

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06K 19/07 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580018889.5

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100565564C

[22] 申请日 2005.2.22

[21] 申请号 200580018889.5

[30] 优先权

[32] 2004.4.8 [33] US [31] 10/820,584

[86] 国际申请 PCT/US2005/005634 2005.2.22

[87] 国际公布 WO2005/104022 英 2005.11.3

[85] 进入国家阶段日期 2006.12.8

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 米凯莱·A·瓦尔德纳

大卫·P·埃里克森

[56] 参考文献

CN1324545A 2001.11.28

EP1045526A1 2000.10.18

EP1061633A1 2000.12.20

EP1026832A1 2000.8.9

审查员 孙 娟

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 黄启行 穆德骏

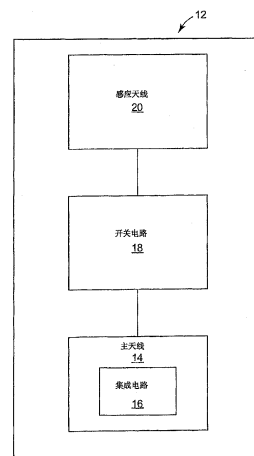
权利要求书 6 页 说明书 16 页 附图 7 页

[54] 发明名称

变频射频识别(RFID)标签

[57] 摘要

描述了各种射频率识别(RFID)标签,该标签动态地改变其谐振频率以降低或消除电磁“标签-标签”耦合的潜在影响。例如,RFID 标签包括调谐到第一谐振频率的主天线(14)和动态地改变主天线的谐振频率的开关电路(18)。开关电路可以选择性地耦合电子元件,例如电容元件、电感元件或其组合,以改变 RFID 标签的谐振频率。RFID 标签可以包括感应电路,该感应电路判断何时选择地将电子元件耦合至主天线,以便调整主天线的谐振频率。



1. 一种射频识别标签，包括：
调谐到第一谐振频率的主天线；
动态地改变主天线的谐振频率的开关电路；
感应与邻近射频识别标签的电磁耦合并且响应于所述感应的电磁耦合激活所述开关电路的感应电路。
2. 根据权利要求1的所述射频识别标签，还包括电容元件，其中所述开关电路选择性地将所述电容元件电耦合至所述主天线，以改变所述主天线的谐振频率。
3. 根据权利要求2的所述射频识别标签，其中所述开关电路将所述电容元件与所述主天线并联耦合，以降低所述主天线的谐振频率。
4. 根据权利要求2的所述射频识别标签，其中所述电容元件包括电容器、二极管和晶体管其中之一。
5. 根据权利要求1的所述射频识别标签，还包括电感元件，其中所述开关电路选择性地将所述电感元件电耦合至所述主天线，以动态地改变所述主天线的谐振频率。
6. 根据权利要求1的所述射频识别标签，还包括：
第一长度的第一导电轨迹；以及
第二长度的第二导电轨迹，其中所述第一长度大于所述第二长度，并且其中所述开关电路选择性地将所述第一导电轨迹或第二导电轨迹耦合到所述主天线，以改变所述主天线的谐振频率。
7. 根据权利要求1的所述射频识别标签，其中所述开关电路包括微电子机械系统（MEMS）开关，所述微电子机械系统开关选择不同的

电子元件以改变所述谐振频率。

8. 根据权利要求 1 的所述射频识别标签，其中所述开关电路包括根据所存储的电荷改变所述主天线的谐振频率的电容开关。

9. 根据权利要求 1 的所述射频识别标签，其中所述感应电路感应与邻近射频识别标签的电磁耦合量，并且根据所述感应的电磁耦合量选择性地增加或降低所述主天线的谐振频率。

10. 根据权利要求 9 的所述射频识别标签，其中所述开关电路包括当所述感应电路中的电流超过阈值时导通的晶体管。

11. 根据权利要求 10 的所述射频识别标签，其中所述开关电路还包括第一电阻器和第二电阻器，排列所述电阻器以实现分压器，调节导通所述晶体管的阈值。

12. 根据权利要求 1 的所述射频识别标签，还包括调谐到第二谐振频率的感应天线，其中所述开关电路根据所述感应天线中感应的电流改变所述主天线的谐振频率。

13. 根据权利要求 12 的所述射频识别标签，其中所述主天线和所述感应天线是共面的。

14. 根据权利要求 12 的所述射频识别标签，其中所述感应天线调谐到大约 13.56 兆赫（MHz）而所述主天线调谐到大约 20MHz。

15. 根据权利要求 1 的所述射频识别标签，其中所述开关电路在向所述射频识别标签应用或者去除射频场时，自动地改变所述主天线的谐振频率。

16. 根据权利要求 1 的所述射频识别标签，还包括电耦合到所述主天线的射频识别集成电路，该集成电路存储相关联物品的信息，并且通过所述主天线将所述信息传送到射频识别阅读器。

17. 一种用于射频识别标签方法，包括：
以相关谐振频率操作射频识别标签的主天线；
感应在所述射频识别标签和邻近射频识别标签之间的电磁耦合量；以及
根据所述感应的电磁耦合量动态地改变所述主天线的谐振频率。

18. 根据权利要求 17 的所述方法，其中动态地改变所述谐振频率包括选择性地将电容元件耦合到所述主天线，以便选择性地增加或降低所述主天线的谐振频率。

19. 根据权利要求 18 的所述方法，其中所述电容元件包括电容器、二极管和晶体管其中之一。

20. 根据权利要求 17 的所述方法，其中动态地改变所述谐振频率包括将电感元件选择性地耦合到所述主天线，以改变所述主天线的谐振频率。

21. 根据权利要求 17 的所述方法，其中动态地改变所述谐振频率包括选择性地将第一长度的第一导电轨迹或第二长度的第二导电轨迹耦合到所述主天线，以改变所述主天线的谐振频率。

22. 根据权利要求 17 的所述方法，其中所述射频识别标签包括感应天线，该感应天线具有的谐振频率不同于与所述主天线相关的谐振频率，而且其中动态地改变所述谐振频率包括当感应天线中感应的电流超过阈值时，动态地改变与所述主天线相关的谐振频率。

23. 根据权利要求 22 的所述方法，其中所述感应天线的谐振频率调谐到大约 13.56 兆赫（MHz），而所述主天线的谐振频率调谐到大约 20MHz。

24. 根据权利要求 17 的所述方法，其中动态地改变所述谐振频率包括当向所述射频识别标签应用或者去除射频场时，动态地改变所述主天线的谐振频率。

25. 一种射频识别系统，包括：

射频识别询问设备；

与物品相关联的射频识别标签，其中所述询问设备查询所述射频识别标签以获取与该物品相关的信息；以及

处理从所述射频识别询问设备检索的信息的计算设备，

其中所述射频识别标签包括调谐到第一谐振频率的主天线，电耦合到所述主天线的集成电路，该集成电路存储相关物品的信息，还包括开关电路，该开关电路选择性地将一个或多个元件耦合到所述主天线以调整所述主天线的谐振频率，并且包括感应与邻近标签的电磁耦合以及响应于所述感应的电磁耦合激活所述开关电路的感应电路。

26. 根据权利要求 25 的所述系统，其中所述一个或多个元件包括电容元件，而且所述开关电路选择性地将所述电容元件耦合到所述主天线。

27. 根据权利要求 26 的所述系统，其中所述开关电路选择性地将所述电容元件与所述主天线并联耦合，以降低所述主天线的谐振频率。

28. 根据权利要求 26 的所述系统，其中所述电容元件包括电容器、二极管和晶体管之中的一个。

29. 根据权利要求 25 的所述系统，其中所述一个或多个元件包括

电感元件，而且所述开关电路选择性地将所述电感元件耦合到所述主天线。

30. 根据权利要求 25 的所述系统，其中所述一个或多个元件包括第一长度的第一导电轨迹以及第二长度的第二导电轨迹，而且所述开关电路选择性地将所述第一导电轨迹或第二导电轨迹耦合到所述主天线。

