



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101188438 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 10

(21) 申请号 200710142337. 6

CN 1720672 A, 2006. 01. 11,

(22) 申请日 2007. 08. 14

CN 1567739 A, 2005. 01. 19,

(30) 优先权数据

审查员 蒋玲

2007-148671 2007. 06. 04 JP

2006-314458 2006. 11. 21 JP

(73) 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 和城贤典

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 董方源

(51) Int. Cl.

H04B 5/02 (2006. 01)

H04L 12/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1595813 A, 2005. 03. 16,

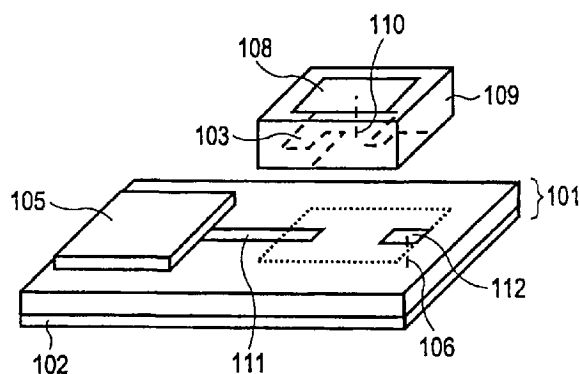
权利要求书2页 说明书22页 附图24页

(54) 发明名称

通信系统和通信装置

(57) 摘要

本发明提供了一种通信系统,其包括以下元件:发射机和接收机,发射机包括被配置用于生成用于发送数据的 RF 信号的发送电路单元以及被配置用于利用静电场或感生电场来发送 RF 信号的 EFC 天线;接收机包括 EFC 天线和接收电路单元,接收电路单元被配置用于对由 EFC 天线接收的 RF 信号进行接收和处理。发射机和接收机的 EFC 天线各自包括耦合电极和谐振部分,谐振部分包括被配置用于加强耦合电极之间的电场耦合的分布常数电路。RF 信号通过在发射机和接收机之间的彼此相对的 EFC 天线之间的电场耦合而被传输。



1. 一种通信系统,其包括:

发射机,所述发射机包括发送电路单元和电场耦合天线,所述发送电路单元被配置用于生成用于发送数据的射频信号,所述电场耦合天线被配置用于利用静电场或感生电场来发送所述射频信号,所述电场耦合天线被安装在印制电路板上,在所述印制电路板上设有构成所述发送电路单元的电路模块;以及

接收机,所述接收机包括电场耦合天线和接收电路单元,所述接收电路单元被配置用于接收和处理由所述电场耦合天线接收的射频信号,所述电场耦合天线被安装在印制电路板上,在所述印制电路板上设有构成所述接收电路单元的电路模块,

其中,所述发射机的电场耦合天线和所述接收机的电场耦合天线各自包括耦合电极和谐振部分,所述谐振部分包括分布常数电路,所述分布常数电路被配置用于加强所述耦合电极之间的电场耦合,并且

其中,所述射频信号通过在所述发射机和所述接收机的彼此相面对的电场耦合天线之间的电场耦合而被传输。

2. 根据权利要求1所述的通信系统,其中所述射频信号是使用超宽带的超宽带信号。

3. 根据权利要求1所述的通信系统,其中所述谐振部分起到带通滤波器的作用,该带通滤波器具有作为所述发射机的电场耦合天线和所述接收机的电场耦合天线之间的通带的期望射频频带。

4. 一种通信装置,其包括:

通信电路单元,所述通信电路单元被配置用于对用于发送数据的射频信号进行处理;以及

电场耦合天线,所述电场耦合天线被配置用于建立与以超短距离面对所述通信装置的通信伙伴的电场耦合,

其中所述电场耦合天线被安装在印制电路板上,在所述印制电路板上设有电路模块,所述电路模块构成被配置用于对用于发送数据的射频信号进行处理的所述通信电路单元,

其中,所述电场耦合天线包括耦合电极和谐振部分,所述谐振部分包括分布常数电路,所述分布常数电路被配置以加强所述通信装置的耦合电极和所述通信伙伴的耦合电极之间的电场耦合,并且

