所选择的负相位差是 -90° 。

13. 如权利要求 12 所述的磁共振扫描器, 其中, 所述附加电路 (50, 50'') 额外包括一个或多个移相器 (76, 82, 86)。

14. 如权利要求 9 所述的磁共振扫描器, 还包括:

切换器设置顺序产生器 (94), 用于产生可以由所述可切换混合电路 (40, 40', 40'') 执行的切换器设置顺序, 以便在磁共振激发过程中修正相应的 B_1 非均匀性。

15. 如权利要求 14 所述的磁共振扫描器, 其中, 所述切换器设置顺序产生器 (94) 包括:

负载查询表, 其为所述可切换混合电路 (40, 40', 40'') 指定切换器设置顺序, 以便修正相应的 B_1 非均匀性。

16. 一种使用如权利要求 1 所述的可切换混合电路 (40, 40', 40'') 来激发磁共振的方法, 所述方法包括:

将射频驱动信号 (70) 分为两个驱动信号分量 (72, 74, 74');

选择性地修改至少一个所述驱动信号分量, 以产生可操作的驱动信号分量, 所述选择性的修改包括以下至少一种: (i) 以 90° 的正或负倍数对至少一个所述驱动信号分量进行移相; 以及 (ii) 对所述驱动信号分量中的一个进行端接; 并且

将所述可操作的驱动信号分量用于所述正交线圈的所述 I 通道和 Q 通道输入端口, 以激发磁共振。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 还包括:

确定经时间平均的模式组合, 所述经时间平均的模式组合被配置为补偿对象 (16) 造成的所述正交线圈 (30) 的负载; 并且

执行所述选择性的修改,并根据所确定的经时间平均的模式组合来进行应用,以便使用所述正交线圈在所述对象中激发磁共振。

18. 一种用于操作具有 I 和 Q 通道输入端口 (42, 44) 的正交线圈 (30) 来激发磁共振的设备,所述设备包括:

混合电路 (46, 46'), 配置为将射频驱动信号 (70) 分为两个驱动信号分量 (72, 74, 74'); 以及

附加电路 (50, 50', 50''), 包括至少一个移相器 (76, 82, 82', 86, 86') 和多个切换器 (S1, S2, S2', S3, S4, S4'), 所述附加电路可以配置为通过所述多个切换器来选择性地修改所述驱动信号分量,以产生不连续数量的两个或多个线圈操作模式之中的一个模式,

其中,所述两个或多个线圈操作模式选自以下模式构成的组群:(i) 线性 I 通道模式,其中,在没有驱动所述 Q 通道输入端口的情况下驱动所述 I 通道输入端口;(ii) 线性 Q 通道模式,其中,在没有驱动所述 I 通道输入端口的情况下驱动所述 Q 通道输入端口;(iii) 正交模式,其中,以所选的正相位差来驱动所述 I 和 Q 通道输入端口;以及 (iv) 反正交模式,其中,以所选的负相位差来驱动所述 I 和 Q 通道输入端口。

19. 如权利要求 18 所述的设备,其中,

所述至少一个移相器 (76, 82, 82', 86, 86'), 配置为以 90° 的正或负倍数对所述驱动信号分量 (72, 74, 74') 中的一个进行移相; 以及

所述附加电路 (50, 50', 50'') 包括可切换阻抗 (78, 88), 所述可切换阻抗 (78, 88) 用于选择性地对所述驱动信号分量中的一个进行端接。

20. 如权利要求 19 所述的设备,其中,所述至少一个移相器 (76, 82, 82', 86, 86') 包括至少两个移相器,其中至少一个移相器选择性地操作所述两个驱动信号分量 (72, 74, 74') 中的每一个,并且所述可切换阻抗 (78, 88) 包括两个可切换阻抗,其中一个可切换阻抗选择性地对所述两个驱动信号分量中的每一个进行端接。

21. 如权利要求 18 所述的设备,其中,所述混合电路 (46, 46') 包括:

常规混合电路 (46), 配置为将所述射频驱动信号 (70) 分为彼此间具有 90° 相移的 I 和 Q 驱动信号分量 (72, 74)。

包含在线性 I 通道、线性 Q 通道、正交及反正交模式之间的高速线圈模式切换的 MR

技术领域

[0001] 本申请涉及磁共振技术。借助于对磁共振成像的具体应用来说明本发明。然而，总的来说其可以更普遍地应用于磁共振过程，包括磁共振成像、磁共振波谱分析等。

背景技术

[0002] 正交体线圈通常在磁共振扫描器中用来提供与较大的所关注区域，例如躯干、腿或人体成像对象的其它部分的有效射频耦合。正交体线圈通常在形状上总体是圆柱形的，并具有径向对称性。实例包括正交鸟笼形体线圈和正交横向电磁 (TEM) 体线圈。正交体线圈包括 I 和 Q 通道输入端口，其由具有 90° 相位差的射频能量驱动，以产生旋转的 B_1 场来激发磁共振。驱动电路通常包括用来产生驱动信号的单个射频放大器，该驱动信号由混合电路分离为分别前往 I 和 Q 通道的两个分量。混合电路还将前往 Q 通道的分量相移 90° 。

[0003] 传统上将正交体线圈的径向对称性视为明显的优点，因为其可以用于在较大体积上产生基本上均匀的 B_1 场。然而，当加载线圈时，输入的射频能量与成像对象（例如在人体成像对象的情况下的组织、骨骼、血液等）的介电材料的相互作用可以产生穿过切片或其它成像区的较大的 B_1 场非均匀性。这被称为线圈加载，并且随着成像对象的不对称性增大（例如，在“宽肩膀”或其他不对称的人体成像对象的情况下）以及随着静态（即 B_0 ）磁场的强度的增大，这会越来越成为问题。因此，随着商业磁共振扫描器已经从低磁场（例如 0.23 特斯拉，1.5 特斯拉）逐步发展为更高静态磁场（例如 3 特斯拉，7 特斯拉等）， B_1 非均匀性变得越来越成问题。