31. 根据权利要求 25 的所述系统，其中所述开关电路包括微电子机械系统（MEMS）开关和电容开关之中的一个。

32. 根据权利要求 25 的所述系统，其中所述感应电路感应与邻近射频识别标签的电磁耦合量，并且根据所述感应的电磁耦合量，选择性地将一个或多个元件耦合到所述主天线，以选择性地增加或降低所述主天线的谐振频率。

33. 根据权利要求 32 的所述系统，其中所述感应电路包括调谐到不同于所述第一谐振频率的第二谐振频率的感应天线，而且当所述感应天线中的电流超过阈值时，所述开关电路选择性地将所述一个或多个元件耦合到所述主天线。

34. 根据权利要求 33 的所述系统，其中所述开关电路包括晶体管，当感应天线中的电流超过阈值时，所述晶体管导通。

35. 根据权利要求 34 的所述系统，其中所述开关电路还包括第一电阻器和第二电阻器，排列所述电阻器形成分压器，以调节所述晶体管导通的阈值。

36. 根据权利要求 32 的所述系统，其中所述主天线和所述感应天线是共面的。

37. 根据权利要求 32 的所述系统，其中所述感应天线调谐到大约 13.56 兆赫（MHz）而所述主天线调谐到大约 20MHz。

38. 根据权利要求 25 的所述系统，其中所述开关电路在向所述射频识别标签应用或去除射频场时，自动地改变所述主天线的谐振频率。

变频射频识别(RFID)标签

技术领域

本发明涉及用于物品管理的射频识别（RFID）系统，更具体地，涉及 RFID 标签。

背景技术

射频识别（RFID）技术事实上已经广泛应用于每个行业，包括运输业、制造业、废物管理、邮政跟踪、航空行李调节和公路通行费管理。典型的 RFID 系统包括若干 RFID 标签，至少一个 RFID 阅读器或检测系统，其具有用于与 RFID 标签通信的天线，和控制该 RFID 阅读器的计算设备。所述 RFID 阅读器包括向标签提供能量或信息的发射器，以及从标签接收标识和其他信息的接收器。该计算设备处理由该 RFID 阅读器获得的信息。

通常，从 RFID 标签接收的信息是特定设备专用的，但是经常会提供关于固定了该标签的物品的标识。示例性物品包括加工项目、书籍、档案、动物或个人，或者事实上任何其他实体物品。还可以提供关于该物品的附加信息。例如，在制造过程中，可以使用标签表示制造过程中汽车底盘的油漆颜色或其他有用信息。

RFID 阅读器的发射器通过天线输出 RF 信号以形成电磁场，该电磁场使标签能够返回携带信息的 RF 信号。发射器利用放大器通过调制过的输出信号驱动天线。

传统的标签可能是包括内部电源的“有源”标签，或者是通过 RFID 阅读器天线的场激活的“无源”标签。一旦被激活，标签使用预先确定的协议通信，该协议允许 RFID 接收来自一个或多个标签的信息。计

算设备通过从 RFID 阅读器接收信息并执行一些动作，例如更新数据库，起到信息管理系统的作用。此外，计算设备还可用作通过发射器将数据编程到标签中的机构。

发明内容

通常，这样描述射频识别（RFID）标签，其自动地或动态地改变其谐振频率，以降低或消除电磁“标签-标签”耦合的潜在影响。在某些环境中，物品之间的距离是受限制的，而且阅读器天线产生的电磁场中可能同时存在多个物品。结果，在附着到所述物品的一些 RFID 标签之间发生电磁“耦合”，这会导致一些标签的谐振频率的偏移。该谐振频率的偏移会损害 RFID 标签与 RFID 阅读器通信的能力。

这里所描述的技术通过改变 RFID 标签反向散射射频能量的谐振频率，自动地补偿由于标签-标签耦合而可能发生的谐振频率的偏移。以这种方式，该技术允许即使经受严重的标签-标签电磁耦合时，也允许 RFID 标签保持有效的 RFID 通信。

在一个实施例中，RFID 标签包括调谐到第一谐振频率的主天线；和动态地改变主天线的谐振频率的开关电路。

在另一个实施例中，一种方法包括以关联的谐振频率操作射频识别（RFID）标签的主天线以及动态地改变主天线的谐振频率。

在另一个实施例中，一种 RFID 系统包括 RFID 询问设备，与物品关联的 RFID 标签，其中询问设备询问该 RFID 标签以获得关于该物品的信息，还包括处理从 RFID 询问设备检索的信息的计算设备。该 RFID 标签包括调谐到第一谐振频率的主天线，电耦合到该主天线并存储了相关联物品的信息的集成电路和选择性地将一个或多个元件耦合到该主天线以调整主天线的谐振频率的开关电路。

在下面的附图和描述中阐述了本发明的一个或多个实施例的细节。从描述和附图以及权利要求中，本发明的其他特征、目标和优点将会变得明显。

附图说明

图 1 是表示自动地且动态地改变其谐振频率以降低或消除标签-标签耦合的潜在影响的 RFID 标签的方框图；

图 2 是表示能够动态地调整其谐振频率的 RFID 标签的一个示范性实施例的电路图；

图 3 是表示能够动态地调整其谐振频率的 RFID 标签的另一个实施例的电路图；

图 4 是表示例如图 2 所示的 RFID 标签等自动调谐其谐振频率以补偿与邻近标签的耦合的 RFID 标签的示范性操作的流程图；

图 5 是表示例如图 3 所示的 RFID 标签等包括电容开关以动态地改变其谐振频率的 RFID 标签的示范性操作的流程图；

图 6 是表示例如图 3 所示的 RFID 标签等包括 MEMS 开关以动态地改变谐振频率的 RFID 标签的示范性操作的流程图；

图 7 是表示示范性 RFID 系统的方框图，该系统利用能够改变其谐振频率的 RFID 标签以便在可能发生标签-标签耦合的环境中辅助通信。

具体实施方式

在传统射频识别（RFID）系统中，当 RFID 标签相互位置非常接近时，RFID 标签会相互干扰。现在已经确定上述标签之间的电磁耦合会导致标签的谐振频率的偏移。该偏移的谐振频率不会向 RFID 标签中一个给定的标签提供驱动该标签的足够的感应电流，从而导致该 RFID 标签处于该询问设备的可检测频率范围之外。

通常，所导致的频率偏移的幅度取决于 RFID 标签之间的距离、标签的尺寸、标签之间发生的共面性重叠的数量，以及重叠的标签的

总量。当位于重叠位置中的多个标签相互非常接近时，由于标签-标签耦合产生的频率偏移的一些示范性测量规范如下面的表格 1 所示。在表格 1 中，A 是标签的高度，B 是标签的宽度，N 是重叠标签的数量，X 是连续的标签之间的距离，F 是标签的合成谐振频率。虽然表格 1 所示的示范性测量规范是向下的频率偏移，但由标签耦合导致的频率偏移也可以是向上的频率偏移。如从表格 1 所能看到的，十个重叠标签之间的电磁耦合能够将标签产生响应的频率偏移大约 2MHz，这会导致阅读器不能成功地与标签通信，或者会导致阅读范围的显著减小。

表格 1

A (英寸)	B (英寸)	N	X (英寸)	F (MHz)
2	3	1	---	13.56
2	3	2	.75	13.2
2	3	10	.75	10.5
.5	1.5	1	---	13.56
.5	1.5	2	.375	13.4
.5	1.5	10	.375	10.6

图 1 是表示自动地且动态地改变自身的谐振频率以降低或消除标签-标签耦合的潜在影响的 RFID 标签 12 的方框图。特别地，RFID 标签 12 动态地改变其谐振频率以便在存在标签-标签耦合的环境中和没有发生标签-标签耦合的环境中运行。换句话说，RFID 标签 12 通过改变 RFID 标签 12 的谐振频率，自动地补偿由于标签-标签耦合而发生的谐振频率的偏移，以便感应足够的电流水平来驱动 RFID 标签 12，从而保持有效的 RFID 通信。