其中,所述射频信号通过与所述通信伙伴的电场耦合天线的电场耦合而被传输。

5. 根据权利要求4所述的通信装置,其中所述射频信号是使用超宽带的超宽带信号。

6. 根据权利要求4所述的通信装置,其中所述谐振部分起到带通滤波器的作用,该带通滤波器具有作为与所述通信伙伴的电场耦合天线之间的通带的期望射频频带。

7. 根据权利要求4所述的通信装置,其中所述分布常数电路被配置为包括置于所述印制电路板上的导电图案的短截线,并且

其中,接地面被形成在所述印制电路板的另一表面上,所述短截线的末端部分经由设在所述印制电路板中的通孔而与所述接地面相连接。

8. 根据权利要求7所述的通信装置,其中所述短截线具有为工作频率的波长的一半的长度,并且所述耦合电极被置于所述短截线的中心处。

9. 根据权利要求7所述的通信装置,其中所述耦合电极包括被蒸镀在绝缘隔片的表面上的导电图案,并且,在所述隔片被安装在所述印制电路板上的情况下,所述耦合电极的导

电图案经由在所述隔片内的通孔而与所述短截线的中心相连接。

10. 根据权利要求 9 所述的通信装置,其中所述短截线具有被容纳在由安装在所述印制电路板上的所述隔片所占据的区域中的弯折形状,并且所述短截线具有为工作频率波长的一半的长度。

11. 根据权利要求 9 所述的通信装置,其中所述短截线包括被蒸镀在所述隔片的另一表面上的导电图案。

12. 根据权利要求 4 所述的通信装置,其中多个电场耦合天线连接到所述印制电路板上的所述通信电路单元。

13. 根据权利要求 12 所述的通信装置,其中连接在所述电场耦合天线之间的信号线具有工作频率波长的一半的整数倍的长度。

14. 根据权利要求 4 所述的通信装置,还包括电力生成装置,所述电力生成装置用于通过对在所述电场耦合天线之间传输的射频信号进行整流来生成电力。

通信系统和通信装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于在信息设备之间进行大量数据的通信的通信系统和通信装置,更具体地,涉及用于通过使用静电场 (electrostatic field) 或感生电场 (induced electric field) 来在不干扰其它通信系统的情况下执行在信息设备之间的数据通信的通信系统和通信装置。

[0002] 更具体地,本发明涉及用于使用静电场或感生电场来在置于非常短的距离处的信息设备之间发送超宽带 (UWB) 通信信号的通信系统和通信装置,并且更具体地,涉及通过在非常短的距离内使用静电场或感生电场的信息设备的电场耦合天线 (以下称“EFC 天线”) 之间高效地发送射频 (RF) 信号,来使得能够进行大容量传输的通信系统和通信装置。

背景技术

[0003] 近年来,在小型信息设备之间传送数据,例如当在小型信息设备和个人计算机 (PC) 之间交换图像数据或音乐数据时,无线接口的使用正变得更加广泛,以取代使用诸如音 / 视频 (AV) 电缆或通用串行总线 (USB) 电缆之类的普通电缆了来互连信息设备或者使用诸如存储卡之类的介质的数据传输。无线接口是高度用户友好 (user-friendliness) 的,因为它们每次执行数据传输时都不涉及连接器的重新连接以及电缆配线。现在存在具有无线通信功能的各种信息设备。

[0004] 作为在小型设备之间的无线数据传输的方法,除了电气和电子工程师协会 (IEEE) 802. 11 所代表的无线局域网 (LAN) 以及蓝牙通信之外,已经开发了一种使用天线来执行无线电信号的发送 / 接收的无线电通信方案。

[0005] 近年来越来越吸引大家的注意的被称作“超宽带”(UWB) 的通信方案是用于实现使用从 3. 1GHz 到 10. 6GHz 的非常宽的频带的虽然在短距离内却以大约 100Mbps 的速率来进行大容量无线数据传输的无线通信技术。因此,能够在短时间内高速地传送诸如包含在一张光盘 (CD) 中的运动图像或音乐数据之类的大量数据。

[0006] 由于 UWB 通信与发射功率的关系,因此其具有大约 10m 的通信距离。可以使用 UWB 来配置诸如个人域网 (personal area network, PAN) 之类的短距离无线通信方案。例如,在 IEEE802. 15. 3 等中,设计了发送具有包括前导 (preamble) 的分组结构的数据的方案,作为 UWB 通信中的接入控制方案。作为一种 UWB 应用,美国的英特尔公司正在研究已经作为 PC 的通用接口而被广泛使用的 USB 的无线版本。