[0004] 已经使用了不同方案来着手解决正交体线圈的 B_1 非均匀性；然而，每一个方案都具有某种缺点。

[0005] 在一些方案中，局部发射线圈或线圈阵列用于磁共振激发。这些方案在产生磁共振激发时无需使用正交体线圈，这意味着丢掉了使得正交体线圈更为通用的优点（例如较大的体积激发，作为固定器方便地安装在孔中，或者安装在可滑动插入的环形线圈架上，明确定义的空负载 B_1 磁场分布，旋转 B_1 场等）。

[0006] 在其它方案中，将两个分离的射频放大器用于驱动 I 和 Q 通道输入端口。在一些变化方案中，将正交体线圈的环箍 (rung) 或杆配置为退化的 (degenerate)，并由不同射频放大器分别驱动或分组驱动。这些方案允许相对精确地设计 B_1 场分布，但是是以额外的射频放大器为代价的。由于现有磁共振扫描器通常包括单个射频放大器，因此添加另一个放大器或放大器组以及相关的射频电缆线路则表示明显的改进开支和复杂性。

发明内容

[0007] 根据一个方面，混合电路被配置为可操作地将射频驱动信号与正交线圈相耦合，来驱动具有 I 通道输入端口和 Q 通道输入端口的正交线圈。可以采用从由以下构成的组群中选出的至少两个线圈模式之中的一个模式来配置所述混合电路：(i) 线性 I 通道模式，其

中,在没有驱动 Q 通道输入端口的情况下驱动 I 通道输入端口;(ii) 线性 Q 通道模式,其中,在没有驱动 I 通道输入端口的情况下驱动 Q 通道输入端口;(iii) 正交模式,其中,以所选的正相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口;以及 (iv) 反正交模式,其中,以所选的负相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口。

[0008] 根据另一个方面,公开了一种与前述段中的混合电路一起执行的方法。确定用于产生射频激发的至少两个线圈模式的时间顺序,所述射频激发补偿由对象造成的所述正交线圈的 B_1 非均匀性。用正交线圈在对象中激发磁共振。所述激发包括根据所确定的所述至少两个线圈模式的时间顺序来操作所述混合电路。

[0009] 根据另一个方面,公开了一种磁共振扫描器。主磁体至少在扫描区中产生静态磁场。正交线圈与扫描区相耦合。正交线圈具有 I 通道输入端口和 Q 通道输入端口。射频放大器被配置为产生在磁共振频率附近的射频驱动信号。混合电路可操作的将射频驱动信号与正交线圈相耦合,以便采用从由以下构成的组群中选出的至少两个线圈模式之中的一个可选模式来驱动所述正交线圈:(i) 线性 I 通道模式,其中,在没有驱动 Q 通道输入端口的情况下驱动 I 通道输入端口;(ii) 线性 Q 通道模式,其中,在没有驱动 I 通道输入端口的情况下驱动 Q 通道输入端口;(iii) 正交模式,其中,以所选的正相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口;以及 (iv) 反正交模式,其中,以所选的负相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口。

[0010] 根据另一个方面,公开了一种方法,用于用具有 I 和 Q 通道输入端口的正交线圈来激发磁共振。将射频驱动信号分为两个驱动信号分量。选择性地修改至少一个驱动信号分量,以产生可操作的驱动信号分量,所述选择性的修改包括以下至少一种:(i) 以 90° 的正或负倍数对至少一个驱动信号分量进行移相;以及 (ii) 终止一个驱动信号分量。将可操作的驱动信号分量用于正交线圈的 I 通道和 Q 通道输入端口,以激发磁共振。

[0011] 根据另一个方面,公开了一种设备,用于操作具有 I 和 Q 通道输入端口的正交线圈,以激发磁共振。一电路被配置为将射频驱动信号分为两个驱动信号分量。附加电路被配置为选择性地修改驱动信号分量,来产生不连续数量的两个或多个线圈操作模式之中的一个模式。

[0012] 一个优点在于,提供了更高的灵活性来应对正交线圈的 B_1 非均匀性,而无需增加额外射频放大器(或多个放大器)及相关射频电缆线路的成本。

[0013] 另一个优点在于,提供了对现有磁共振扫描器的方便有效的设备改进。

[0014] 另一个优点在于,用来补偿由不同体形状施加的不同 B_1 非均匀性的磁共振扫描器的简化结构。

[0015] 在阅读并理解了以下详细说明后,本领域普通技术人员会意识到本发明的更多优点。

附图说明

[0016] 本发明可以具体化为不同部件和部件排列,以及不同步骤及步骤排列。附图仅是为了说明优选实施例的,不应解释为限制本发明。

[0017] 图 1 示意性显示了磁共振扫描器,其包括可切换混合电路,用于以两个或多个不同模式操作正交线圈。

[0018] 图 2 示意性显示了图 1 的扫描器的射频激发系统,其包括单个射频放大器、可切换

混合电路及正交体线圈。

[0019] 图 3 示意性显示了图 1 和 2 的可切换混合电路的细节。

[0020] 图 4 示意性显示了并未构建在现有常规混合电路基础上不同可切换混合电路。

[0021] 图 5 示意性显示了仅提供线性 I 通道、线性 Q 通道和正交模式的不同可切换混合电路。

[0022] 图 6 显示了线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交线圈操作模式每一个的中心横向发射场,用于在 3 特斯拉的静态 (B_0) 磁场中椭圆形心脏体模的建模。