在图 1 所示的实施例中，RFID 标签 12 包括电耦合到集成电路 16（通常被称为“RFID 芯片”）的主天线 14。主天线 14 被调谐到特定频率，该频率可以是例如 RFID 系统的工作频率，比工作频率低的频率，

或者比 RFID 系统的工作频率高的频率。集成电路 16 常常包括内部存储器（未示出），其中存储了关于 RFID 标签 12 所附着的物品的相关信息。

在工作时，主天线 14 用本领域的公知方式从源接收 RF 能量，并且反向散射 RF 能量。例如 RFID 阅读器或检测系统等询问器正是通过反向散射的 RF 能量提供的信号获取来自 RFID 标签 12 的信息，而且，更具体地，获取与 RFID 标签 12 相关联的物品的有关信息。RFID 标签 12 包括开关电路 18，其自动地改变主天线 14 的谐振频率，以便补偿由于标签-标签耦合已经改变的标签的相干谐振频率的情况。例如，开关电路 18 可以选择性地将例如电容或电感元件等电路元件接通和关断，从而调整主天线 14 的谐振频率，以在两个或更多谐振频率之间改变。例如，主天线 14 开始被调谐到的频率高于周围 RFID 系统的工作频率，以便补偿发生标签-标签耦合的情况。因此，在某些实例中，标签-标签耦合降低主天线 14 的相干谐振频率，导致主天线 14 感应足够的电流来驱动 RFID 标签 12。当没有标签耦合或存在干扰时，开关电路 18 自动地接通与主天线 14 并联的电容元件，以降低主天线 14 的谐振频率，从而将相干谐振频率降低至周围系统的频率。因此，如果存在标签-标签耦合，开关电路 18 将该电容元件关断，从而使主天线 14 的相干谐振频率回升到 RFID 系统的工作频率。

在一些实施例中，当 RFID 标签 12 被断开时，即主天线 14 不再处于 RF 场中时，开关电路 18 调整主天线 14 的谐振频率。换句话说，开关电路 18 可以在每个加电周期调整主天线 14 的谐振频率。例如，在第一加电周期过程中，开关电路 18 自动地接通或关断一个或多个电路元件，以使主天线 14 在第一频率谐振，而在第二加电周期过程中在第二频率谐振。在该实施例中，RFID 标签 12 不需要机构来检测对于 RFID 标签 12 来说哪个谐振频率是最适合的。或者，开关电路 18 在单个信号加电周期过程中自动地调整主天线 14 的谐振频率。在该实施例中，RFID 标签 12 检测主天线 14 是否在适合的频率谐振，而且当感应

电压不足以驱动 RFID 标签 12 时，调整主天线 14 的谐振频率。

在一些实施例中，RFID 标签 12 包括感应电路，例如感应电路 20，在确定开关电路 18 是否应当改变主天线 14 的谐振频率时使用。换句话说，主天线 14 用于 RFID 通信，而感应天线 20 用于确定开关电路 18 是否应当改变主天线 14 的谐振频率。开关电路 18 根据主天线 14 和感应天线 20 中的哪个正在以最佳频率即接近系统频率工作，自动地调整主天线 14 的谐振频率。如此，感应天线 20 可以被看作判断或感应是否存在标签-标签耦合，而开关电路 18 实质上根据是否检测到标签-标签耦合，调整主天线 14 的谐振频率，从而允许主天线感应足以驱动 RFID 标签 12 的电流。结果，感应天线 20 比主天线 14 小，而且不一定要有驱动 RFID 标签 12 的足够尺寸。

例如，感应天线 20 被调谐到 RFID 系统的工作频率，主天线 14 被调谐到比 RFID 系统的工作频率较高的频率。在工作频率例如是大约 13.56MHz 的 RFID 系统中，感应天线 20 被调谐到大约 13.56MHz，而主天线 14 被调谐到大约 20MHz。因此，当（1）当 RFID 标签 12 位于与感应天线所调谐的频率差不多相同的频率的 RF 场中，而且（2）感应天线感受到不充分的标签-标签耦合，即，感应天线接近系统频率工作时，感应天线 20 感应足够的电流。所感应的电流促使开关电路 18 接通与主天线 14 并联的电容元件，导致主天线 14 的谐振频率减小。如此，主天线 14 的谐振频率自动地从其起始的高频率降低到周围 RFID 系统的工作频率。

当其他标签非常接近 RFID 标签 12 时，感应天线 20 感受到充分的标签-标签耦合，以将其谐振频率降低到 RFID 系统的工作频率之下。结果，感应天线 20 所感应的电流降低到确定的阈值以下，导致开关电路 18 将电容元件从主天线 14 关断，或者如果 RFID 标签 12 不是在电容元件被接通的状态中，则开关电路 18 不工作。然而，由于标签-标签耦合，由电容元件的关断所导致的主天线 14 的谐振频率的增加被降低

到 RFID 系统的工作频率。如此，RFID 标签 12 自动地调整主天线 14 的谐振频率，并且实现通信，不管是否存在其他 RFID 标签以及这些标签是否导致标签-标签耦合。

虽然图 1 的 RFID 标签 12 只包括一个感应天线，RFID 标签 12 可以包括多个感应天线和更高阶的开关电路，以便提供给 RFID 标签 12 在两个或更多频率谐振的能力。例如，RFID 标签 12 包括两个调谐到不同频率的感应天线。在该实施例中，开关电路 18 可选地将多个电路组件接通和关断，以调整主天线 14 的谐振频率，从而允许 RFID 标签 12 根据感应天线的谐振频率和标签耦合量，而以三个不同的频率谐振。还可以利用附加的感应天线来增加粒度（granularity），通过其开关天线 18 考虑到标签-标签耦合，并控制主天线 14 以 RFID 系统的工作频率或接近该频率而谐振。

图 2 是表示能够动态地调整自身的谐振频率的 RFID 标签 22 的一个示范性实施例的电路图。在所示的实施例中，RFID 标签 22 包括主天线 14、感应天线 20 和开关电路 18。开关电路 18 有选择地将电容元件 24 与主天线 14 并联地接通和关断，以改变主天线 14 的谐振频率，来补偿与位置非常接近的 RFID 标签的标签-标签耦合。特别是，开关电路 18 根据感应天线 20 感应的电流量，将电容元件 24 与主天线 14 并联地接通和关断。

结果，可以将开关电路 18 看作其根据感应天线 20 是否接近系统工作频率工作，或者感应天线 20 是否经历由于标签-标签耦合造成的谐振频率降低，而动态地控制主天线 14 的谐振频率。换句话说，开关电路 18 判断主天线 14 和感应天线 20 中哪一个在以最佳频率即最接近 RFID 系统的工作频率的频率工作，并且根据判断结果接通和关断电容元件 24。

如图 2 中所示，主天线 14 表示为电容元件 26 和电感元件 28。例

如，电容元件 26 表示电耦合到主天线 14 的集成电路（未示出）的电容，也可以表示制造的形成主天线 14 的导电轨迹的电容性。电感元件 28 表示形成主天线 14 的导电轨迹的电感系数。感应天线 20 还包括电容元件 30 和电感元件 32，其可以表示制造的形成感应天线 20 的导电轨迹的电容性和电感性。

开关电路 18 包括二极管 34、被排列形成分压器的电阻 36A 和 36B、晶体管 40 和电容元件 24。二极管 34 保持由天线 14、20 感应的电流所产生的电压，由分压器 38 应用到晶体管 40，从而控制开关电路 18 的开关功能。分压器 38 控制电容元件 24 与主天线 14 并联地接通和关断。