[0007] 考虑到 UWB 通信能够在不占据从 3. 1GHz 到 10. 6GHz 的传输频带的情况下以超过 100Mbps 的速率来传送数据,以及制作 RF 电路的简单性,已经积极地开发出使用从 3. 1GHz 到 4. 9GHz 的 UWB 低频带的 UWB 传输系统。本发明的发明人相信采用 UWB 低频带的数据传输系统是被应用到移动设备的高效无线通信技术中的一种。例如,能够实现在短距离区域内的高速数据传输,例如包括存储设备在内的超高速、短距离设备域网络 (device area network, DAN)。

[0008] 在离无线设施 3m 处的电场强度 (无线电波强度) 小于或等于预定水平的情况下,

即,在发射了仅对存在于邻近区域内的其它无线系统造成噪声的极微弱无线电波的情况下,对无线电台的认证是不必要的(例如,参见Regulations for the Enforcement of the Radio Law,Article6(1-1)(Regulation No.14, Radio Regulatory Committee,1950))。因此,能够降低无线系统的开发和生产的费用。由于其与发射功率的关系,上述的UWB通信能够实现在相对较低电场水平处的短距离无线通信系统。然而,在UWB通信系统使用通过天线来执行无线电信号的发射和接收的无线电通信方案的情况下,在其中生成的电场很难被抑制到非常弱的水平。

[0009] 许多已知的无线通信系统采用无线电通信方案并且允许使用在电流流经天线时生成的辐射电场来传播信号。在这种情况下,无论是否存在通信伙伴,发射机方都发射无线电波。这可能生成干扰相邻通信系统的干扰波(jamming wave)。接收机方的天线不仅从发射机接收期望波,而且还接收从远方到来的无线电波。因此,接收机方的天线容易受到周围的干扰波的影响,其结果是降低了接收灵敏度。在存在多个通信伙伴的情况下,为了从多个通信伙伴中选择期望的通信伙伴需要进行复杂的设置。例如,在多对无线设备在狭窄的范围内执行无线通信的情况下,为了执行不干扰其它对无线设备的通信,需要进行诸如频率选择之类的划分复用(divisionmultiplexing)。因为与极化方向正交的无线电波不进行通信,所以有必要对发射机天线和接收机天线的极化方向进行校准。

[0010] 例如,在从几个毫米到几个厘米的非常短的距离内执行通信的非接触(contactless)数据通信系统中,优选的是在短距离内发射机和接收机被强耦合,但是为了避免干扰其它系统,信号无法到达远距离处。还优选的是在数据通信设备被彼此邻近地放置时,无论其取向(方向性)如何,数据通信设备都将彼此耦合,即,优选的是所述设备没有方向性。为了执行大容量数据通信,优选的是设备能够执行宽带通信。

[0011] 在无线通信中,除了使用辐射电场的上述无线电通信外,还存在使用静电场或感生电场的各种通信方案。例如,在现有的主要用在射频识别(RFID)中的非接触通信系统中,采用了电场耦合方案或电磁感应方案。静电场或感生电场与离其源的距离的立方或平方成反比。因此,在距无线设备3m处的电场强度(无线电波强度)小于或等于预定水平的微弱无线电波能够被发射,从而不需要无线电台的认证。在这种非接触通信系统中,发送信号随着距离而迅速地衰减。在不存在邻近的通信伙伴的情况下,不会发生耦合关系,从而不会干扰其它通信系统。即使在无线电波从远处到来的情况下,EFC天线也不会接收无线电波,因此当前系统不受其它通信系统的干扰。即,使用利用感生电场或静电场的电场耦合的非接触、超短距离通信适于发射微弱无线电波。

[0012] 非接触、超短距离通信系统具有优于普通无线通信系统的一些优点。例如,在位于相对较远的距离处的设备之间交换无线电信号的情况下,在无线电范围内的无线电信号的质量由于相邻的反射物或者由于通信距离的增加而恶化。相反,短距离通信并不依赖于其周围环境,并且能够以高传输速率低差错率来传送高质量的信号。在超短距离通信系统中,未经授权的设备没有机会截取传输数据。因此,不必考虑传输线路上的窃用的防止以及保密性的保证。

[0013] 在无线电通信中,天线需要具有约等于其工作波长 λ 的一半或四分之一的尺寸,这使得增加了装置的尺寸。相反,在使用感生电磁场或静电磁场的超短距离通信系统中不存在这样的限制。

[0014] 例如,已经提出一种 RFID 标签系统(例如,参考日本未审查专利申请公布 No. 2006-60283)。在该系统中,多对通信辅助单元被设置使得 RFID 标签被置于多个通信辅助单元之间。通过对贴在多个货物项目上的 RFID 标签进行设置从而使得其被夹在通信辅助单元之间,实现对信息的可靠的读和写,即使在 RFID 标签彼此交叠的情况下也是如此。