[0023] 图 7 显示了对于经时间平均的射频激发脉冲,椭圆形心脏体模的中心横向修改的翻转角分布,其中,分别以 $\tau_{0^\circ} = 0.953 \tau$ 和 $\tau_{90^\circ} = 0.753 \tau$ 的持续时间相继对线性 I 通道和线性 Q 通道模式进行时间平均。

[0024] 图 8 显示了对于经时间平均的射频激发脉冲,椭圆形心脏体模的中心横向修改的翻转角分布,其中,分别以 $\tau_a = 0.492 \tau$ 和 $\tau_{aq} = 0.815 \tau$ 的持续时间相继对正交和反正交模式进行时间平均。

具体实施方式

[0025] 参考图 1,磁共振扫描器 10 包括扫描器外壳 12,其中至少部分的布置了患者 16 或其它物体。尽管参考孔型扫描器来加以说明,但会意识到扫描器也可以是开放式磁体扫描器或其它类型的磁共振扫描器。扫描器外壳 12 的保护性绝缘孔衬垫 18 可选的填塞在布置了对象 16 的扫描器外壳 12 的普通圆柱形的孔或开口中。由主磁体控制器 22 控制布置在扫描器外壳 12 中的主磁体 20,以便至少在至少包含对象 16 的一部分的扫描区中产生静态 (B_0) 磁场。通常,主磁体 20 是由低温围带 24 围绕的永久性的超导磁体。在一些实施例中,主磁体 20 产生至少约 0.2 特斯拉的主磁场,例如 0.23 特斯拉、1.5 特斯拉、3 特斯拉、7 特斯拉等。在外壳 12 中或之上布置磁场梯度线圈 28,以便至少在扫描区中将所选的磁场梯度叠加到主磁场上。通常,磁场梯度线圈包括用于产生三个正交磁场梯度,例如 x 梯度、y 梯度和 z 梯度的线圈。

[0026] 普通圆柱形的正交体线圈 30 是与磁共振扫描器 10 的孔基本上同轴安装的。在一些实施例中,正交体线圈 30 永久性地固定在扫描器外壳 12 内。在一些实施例中,正交体线圈 30 安装在电介质线圈架或其它固定器上,它们能够可滑动地插入磁共振扫描器 10 的孔中并从中移出,或者可滑动地插入扫描器外壳 12 的环形插口中并从中移出。在一些实施例中,正交线圈 30 是局部正交体积线圈,用于局部解剖成像,例如头部正交线圈或膝部正交线圈。在一些实施例中,正交体线圈 30 是正交鸟笼线圈,其包括多个环箍 (rung),这些环箍通常与孔的轴平行布置,并可操作地由布置在环箍相对两端上或附近的两个或多个端环、端盖或其它终端结构相互连接。在一些实施例中,正交体线圈 30 是正交横向电磁 (TEM) 线圈,其包含多个杆,这些杆通常与孔的轴平行,并可操作地由基本上围绕着杆的普通环形的射频屏蔽体或屏障相互连接。正交体线圈 30 可选的包括电容、电感、电阻、扼流器、晶体管、继电器,或其它部件,用于提供射频调谐、去耦、电流阻塞或中断,或者其它功能。

[0027] 在一些实施例中,正交体线圈 30 执行发射和接收功能。就是说,正交体线圈 30 被从外部给电,以在对象 16 中激发磁共振,并还用于接收由激发产生的磁共振信号。在一些实施例中,正交体线圈 30 执行发射功能,单独的接收线圈 34 接收由激发产生的磁共振信

号。可选的单独接收线圈 34 可以是如所示的表面线圈,或表面线圈阵列,或臂线圈、腿线圈,或其它局部线圈。还可以设想使正交体线圈 30 执行发射功能,并且使单独的接收正交体线圈(未示出)执行接收功能。在一些实施例中,扫描器 10 是可配置的,从而在一些成像应用中,正交体线圈 30 执行发射和接收功能,而在其它成像应用中正交体线圈 30 执行发射功能并且用单独的接收线圈执行接收功能。该可选的单独接收线圈通常包括解谐电路,其在发射阶段解谐接收线圈,以避免使接收线圈超载。

[0028] 继续参考图 1,并进一步参考图 2 和 3,在磁共振波谱数据采集期间,射频放大器 38 产生在磁共振频率附近的射频驱动信号。该驱动信号输入到混合电路 40 中,其进而又输入到正交体线圈 30 的 I 和 Q 通道输入端口 42、44 中。混合电路 40 包括常规混合电路 46,其将射频驱动信号分为两个分量驱动信号,并用一个所选相移,例如 90° ,来对所划分的分量驱动信号之一进行移相,以便产生常规正交驱动信号分量。混合电路 40 还包括附加电路 50,其可选的修正混合电路 46 的输出,以产生驱动信号,用于实现几个不同线圈可操作模式中的一个可选模式,这几个不同线圈可操作模式例如为:(i) 线性 I 通道模式,其中,在没有驱动 Q 通道输入端口 44 的情况下驱动 I 通道输入端口 42;(ii) 线性 Q 通道模式,其中,在没有驱动 I 通道输入端口 42 的情况下驱动 Q 通道输入端口 44;(iii) 正交模式,其中,以基准相位驱动 I 通道输入端口 42,以基准相位加上所选相位偏移来驱动 Q 通道输入端口 44;以及(iv) 反正交模式,其中,以基准相位驱动 I 通道输入端口 42,由射频放大器以基准相位减去所选相位偏移来驱动 Q 通道输入端口 44。在一些实施例中,所选相位偏移是 90° 。