能够选择分压器 38 的电阻 36A 和 36B 以控制导通晶体管 40 的阈值。例如，当电阻 36A 的阻值大于电阻 36B 的阻值时，来自感应天线 20 的更多感应电流会导通晶体管 40。如上所述，通过分压器 38 的电压控制晶体管 40，该电压与感应天线 20 感应的电流成正比。因此晶体管 40 的作用是一个开关，当激活晶体管 40 时，其将电容元件 24 与主天线 14 并联地接通，当去激励时，其将电容元件 24 关断。

具体地，当 RFID 标签 22 位于 RF 场中时，即当询问设备试图查询 RFID 标签 22 时，主天线 14 和感应天线 20 各自感应电流。当邻近的标签足够远离 RFID 标签 22 以至产生不充分的标签-标签耦合时，由于感应天线 20 被调谐到 RFID 系统的工作频率的事实，即询问设备发射 RF 能量的频率，感应天线 20 中的感应电流比主天线 14 中的感应电流强度大。感应天线 20 中的高电流会将通过分压器 38 的电压升高到足以导通晶体管 40 的高度，从而将电容元件 24 与主天线 14 并联地接通。如此，晶体管 40 作用为一个开关，当分压器 38 的电压升高到受控的阈值设定点时，晶体管 40 被激活。根据电容元件 24 的电容量，将电容元件 24 与电容元件 26 并联地接通降低了主天线 14 的谐振频率，例如，从 20MHz 下降到 13.56MHz。电容元件 24 可以包括具有任何存储电容的组件，例如电容、二极管、晶体管等等。

然而，当邻近的 RFID 标签非常接近 RFID 标签 22 时，引发的标签-标签耦合会降低主天线 14 和感应天线 20 发生谐振的频率。当该标签耦合将主天线 14 的谐振频率降低得足够多时，主天线 14 将会在与感应天线 20 相比更接近 RFID 系统的工作频率（例如，13.56MHz）发生谐振。当发生上述情况时，主天线 14 感应的电流增加，导致分压器 38 的压降下降到阈值设定点以下。因此，晶体管 40 被去激励，而且将与主天线 14 并联的电容元件 24 关断。如此，与邻近的标签的标签-标签耦合会使主天线 14 的频率失谐，这样主天线 14 在接近 RFID 系统的工作频率的频率工作，从而允许 RFID 标签 22 在标签干扰可能以其他方式发生的环境中与 RFID 阅读器通信。

虽然图 2 所示的示范性标签 22 仅以两种频率工作，变频标签可以被设计成以多于两种频率的方式工作。例如，标签 22 可以包括四个感应天线和四通开关，该开关选择工作频率与 RFID 系统的工作频率最接近的天线。而且，虽然图 2 的实例中开关电路 18 开关与主天线 14 并联的电容元件，开关电路还可以接通与主天线 14 串联的电容元件，使电容元件短路，或者接通与主天线 14 串联或并联的电感元件，或者其组合，以改变主天线 14 的谐振频率。例如，主天线 14 可以被调谐到 13.56MHz，感应天线 20 可以被调谐到 20MHz，而且当感应天线 20 中感应的电流超过期望的阈值时，感应电路 18 可以使电容元件 26 短路，以便增加主天线 14 的谐振频率。此外，在一些实施例中，开关电路 18 使用分流器或一些其他的电路响应测量法测量天线 14、20 中的哪个正在以较佳频率工作。图 2 所示的实施例可以用集成电路 16 中的多个电路元件、单个电路元件或者其组合实现。

图 3 是表示能够动态地调整自身的谐振频率的 RFID 标签 44 的另一个实施例的示意图。在所示的实施例中，RFID 标签 44 包括开关 46，该开关在电感元件 48A 和 48B 之间开关，以便有选择地包括电感元件 48A 和 48B 作为天线 42 的附加回路。如此，开关 46 能够改变 RFID 标

签 44 发生谐振的频率。

电感元件 48A 和 48B 包括制造为形成天线 42 的附加回路的导电轨迹的部分。然而，电感元件 48A 和 48B 可以是具有电感系数的任何组件，或者是完全分离的天线。如图 3 中的实例所示，电感元件 48A 在物理上短于电感元件 48B。因此，当开关 46 与电感元件 48A 接触时 RFID 标签 44 发生谐振的频率高于当开关 46 与电感元件 48B 接触时的 RFID 标签 44 发生谐振的频率。

开关 46 可包括低功率微电子机械系统 (MEMS) 开关、电容开关或其他开关组件。开关 46 被设计为在电感元件 48A 和电感元件 48B 之间自动地开关，例如在单个加电周期或交替的加电周期过程中。在一种实现方式中，开关 46 包括在交替加电周期改变 RFID 标签 44 的谐振频率的低功率 MEMS 开关。在该实施例中，MEMS 开关 46 切换位置所需的功率低于集成电路 16 正常工作所必需的功率。因此，当 RFID 标签 44 接收到足以激活 MEMS 开关 46 但是不足以激活集成电路 16 的功率时，该 MEMS 开关改变位置以试图从 RF 能量提取足够的电流/电压来电驱动集成电路 16。例如，每当 RFID 标签 44 断电之后，MEMS 开关 46 改变位置。如此，每隔一个加电周期，RFID 标签 44 将会在例如 13.56MHz 和 20MHz 两个不同频率交替谐振。

因此，询问设备尝试对某一位置的所有 RFID 标签的第一读取。在第一读取过程中，根据它们的电流状态，RFID 标签的第一子集将会配置为在系统的工作频率谐振，例如 13.56MHz，而其余的标签将会配置为在第二频率谐振，例如 20MHz。如果没有发生标签-标签耦合，询问设备在第一读取周期过程中与第一子集通信，随后消除且再应用该电磁场以促使该 RFID 标签改变其谐振频率。结果，标签的第一子集将会配置为在第二频率工作，而其余的标签将会配置为在系统频率工作。因此，询问设备将能够在不多于两个询问周期内与所述标签通信。

然而，如果存在标签-标签耦合，在第一询问周期过程中 RFID 标签的谐振频率会降低。特别地，配置为以该系统工作频率工作的一些或全部 RFID 标签将会降低在响应该询问设备的频率范围以下。因此，正在与邻近的标签产生标签-标签耦合的所述 RFID 标签不会成功地与该询问设备通信。然而，配置为在该系统工作频率谐振且未发生标签-标签耦合的 RFID 标签将能够成功地与查询设备通信。此外，配置为在例如 20MHz 的第二频率工作的一些或全部 RFID 标签的谐振频率将会同样降低到接近该工作频率，并且能够与该询问设备通信。

在第一读取过程中读取所有可检测的标签之后，查询设备自动地移除该 RF 场并开始第二询问周期，这导致 RFID 标签的 MEMS 开关改变位置。在第二询问周期过程中，由于改变的电感系数，在第一次询问尝试时不能与该询问设备通信的所有标签将能够在第二次询问时被读取。具体地，在第二询问周期过程中，起初被配置为以系统工作频率谐振的标签的第一子集将会被配置为以第二工作频率谐振，例如 20MHz。在第一询问周期过程中由于标签-标签耦合而不成功的用于该通信的所述标签的部分现在将会被该标签-标签耦合从第二谐振频率失谐到接近该系统工作频率的频率，并且将会成功地实现与该询问设备的通信。在第二读取周期过程中，起初被配置为以第二频率谐振的该 RFID 标签将会被配置成以该系统工作频率谐振。在第一读取周期过程中不能通信的所述标签，即没有经历标签-标签耦合的所述标签现在将会实现与询问设备的成功通信。如此，在这种配置中，询问设备能够在两个或更少的读取周期中阅读所有 RFID 标签。对于使用多于两个附加电感元件，例如三个或更多电感元件的 RFID 标签 44 的实施例，可以利用附加的询问周期不考虑标签-标签耦合而保证所有 RFID 标签实现成功的通信。通过询问设备，能够合并而且记录所述询问周期，以获取同时在该位置出现的物品的精确记录。