[0015] 已经提出一种使用感生电场的数据通信装置(例如,参考日本未审查专利申请公布 No. 2004-214879)。该装置包括主体、用于将所述主体安装到用户的物理实体上的安装工具(mounting tool)、天线线圈、以及用于经由天线线圈来与外部通信装置进行非接触数据通信的数据通信单元。天线线圈和数据通信单元被置于设在所述装置的主体上的外壳上。

[0016] 已经提出一种蜂窝电话,该蜂窝电话是具有 RFID 的示例性便携信息设备,其在不牺牲便携性的情况下保证了通信距离(例如,参考日本未审查专利申请公布 No. 2005-18671)。将被插入所述便携信息设备的存储卡包括被配置用于与外部设备进行通信的天线线圈。在所述便携信息设备的存储卡插槽的外面提供了 RFID 天线线圈。

[0017] 因为已知的采用静电场或感生电场的 RFID 系统使用了较低频率的信号,所以系统以低速率进行通信,并因而不适于大容量数据传输。在使用由天线线圈感生的电磁场的通信方案的情况下,如果在线圈后放置金属板,则无法执行通信。需要很大的用于安装所述线圈的平面区域。这样的安装问题存在于这种通信方案中。此外,传输线路具有很大的损耗,因而信号传输效率是很低的。

[0018] 然而,本发明的发明人相信:在使用电场耦合来发送 RF 信号(即,通过采用静电场或感生电磁场来发送上述 UWB 通信信号)的超短距离通信系统中,通过发射不需要无线电台的认证的非常弱的电场,能够实现考虑到保密性的高速数据传输。本发明的发明人相信:在使用静电场或感生电场的 UWB 通信系统中,能够在短时间内以高速率来传送诸如包含在一张 CD 中的运动图像或音乐数据之类的大量数据。

[0019] 在已知的 RFID 系统中,发射机和接收机的电极(EFC 天线)一般彼此附着,这对于用户来说是不方便的。因此希望执行所述电极被分开大约 3cm 的距离的短距离通信。

[0020] 在使用相对较低频带中的信号的静电耦合方案中,发射机电极和接收机电极之间的 3cm 的距离相对于波长是可以忽略的,并且发射机和接收机之间的传播损耗并不是严重的问题。然而,在发送诸如 UWB 信号之类的较高频率宽带信号的时候,3cm 的距离相当于 4GHz 工作频率的波长的一半。因为传播损耗根据相对于波长的传播距离而产生,所以发射机电极和接收机电极之间的距离相对于波长来说是相当长的。因此,在使用静电场耦合来发送 UWB 信号的情况下,应当充分抑制传播损耗。

[0021] 在无线规格的技术领域中,一般对将被发送的宽带无线电信号应用频率调制。在 UWB 传输方案中,定义了直扩(direct spread,DS)信息信号的扩展率被增加到最大的直接序列扩频(DSSS)—UWB 方案,以及使用 OFDM 调制方案的正交频分复用(OFDM)—UWB。根据 DSSS,如果由于噪声而难以执行特定频率处的通信,则可以执行使用另一个频率的通信。因此,无线电波被中断的可能性较小。根据 OFDM 调制方案,通信对干扰和噪声有抵抗性,即使在使用了多条信道的情况下也是如此。

[0022] 在使用上述的利用静电场或感生电场的电场耦合来发送 UWB 通信信号的超短距离通信系统中,在使用诸如 DSSS 之类的频率扩展方案的情况下,不仅有必要在发射机 EFC 天线和接收机 EFC 天线之间建立在 RF 频带内的静电耦合,而且有必要对 EFC 天线进行设计

以有效地在宽频带上工作。

[0023] 在各个 EFC 天线被容纳在设备的外壳内的情况下,由于周围的金属组件的影响,中心频率可能会漂移。鉴于这点,用于建立电场耦合的电耦 (couple) 应当被预先设计以有效地在宽频带上工作。