[0029] 继续参考图 1,可选的,磁共振梯度控制器 54 操作磁场梯度线圈 28,以便在空间上将磁共振激发定位于板状的或其它的局部区域。可选的,磁场梯度控制器 54 操作磁场梯度线圈 28,以施加一个或多个空间编码的磁场梯度脉冲。

[0030] 在图 1 的实施例中,射频接收器 56 可操作的与示出的局部线圈 34 相连,以便在磁共振过程的读出阶段读取磁共振信号。作为替代方案,在一些实施例中,射频接收器 56 在读出阶段可操作的与正交体线圈 30 的 I 和 Q 通道输入端口 42、44 相耦合,并提供了合适的射频电路,以便在以下两者之间进行切换:正交体线圈 30 在发射阶段期间与混合电路 40 可操作的相连接,和在读出阶段期间与射频接收器 56 可操作的相连接。可选的,磁场梯度控制器 54 在读出阶段期间操作磁场梯度线圈 28,以提供磁共振信号的附加空间编码(即读出编码)。

[0031] 将在读出过程中采集的磁共振样本存储在数据缓冲器 58 中。磁共振数据处理器 60 对所采集的磁共振数据执行处理,以提取有用的信息。在成像应用中,数据处理器 60 用与在磁共振数据产生期间所应用的所选空间编码相一致的快速傅立叶变换或其它图像重构算法适当地执行图像重构。在波谱分析应用中,数据处理器 60 所执行的处理可以包括,例如执行频谱快速傅立叶变换运算,以恢复化学位移和 J 耦合数据。将所得到的经处理的数据(例如,图像、频谱等)适当的存储在数据/图像存储器 62 中,显示在用户界面 64 上,打印,通过互联网或局域网传输,存储在非易失性存储介质上,或者以其它方式使用。在图 1 中示出的实例结构中,用户界面 64 还将放射线学者或其它操作者与扫描器控制器 66 相连,以控制磁共振扫描器 10。在其它实施例中,可以提供单独的扫描器控制界面。

[0032] 参考图 3,可切换混合电路 40 是基于常规混合电路 46 的,其通过将由单个射频放大器 38 输出的射频驱动信号 70 分为两个分量驱动信号 72、74 来输出常规正交驱动信号分

量,其中将指定用于驱动 Q 通道的分量驱动信号 74 相移 90° 。附加电路 50 接收分量驱动信号 72、74,并借助于图 3 中指定为“S1”、“S2”、“S3”和“S4”的四个高速切换器的适当设置来选择性地实现四个线圈操作模式中的一个。切换器“S1”和“S3”操作被指定给 I 通道的驱动信号 72,并选择性地应用以下之一: 180° 移相器 76;或者用适当的阻抗对信号 72 和 I 通道输入端口 42 进行端接 (terminating),例如所示的 50 欧姆阻抗 78、80,其与 I 通道输入端口 42 的常规 50 欧姆输入阻抗相匹配。(也可以使用其它阻抗,通常选择为匹配于 I 通道输入端口阻抗)。切换器“S2”和“S4”操作指定给 Q 通道的驱动信号 74,并选择性地应用以下之一: 0° 移相器 82(可选的由单一线路连接来实现); 180° 移相器 86;或者用适当的阻抗对信号 74 和 Q 通道输入端口 44 进行端接,例如所示的 50 欧姆阻抗 88、90,其与 Q 通道输入端口 44 的常规 50 欧姆输入阻抗相匹配。(也可以使用其它阻抗,通常选择为匹配于 Q 通道输入端口阻抗)。

[0033] 表 1- 用于图 3 的混合电路的线圈操作模式

[0034]

模式	S1	S2	S3	S4	I 通道相位	Q 通道相位	相位差
线性 I 通道	180°	$50\ \Omega$	180°	$50\ \Omega$	180°	$50\ \Omega$	---
线性 Q 通道	$50\ \Omega$	180°	$50\ \Omega$	180°	$50\ \Omega$	270°	---
正交	180°	180°	180°	180°	180°	270°	$+90^\circ$
反正交	180°	0°	180°	0°	180°	90°	-90°

[0035] 如表 1 中详细列出的,通过四个高速切换器“S1”、“S2”、“S3”和“S4”的选择性操作,可以选择四个可选线圈模式中的任何一个。输入到附加电路 50 中的分量驱动信号 72、74 分别具有相位 0° (即基准相位) 和 90° 。更普遍的,混合电路 46 在分量驱动信号 72 的基准相位与驱动信号 74 的相位之间给予所选择的相移。在表 1 中的相位差假设混合电路 46 在分量驱动信号 72 的基准相位与驱动信号 74 的相位之间给予 90° 相位差。更普遍的,如果混合电路 46 在分量驱动信号 72 的基准相位与驱动信号 74 的相位之间给予了所选择的相位差,那么正交模式会用所选择的相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口,而反正交模式会用将所选择的相位差减去 180° 所得到的一个相位差来驱动 I 和 Q 通道输入端口。

[0036] 可选的,混合电路 46 分别通过第一和第二所选缩放因子来缩放分量驱动信号 72、74。这个缩放例如可以考虑所关注的非各向同性体积,对象的已知典型不对称(例如由于肩部,躺在水平孔中支撑台上的人体沿水平方向通常相对于垂直方向具有更多质量),等等。如果第一和第二所选缩放因子相等,那么通常在没有线圈负载的情况下,在正交和反正交模式的场中产生空间上各向同性的 B_1 场。如不在混合电路 46 中应用第一和第二所选缩放因子,则可以在附加电路 50 中实现这些幅度偏移。