在可替换实施例中，开关 46 有选择地将电容元件接通天线 42 或从天线 42 关断，以改变该天线的谐振频率。当施加 RF 场时，RFID 标

签 44 以第一频率，即 RFID 系统的工作频率（13.56MHz）谐振，同时电容开始收集电荷。一旦该电容收集到足够的电荷，即当其在 RF 场中存在着延长的时间周期时，开关 46 切换到“带电”开关位置。在图 3 所示的该实例中，该带电的开关位置是接触电感元件 48B 的位置。在该“带电”开关位置，RFID 标签 44 以例如 20MHz 的第二频率谐振，当发生充分的标签-标签耦合时，其允许实现通信。在该电容器失去了足够能量，而不能够将该电容器保持在“带电”开关位置之后，即在询问周期结束之后，开关 46 变回“不带电”开关位置。如此，开关 46 具有默认的开关位置，即起初以 13.56MHz 谐振。如此，在单个加电周期过程中，RFID 标签 44 自动地改变其谐振频率，以保证与 RF 阅读器之间的成功通信。换句话说，在该配置中，询问设备不需要应用两个单独的询问周期。

虽然在图 3 的实例中，RFID 标签 44 的开关 46 在不同长度的两个轨迹之间切换以改变天线 22 的电感，RFID 标签 44 可以使用 N 个不同的轨迹长度和 1 到 N 的开关以允许 N 个不同的频率变换。此外，开关 46 可用于切换其它类型的组件，例如电容组件、电感组件或其组合，以便自动地调整 RFID 标签 44 的谐振频率。此外，RFID 标签 44 包括参照图 2 所述的感应电路，以允许 RFID 标签 44 根据哪个开关位置促使天线 42 以最佳频率工作而选择该开关位置，从而自动调谐 RFID 标签 44。图 3 的实施例可以通过 RFID 芯片中的单个标签元件上的多个“标签元件”或者其组合而实现。

图 4 是表示例如图 2 的 RFID 标签 22 等 RFID 标签的示范性操作的流程图，该 RFID 标签自动地调谐其谐振频率以补偿与邻近标签的耦合。起初，RFID 标签 22 位于 RF 场（50）中。例如，RFID 标签 22 从正在试图从该 RFID 标签检索信息的 RFID 检测设备或阅读器天线接收 RF 能量。RFID 标签 22 所位于的 RF 场在主天线 14 和感应天线 20 两者中都感应电流。

通常, 开关电路 18 判断 RFID 标签 22 是否有充分的标签-标签耦合, 以便失谐主天线 14, 所述主天线 14 的谐振频率设置为以高于 RFID 系统的工作频率, 以便以适合的频率谐振, 即, 在响应于询问设备 (54) 的频率范围内。例如, 开关电路 18 判断感应天线 20 中的感应电流是否大到足以使其高于一个阈值。当开关电路 18 判断存在不充分的标签-标签耦合时, 即当感应天线 20 中的感应电流大于一个阈值时, 晶体管 40 导通 (56) 并且将电容元件 24 与主天线 14 并联接通 (58)。如上所述, 电容元件 24 增加主天线 14 的电容, 从而使主天线 14 的谐振频率从例如 20MHz 的较高频率降低到系统工作频率, 例如, 13.56MHz (62)。

当开关电路 18 判断发生了充分的标签-标签耦合, 将主天线 14 从较高谐振频率失谐到系统工作频率时, 开关电路关闭晶体管 40 或晶体管 40 保持关闭 (60)。结果, 主天线 14 配置为在较高频率谐振, 但是被与非常接近的邻近标签的标签-标签耦合失谐 (62)。如此, RFID 标签 22 自动调谐自身以实现以系统工作频率谐振, 以便使用晶体管 40 补偿标签-标签耦合, 根据与主天线 14 感应的电流相关的由感应天线 20 所感应的电流而控制晶体管 40。在其他实施例中, 可以使用其他类型的感应和切换机制来自动调谐 RFID 标签 22。

图 5 是表示 RFID 标签的示范性操作的流程图, 例如图 3 的 RFID 标签 44, 该 RFID 标签包括开关 46 (例如该实施例中的电容开关) 以动态地改变主天线 14 的谐振频率而不感应主天线 14 是否以最佳频率谐振。开始 RFID 标签 44 位于 RF 场中 (64), 而且该标签被默认配置为以第一频率谐振, 例如 RFID 系统的工作频率, 13.56MHz (66)。然而, 如果存在标签耦合, 将有可能将该谐振频率降低到该标签能够与询问设备通信的频率范围以下。

作为电磁场的结果, 电容开关 46 开始聚集电荷 (68)。当电容开关 46 的电荷收集到足够的电量时, 该开关切换到“带电”开关位置 (70),

而且 RFID 标签 44 以第二频率谐振（72），例如 20MHz。当邻近的标签之间存在标签-标签耦合时，如上所述，天线 42 将会被从较高谐振频率失谐到较低工作频率。如此，在单个加电周期中改变 RFID 标签 44 的谐振频率，以保证与询问设备之间成功的通信，而不需要两个独立的询问周期。在电容器失去足够的电荷之后，例如，当去除询问场时，电容开关 46 不能保持“带电”开关位置，而且该电容开关切换回“不带电”开关位置（74）。

图 6 是表示例如图 3 的 RFID 标签 44 等 RFID 标签的示范性操作的流程图，该 RFID 标签包括 MEMS 开关以动态地改变主天线 14 的谐振频率，而不需感应主天线 14 是否以最佳频率谐振。在该实例中，开关 46 包括 MEMS 开关，如上所述，该开关在两个加电周期之间动态地改变主天线 14 的谐振频率。

开始，RFID 标签 44 位于 RF 场中（76），而 RFID 标签 44 配置为以第一频率谐振，例如 RFID 系统的工作频率，如 13.56MHz(78)。然而，如果发生标签-标签耦合，RFID 标签 44 的谐振频率会降低到响应于询问设备的频率范围以下，而且该 RFID 标签不能成功地与该询问设备通信。接下来移除该 RF 场（80），例如，在询问设备读取了所有响应于第一询问周期的 RFID 标签之后，促使 MEMS 开关 46 改变位置（82）。当向 RFID 标签 44 施加后续的 RF 场时（84），在接下来的查询周期过程中，RFID 标签配置为以更高的频率谐振，例如 20MHz（86），当存在与邻近标签的标签-标签耦合时，将会失谐该 RFID 标签。

图 7 是表示示范性 RFID 系统 88 的方框图，该 RFID 系统在可能发生标签-标签耦合的环境中利用能够改变其谐振频率以帮助通信 RFID 标签。图 7 所示的实例中，RFID 系统 88 用作文档和文件管理。例如，RFID 系统 88 可以在配置在律师事务所、政府机构或其他生成并存储如商业、刑事和医疗等文档和文件的机构中。

实际上,上述文件可以位于许多存储区域 90 中,例如图 7 所示的开口支架 90A、橱柜 90B、立式文件隔板 90C、推车 90D、垫板 90E 或类似的位置。可以在与单个文档室相对的组织内的多个位置上提供存储区域 90。例如,存储区域 90 可以与例如记录支架等特定位置相关,因而可以被称为或考虑为“专用”支架。如上所述,存储区域 90 可以是位于单独的办公室附近或例如医院、门诊部、法律事务所、会计师事务所、经纪行或银行中的其他区域。

在某些实施例中,存储区域 90 是“智能存储区域”。术语“智能存储区域”通常用于指用于装配了 RFID 查询能力的文档或其他对象的存储区域,该存储区域能够帮助跟踪和定位系统 88 中的文档或文件。具体地,智能存储区域包括一个或多个天线,所述天线用于读取与存储在各个存储区域中的项目相关联的 RFID 标签,并且将从该 RFID 标签读取的信息传送到物品管理系统 92,该系统在例如关系数据库管理系统(RDBMS)的一个或多个数据库中提供聚集信息的中央数据存储。该信息包括例如表示文件或文档位于哪里的位置信息。文件跟踪系统 92 可以联网或以其他方式连接到一个或多个计算机,以便在不同位置的个人能够访问与上述项目相关的数据。例如,用户利用文件跟踪系统 92 从该数据存储检索文件位置信息,并且将存储区域之一中该项目所在的最后位置报告给用户。