发明内容

[0024] 希望提供能够在使用利用 RF 宽带信号的 UWB 通信方案的信息设备之间执行大容量数据通信的优异的通信系统和通信装置。

[0025] 还希望提供能够通过使用静电场 (准静电场) 或感生电场来在相隔超短距离的信息设备之间传输 UWB 通信信号的优异的通信系统和通信装置。

[0026] 还希望提供能够通过超短距离内使用静电场或感生电场来在信息设备的 EFC 天线之间高效地传输 RF 信号来执行大容量传输的优异的通信系统和通信装置。

[0027] 还希望提供能够通过形成抗噪电场耦合传输线路来执行大容量传输的优异的通信系统和通信装置,所述的抗噪电场耦合传输线路在发射机和接收机的 EFC 天线之间建立 RF 频带内的电场耦合,并在宽频带内有效地工作。

[0028] 根据本发明的实施例,提供了一种通信系统,其包括以下元件:发射机和接收机,其中,发射机包括被配置用于生成用于发送数据的 RF 信号的发送电路单元以及被配置用于利用静电场或感生电场来发送 RF 信号的 EFC 天线;接收机包括 EFC 天线和接收电路单元,所述接收电路单元被配置用于对由 EFC 天线接收的 RF 信号进行接收和处理。发射机和接收机的 EFC 天线各自包括耦合电极和谐振部分,谐振部分包括被配置用于加强所述耦合电极之间的电场耦合的分布常数电路。RF 信号被通过在发射机和接收机之间的彼此相面对的 EFC 天线之间的电场耦合来传输。

[0029] 这里提到的“系统”指的是多个设备 (或者实现特定功能的功能模块) 的逻辑组合,并且不对所述设备或功能模块是否包含在单个壳体内进行区分 (相同的情况适用下文)。

[0030] 在小型信息设备之间的数据传送 (例如,当在小型信息设备和 PC 之间交换包括图像或音乐在内的数据时) 被按无电缆连接的方式来实现时,用户友好性被提高。但是,由以无线 LAN 为代表的许多无线通信系统使用通过允许电流流经天线而生成的辐射电场。因此,无论是否存在通信伙伴,无线电波都会被发射。由于辐射电场是与距天线的距离成反比地逐渐衰减的,因此信号到达相对较远处。这可能生成干扰相邻通信系统的干扰波。由于周围的干扰波,使得在接收机方的天线的灵敏度被降低。简而言之,使用无线电通信方案是很难实现通信伙伴限于超短距离内的无线通信的。

[0031] 相反,在使用静电场或感生电场的通信系统中,在附近不存在通信伙伴的情况下是不会发生耦合关系的。感生电场或静电场的强度与其离源的距离的平方或立方成反比地迅速衰减。即,不会生成不必要的电场,并且电场达不到远处,由此不会干扰其它通信系统。即使在无线电波到达远处的情况下,耦合电极也接收不到无线电波,因此系统不会受其它通信系统的干扰。但是,这种已知的通信系统由于使用较低频率信号使得具有很低的通信速度,因此不适于大容量数据传输。在使用感生电磁场的通信方案的情况下,需要很大的平面区域以用于安装线圈。这种安装问题存在于这种通信方案中。

[0032] 相反,根据本发明的实施例的通信系统被配置为通过建立发射机和接收机的 EFC 天线之间的电场耦合,来在被配置用于生成用于发送数据的 UWB 信号的发射机和被配置用于对该 UWB 信号进行接收处理的接收机之间传输 UWB 信号。由于静电场和感生电场分别与距离的立方和平方成反比地衰减,因此能够发射不需要无线台的认证的极微弱无线电波。也不必考虑传输线路上的窃用的防止和保密性的保证。因为所述通信系统执行 UWB 通信,所以能够实现在超短距离内的大容量通信。例如,能够在短时间内高速地传送诸如包含在一张 CD 中的运动图像或音乐数据之类的大量数据。

[0033] 由于 RF 电路根据相对于波长的传播距离而产生传播损耗,因此在传输诸如 UWB 信号之类的 RF 信号的情况下,有必要充分地抑制传播损耗。

[0034] 在根据本发明的实施例的通信系统中,在接收机中,用于传输由发送电路单元生成的 RF 信号的 RF 信号传输线路可以经由阻抗匹配单元和谐振部分来基本上与 EFC 天线的电极的中心相连接。在接收机中,用于将 RF 信号传输到接收电路单元的 RF 信号传输线路可以经由阻抗匹配单元和谐振部分来基本上与 EFC 天线的电极的中心相连接。阻抗匹配单元使得发射机 EFC 天线的阻抗等于接收机 EFC 天线的阻抗,从而抑制在 EFC 天线之间的反射波并降低传播损耗。