[0037] 图 3 的可切换混合电路 40 是一个实例。可以产生其它电路来提供两个或多个可选择线圈操作模式。图 3 的可切换混合电路 40 包含常规混合电路 46,其是使用正交体线圈的典型常规射频激发系统的一个部件。因此,易于改进这种激发系统,以通过添加附加电路 50 来提供可选择的线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交线圈操作模式。然而,会明白在其它实施例中,可以由不是基于现有混合电路 46 而构建的混合电路来代替混合电路 46。

[0038] 例如,参考图 4,除了由信号分离器 46' 代替常规混合电路 46 之外,修改的可切换混合电路 40' 类似于图 3 的混合电路 40,信号分离器 46' 没有在分量驱动信号 72、74' 之间给予 90° 相移(即,分量驱动信号 74' 具有与分量驱动信号 72 相同的相位)。为了提供

这个变化,修改的附加电路 50'省略了 180° 移相器 76(由提供 0° 相移的直接连线来代替它),并用 -90° (即 270°) 和 90° 移相器 82'、86'来代替图 3 的 0° 和 180° 移相器 82、86。在表 2 中示出了用于图 4 的混合电路的线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交线圈操作模式的切换器设置。

[0039] 表 2- 用于图 4 的混合电路的线圈操作模式

[0040]

模式	S1	S2	S3	S4	I 通道相位	Q 通道相位	相位差
线性 I 通道	0°	50 Ω	0°	50 Ω	0°	50 Ω	---
线性 Q 通道	50 Ω	90°	50 Ω	90°	50 Ω	90°	---
正交	0°	90°	0°	90°	0°	90°	+90°
反正交	0°	-90°	0°	-90°	0°	-90°	-90°

[0041] 参考图 5,示出来另一个实例混合电路 40",除了在图 5 中修改了附加电路 50 从而生成了附加电路 50"之外,它与图 3 的混合电路 40 相同,附加电路 50"省略了 0° 移相器 82,并由两向切换器“S2'”和“S4'”代替三向切换器“S2”和“S4”。这些变化的效果是省去反正交模式。就是说,除了不能获得反正交模式之外,图 5 的混合电路 40"的操作如在表 1 中所阐明的。

[0042] 实例混合电路 40、40'、40"表明了存在不同方式来实现所公开的用于提供多个独立线圈操作模式的切换混合电路。这些实例并非穷举 - 可以构成其它电路来提供相同的线圈操作模式,即线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交操作模式的子集,或者额外的或其它的线圈操作模式。

[0043] 在一些实施例中,混合电路 40、40'、40"的切换器是高速切换器,例如在毫秒、亚毫秒或更快的范围中操作,以便能够在单个射频激发脉冲或脉冲包的时间帧内实现对可获得的多个线圈操作模式的时间平均。一些适当的高速切换器是基于半导体的电触发切换器,例如开关 FET 器件。例如借助于对线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交线圈操作模式(其每一个每一个都以由射频放大器 38 输出的所选择的射频功率或幅度工作)进行适当的时间平均,可以补偿空间 B_1 非均匀性。

[0044] 参考图 6,说明了支持 B_1 非均匀性的时间平均补偿的原理。图 6 显示了由混合电路 40 实现的线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交线圈操作模式的每一个的传输 $|B_1^+|$ 场,用于放置在 3 特斯拉静态 (B_0) 磁场中正交体线圈中的椭圆心脏体模(纵横比 = 19cm/35cm = 0.54,长度 = 34cm,传导率 = 0.5S/m,及相对介电常数 = 78)的建模。在图 6 的 $|B_1^+|$ 场的图以及图 7 和 8 的修改的翻转角分布中,以较白灰度值显示了大约为平均 $|B_1^+|$ 场(翻转角)强度的区域,而以较黑灰度值显示了较低或较高的 $|B_1^+|$ 场(翻转角)强度的区域。就是说,相对均匀的区域较白,而对非均匀性有显著影响的区域较黑。对于每一个线圈操作模式都可以发现显著的空间非均匀性,主要是由于心脏体模中的电介质和涡流效应。可以通过在用混合电路 40、40'、40"产生单一 B_1 脉冲或脉冲包期间,在两个或多个线圈操作模式之间进行切换来产生经过时间平均的 B_1 场。随着时间的过去,由指定 B_1 场提供的翻转角由以下给出:

$$[0045] \quad \theta = \int_0^{\tau} \gamma |B_1^+| dt \quad (1)$$

[0046] 在此 γ 是回磁比。对于由射频放大器 38 输出的恒定幅度,由线性 I 通道线圈操作

模式产生的翻转角适于写为： $\gamma |B_1^+|_{0^\circ} \cdot \tau_{0^\circ}$ ，在此 $|B_1^+|_{0^\circ}$ 是线性 I 通道模式的 B_1 场分布， τ_{0° 是应用线性 I 通道模式所经历的时间。类似的，由线性 Q 通道线圈操作模式产生的翻转角适于写为： $\gamma |B_1^+|_{90^\circ} \cdot \tau_{90^\circ}$ ，在此 $|B_1^+|_{90^\circ}$ 是线性 Q 通道模式的 B_1 场分布， τ_{90° 是应用线性 Q 通道模式所经历的时间。由正交线圈操作模式产生的翻转角适于写为： $\gamma |B_1^+|_q \cdot \tau_q$ ，在此 $|B_1^+|_q$ 是正交模式的 B_1 场分布， τ_q 是应用正交模式所经历的时间。由反正交线圈操作模式产生的翻转角适于写为： $\gamma |B_1^+|_{aq} \cdot \tau_{aq}$ ，在此 $|B_1^+|_{aq}$ 是反正交模式的 B_1 场分布， τ_{aq} 是应用反正交模式所经历的时间。线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和反正交线圈操作模式的依次时间平均的时间平均输出（忽略了任何自旋弛豫，这是对于高速切换的良好近似，即在操作模式之间的亚毫秒切换）由以下线性组合给出：

$$[0047] \quad \theta = \gamma |B_1^+|_{0^\circ} \cdot \tau_{0^\circ} + \gamma |B_1^+|_{90^\circ} \cdot \tau_{90^\circ} + \gamma |B_1^+|_q \cdot \tau_q + \gamma |B_1^+|_{aq} \cdot \tau_{aq} \quad (2).$$