在图 7 所示的环境中,文件或文档之间的距离,更具体地,与上述物品相关的 RFID 标签通常不能固定到最小距离。根据这里所描述的技术,系统 88 的 RFID 标签动态地且自动地改变其谐振频率,以协助与询问设备的通信,例如智能存储区域。结果,发生标签-标签耦合,然而该 RFID 标签可以获得改善的性能,以便可靠地与系统 88 的 RFID 询问设备通信。

RFID 系统 88 在电磁波频谱的频率范围内工作,例如 13.56MHz,

频率变动是可容许的 $\pm 7\text{kHz}$ ，其通常应用于工业、科学及医疗（ISM）设备。然而，RFID 应用还可使用其他频率，本发明并不限于此。例如，例如仓库等大容量存储区域中的一些 RFID 系统可以使用在大约 900MHz 工作的 RFID 系统。

前面描述了本发明的各种实施例。上述和其他实施例均在后面的权利要求的范围之内。

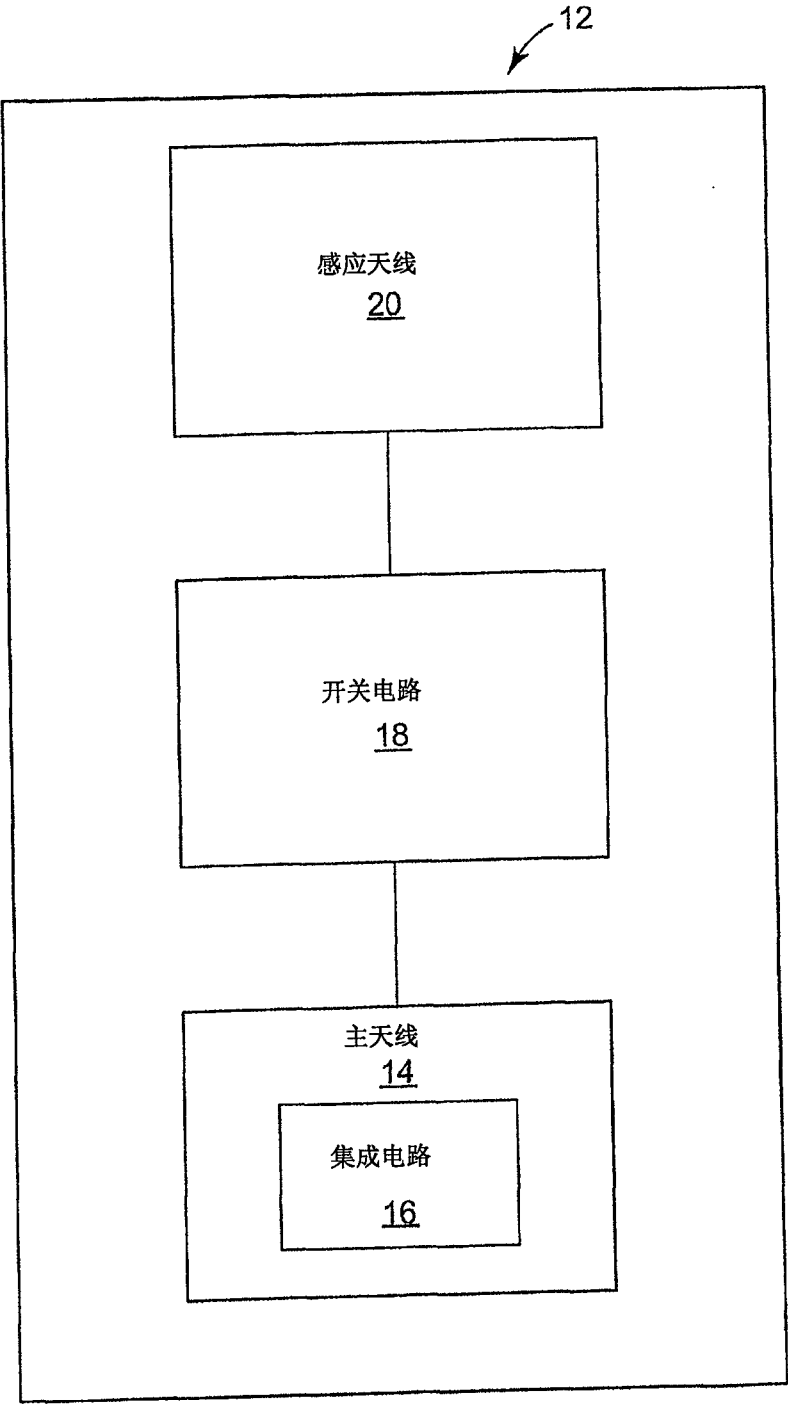


图1

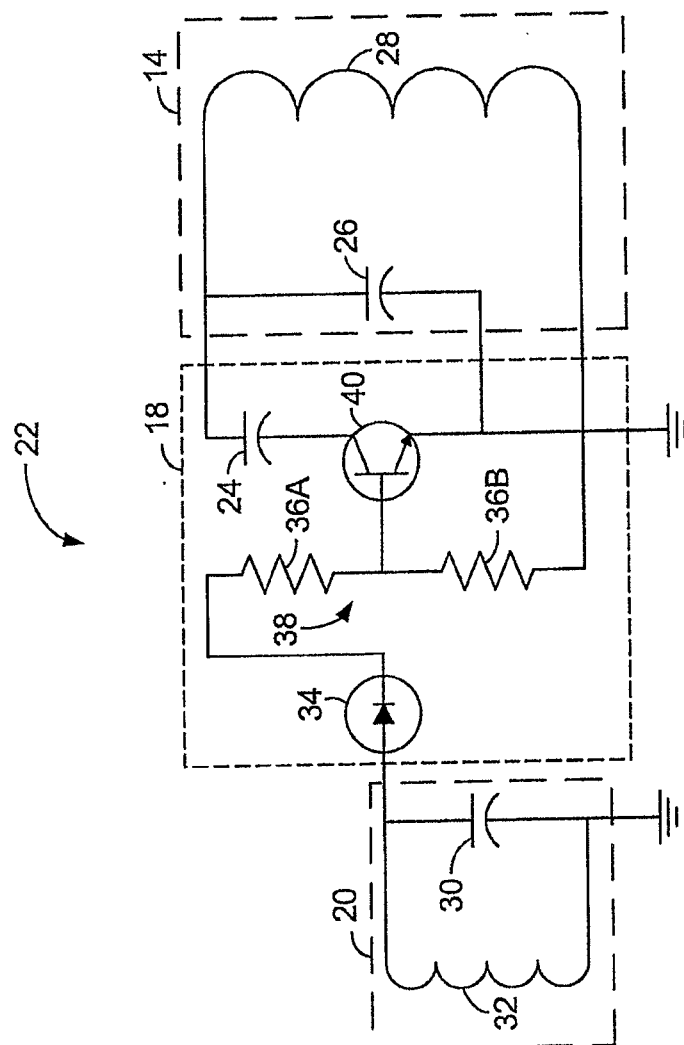