[0048] 实际上，等式 (2) 需要图 6 中所示的四个 B_1 场模式的时间加权组合，以产生翻转角 θ 的有效脉冲或脉冲包。

[0049] 参考图 7，在用于提高总翻转角的均匀性的一个方案中，以 $\tau_{0^\circ} = 0.953 \tau$ 和 $\tau_{90^\circ} = 0.753 \tau$ 的持续时间依次对线性 I 通道和线性 Q 通道模式进行时间平均，在此 τ 是缩放因子，选择该缩放因子以达到预期的射频激发脉冲持续时间。经调整的翻转角 $\theta = \gamma |B_1^+|_{0^\circ} \cdot \tau_{0^\circ} + \gamma |B_1^+|_{90^\circ} \cdot \tau_{90^\circ}$ 于是具有图 7 中所示的分布，具有 0.188 的无单位标准偏差。相对于使用纯正交模式操作的情况，标准偏差减小了 40%。

[0050] 参考图 8，显示了当以 $\tau_a = 0.492 \tau$ 和 $\tau_{aq} = 0.815 \tau$ 的持续时间依次对正交和反正交模式进行时间平均的结果。经调整的翻转角 $\theta = \gamma |B_1^+|_a \cdot \tau_a + \gamma |B_1^+|_{aq} \cdot \tau_{aq}$ 于是具有图 8 中所示的分布，具有 0.165 的无单位标准偏差。相对于使用纯正交模式操作的情况，标准偏差减小了 47%。

[0051] 图 7 和 8 的实例每一个都仅组合了两个线圈操作模式。通过组合三个、四个或更多不同线圈操作模式可以预计获得额外的均匀性改善。

[0052] 回来参考图 1，可以使用不同技术来确定经时间平均的模式的适当组合，以在给定对象中实现改进的空间自旋翻转角均匀性。通常，切换器设置顺序产生器 94 适当地确定时间平均参数 τ_{0° 、 τ_{90° 、 τ_q 和 τ_{aq} （或者如果不是要对全部线圈操作模式进行平均，则是这些参数的一些子集，或者如果配置混合电路提供其它操作模式，则是等价参数）。在一个方案中，切换器设置顺序产生器 94 是预定的、经存储的负载查询表，其为混合电路 40、40'、40" 指定切换器设置顺序，以袖中由不同尺寸和纵横比的线圈负载所造成的相应的 B_1 非均匀性。可以执行对象的磁共振成像预扫描，以确定成像对象的尺寸和纵横比，并且可以通过查询表获得用于每一个独立模式的相应参数。在其它实施例中，切换器设置顺序产生器 94 可以包括有限元模拟器，其用由对象的预扫描估计的电介质图分别对均匀性参数优化参数 τ_{0° 、 τ_{90° 、 τ_q 和 τ_{aq} 。在其它实施例中，与局部线圈 34 或与专用探头相连的分析器或磁场传感器可以分析或测量用多个前导脉冲的每一个所获得的实际 B_1 翻转角。可以动态或迭代的调整这些参数，直到实际实现了目标翻转角均匀性。

[0053] 在经时间平均的射频激发脉冲的排序中的线性 I 通道、线性 Q 通道、正交和 / 或反正交模式的应用顺序是无紧要的。根据切换操作的陡峭性，采用允许从一个模式到下一个模式的渐进的或平滑的过渡的特定顺序会具有一些优势。例如，参考表 1，发现线性 I 通道 / 反正交 / 正交 / 线性 Q 通道的模式排序对于每次切换仅改变四个切换器“S1”、“S2”、

“S3”、“S4”中的两个,这在减小瞬态现象中具有优势。

[0054] 参考优选实施例说明了本发明。在阅读并理解前述详细说明后,其他人可以想到更改和变化。其意图是应将本发明解释为包含全部这种更改和变化,只要它们在所附权利要求书的范围或其等价范围之内。

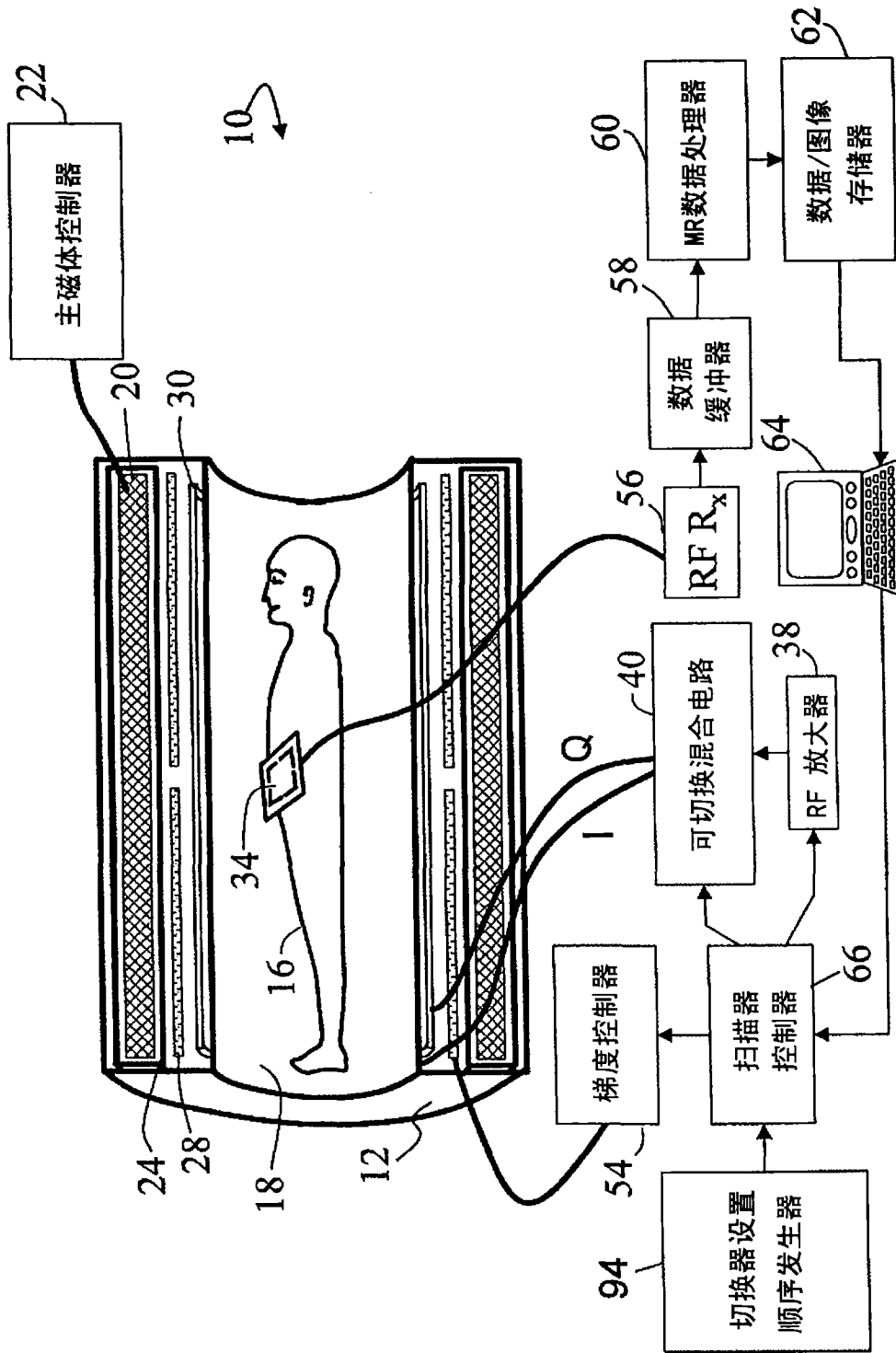


图1

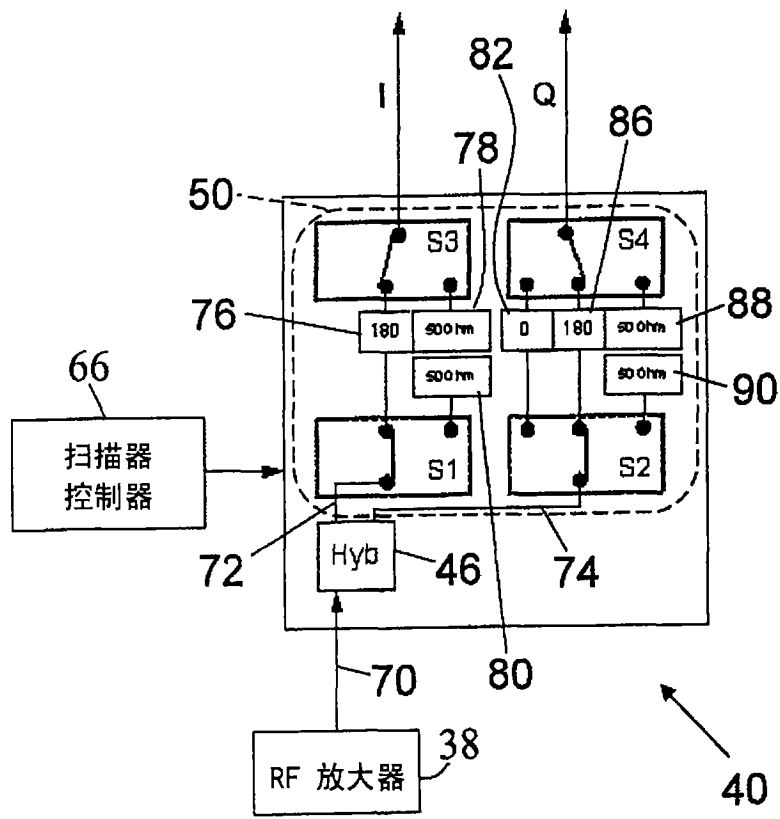
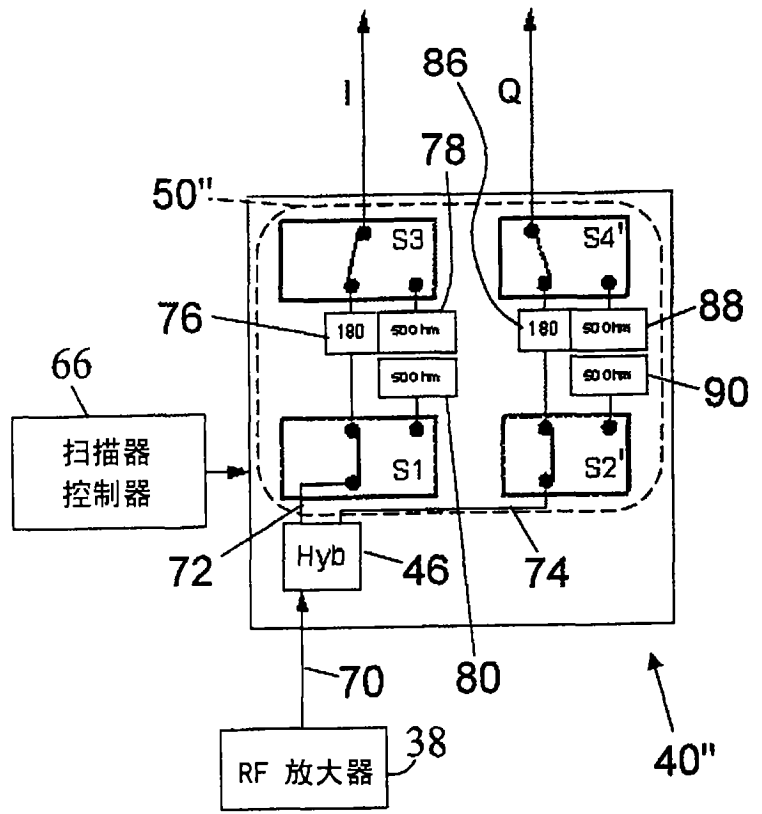
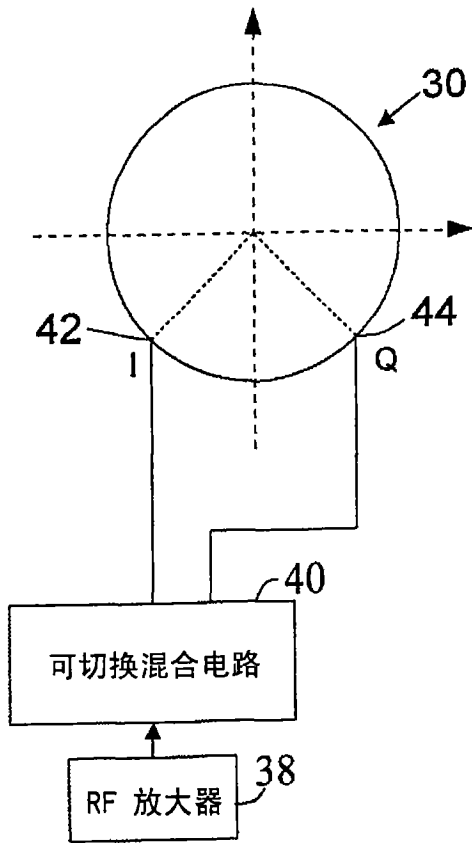