图2

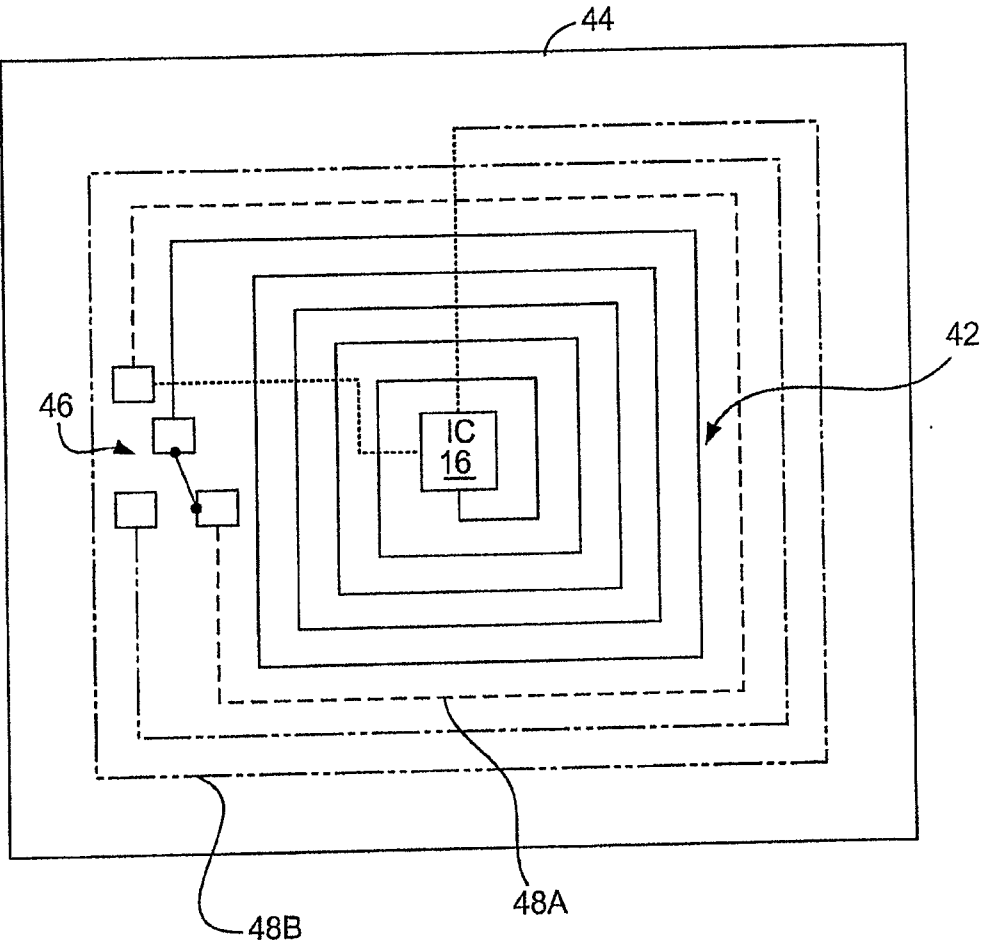


图3

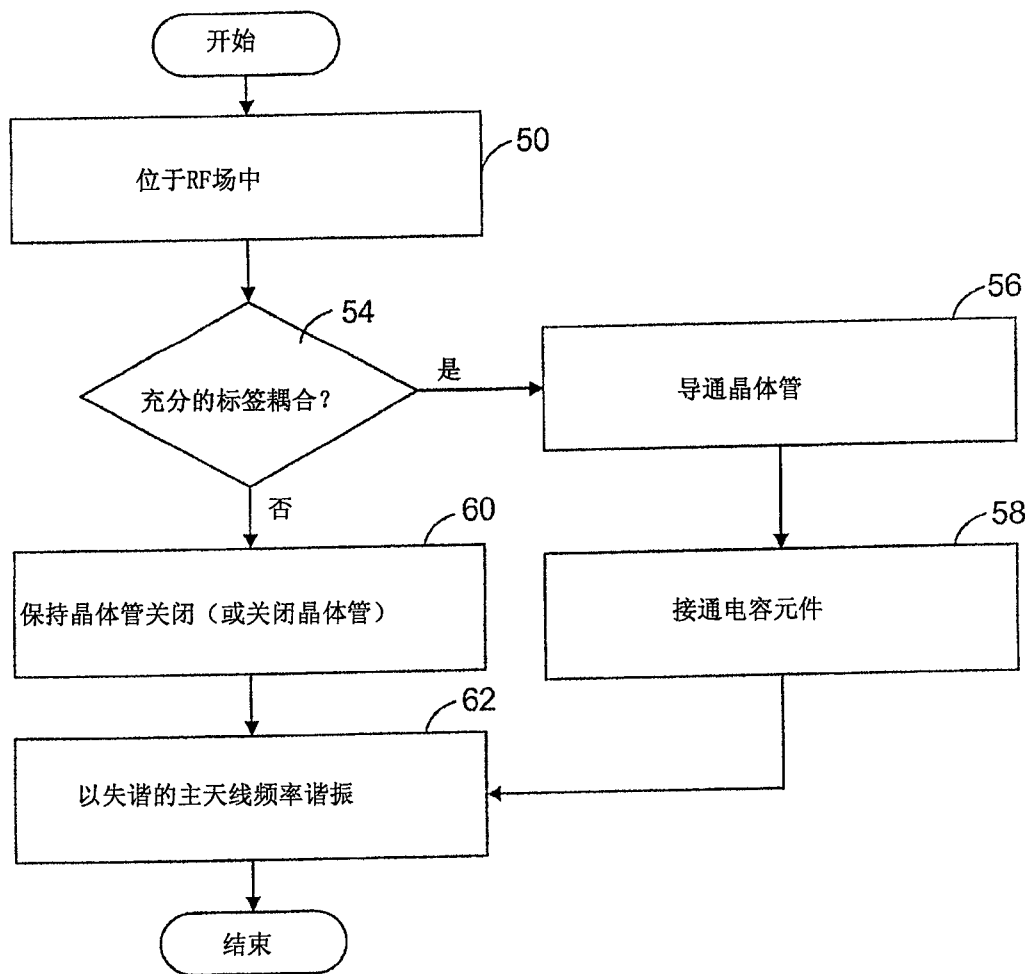


图4

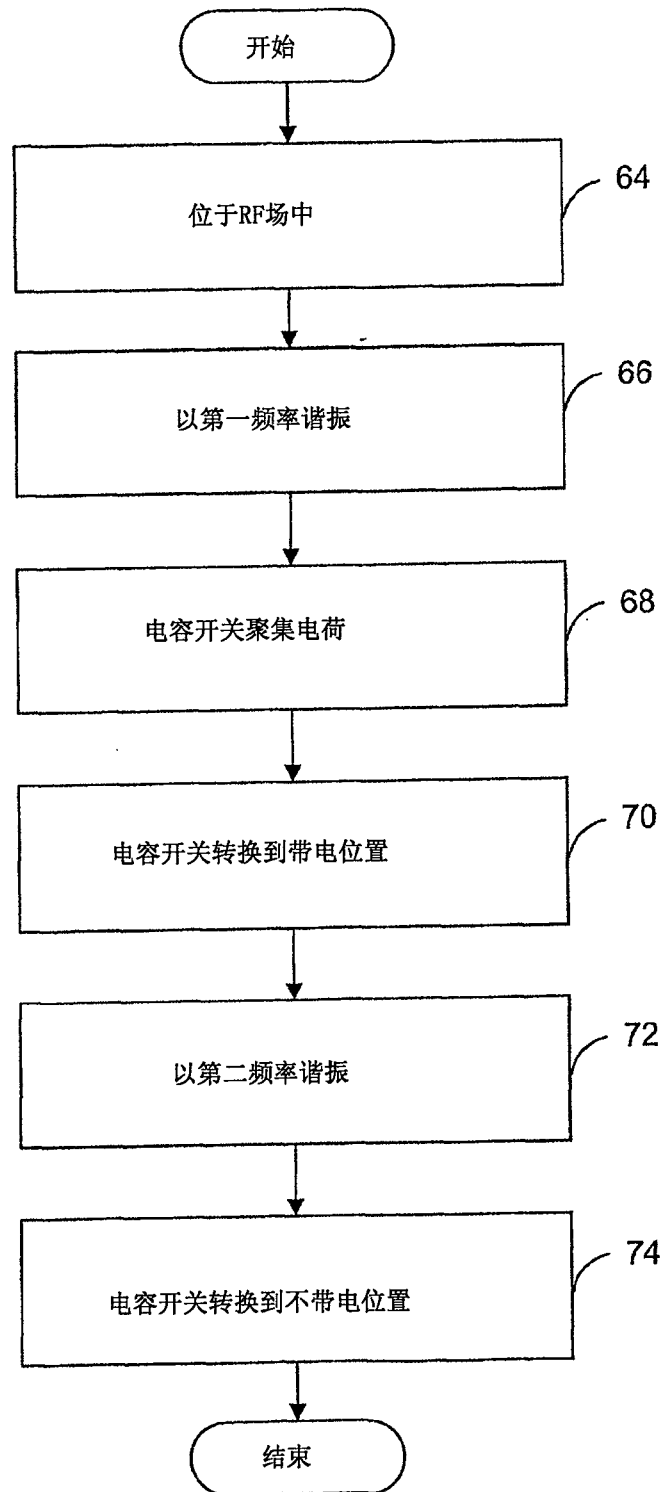


图5

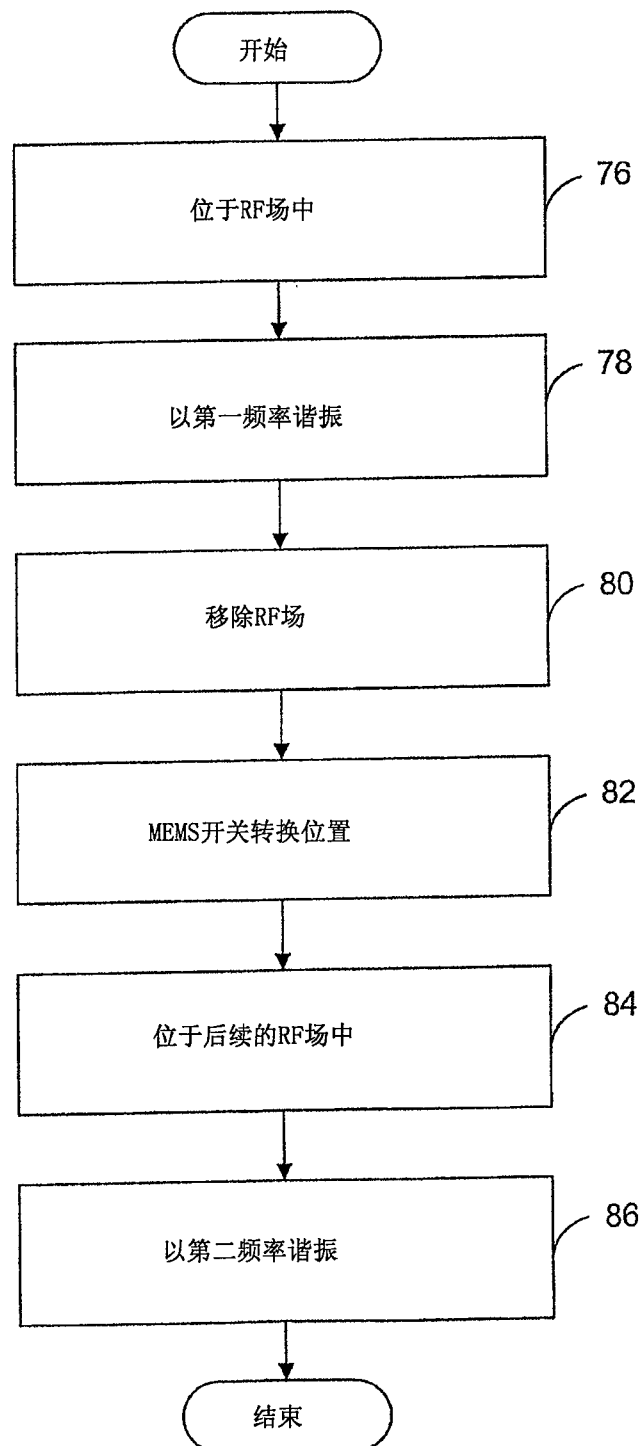


图6

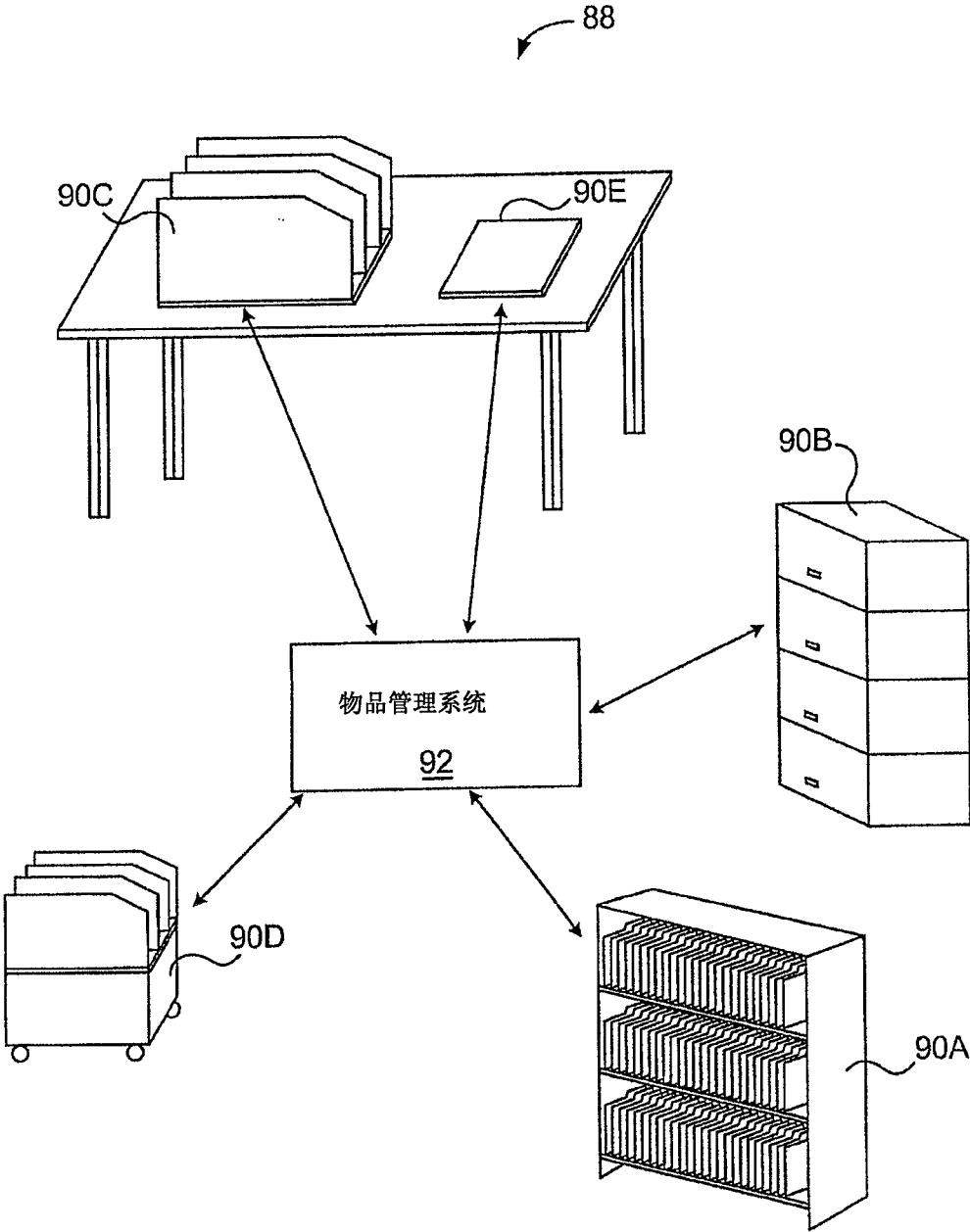


图7