图3



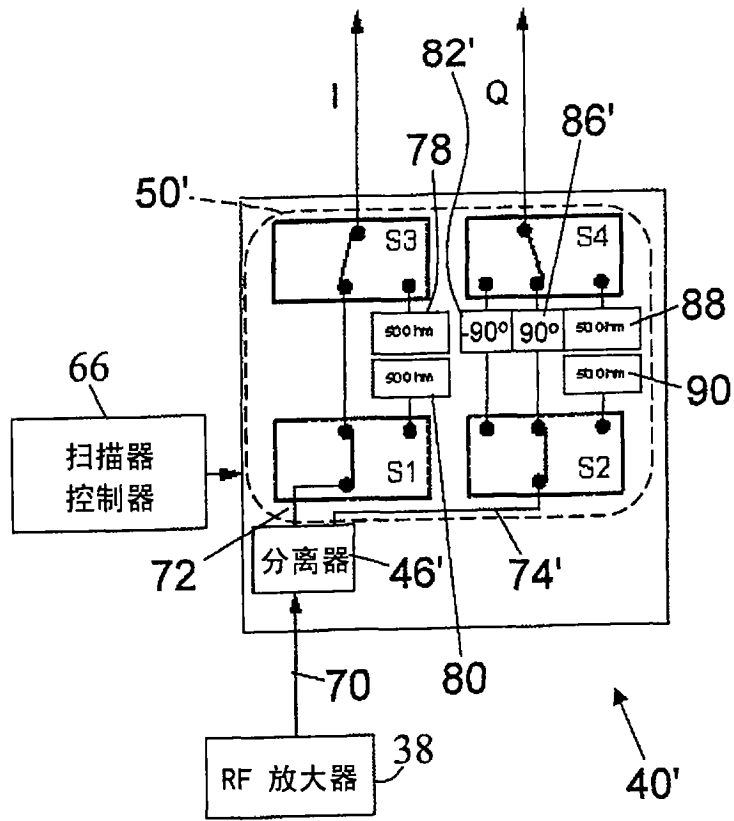


图4

反正交模式
(相位差=-90°)



正交模式
(相位差=+90°)



线性0通道模式 (90°)



线性1通道模式 (0°)

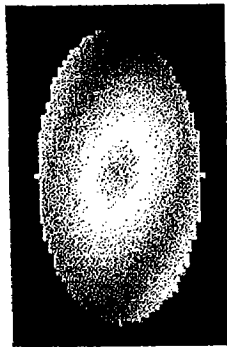


图6

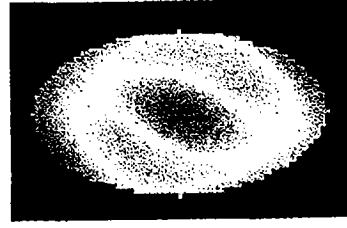


图8

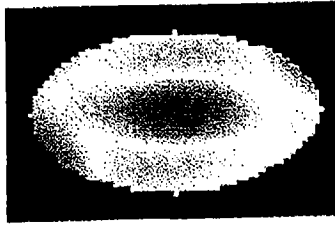


图7