[0035] 各个阻抗匹配单元和各个谐振部分都被配置用于实现发射机电极和接收机电极之间(即,在耦合部分)的阻抗匹配,并抑制反射波。阻抗匹配单元和谐振部分可以起到带通滤波器的作用,该带通滤波器具有作为发射机 EFC 天线和接收机 EFC 天线之间的通带的期望 RF 频带。

[0036] 阻抗匹配单元和谐振部分例如可以包括集总常数电路,该集总常数电路包括与 RF 信号传输线路相连接的串联电感器和并联电感器。但是,由于诸如电感量 L 和电容量 C 之类的常数是基于集总常数电路的中心频率来确定的,所以在偏离设定的中心频率的频带内无法实现阻抗匹配,并且集总常数电路不像所设计的那样来工作。换句话说,集总常数电路仅在窄频带内有效工作。特别地,在更高频带内,谐振频率是根据集总常数电路部分的细节结构以及值很小的电感器和电容器的变化而改变的,因此频率调整是很难的。在阻抗匹配单元和谐振部分包括集总常数电路的情况下,如果使用小型贴片电感器(chip inductor)作为电感器,则在贴片电感器中会产生损耗,从而会增加在 EFC 天线之间的传播损耗。

[0037] 在各个 EFC 天线被容纳在设备的壳体内部的情况下,可以预见 EFC 天线的中心频率将由于周围金属组件的影响而改变。因此,有必要预先设计 EFC 天线以在宽频率范围内有效地工作。在放置多个工作在窄频带内的设备的情况下,整个系统在更窄的频带内工作。因此,在宽带通信系统中很难同时使用多个 EFC 天线。

[0038] 在使用静电磁场来传输 UWB 通信信号的超短距离通信系统中使用诸如 DSSS 之类的频率扩展方案的情况下,有必要扩宽各个 EFC 天线的频带。

[0039] 在根据本发明的实施例的通信系统中,用于使用静电耦合来执行短距离通信的各个 EFC 天线包括耦合电极,以及被配置用于实现耦合电极之间的阻抗匹配的阻抗匹配单元和谐振部分,阻抗匹配单元和谐振部分包括分布常数电路而不是集总常数电路,从而扩宽频带。

[0040] 如在构成用于对传输信号的 RF 信号进行处理的通信电路单元的电路模块中一样,EFC 天线可以作为表面安装组件而被安装在印制电路板上。

[0041] 在这种情况下,分布常数电路可以被配置为短截线,该短截线包括置于印制电路板上的导电图案。接地面可以被形成在印制电路板的另一个表面上,短截线的末端部分经由设在印制电路板内的通孔而与接地面相连接。

[0042] 短截线可以具有约为工作频率的波长的一半的长度,并且耦合电极可以被置于基本上是短截线的中心处,在该处驻波幅度变为最大。

[0043] 耦合电极可以包括被蒸镀在绝缘隔片的表面上的导电图案。隔片是被表面安装在印制电路板上的电路组件。在隔片被安装在印制电路板上的情况下,耦合电极的导电图案可以经由在该隔片内的通孔而基本上与短截线的中心相连接。通过使用如隔片一样的具有大介电常数的绝缘体,由于波长缩短效应可以使得短截线的长度短于波长的一半。

[0044] 如以上已经描述过的,短截线具有工作频率的波长的一半的长度。通过使短截线具有弯折形状,短截线能够被容纳在由安装在印制电路板上的隔片所占据的区域内。

[0045] 可替换地,短截线可以包括被蒸镀在隔片的另一个表面上的导电图案。

[0046] 在使用静电耦合的通信方案中,为了在发射机耦合电极和接收机耦合电极之间生成电场耦合,需要对所述耦合电极进行精细的校准。在数据通信过程中,需要维持耦合电极的位置。为了解决这类问题,可以在发射机和接收机中的至少一个中将多个 EFC 天线布置成阵列。由于根据本发明的实施例的各个 EFC 天线都在宽频带内工作,所以即使在 EFC 天线被布置成阵列并且同时在宽带通信系统使用的情况下,通信系统也能够维持在宽频带内有效地工作。

[0047] 在这种情况下,可以对 EFC 天线进行设计以使得不与通信伙伴的 EFC 天线相耦合的 EFC 天线可以基本上被看作是开放端。因此,RF 信号中的一些可以被从开放端反射回经耦合的 EFC 天线,并且 RF 信号可以被从通信电路单元仅输出到与通信伙伴的 EFC 天线相耦合的 EFC 天线。在这种情况下,为了避免原始信号和从开放端反射回来的信号之间的干扰,连接在 EFC 天线之间的信号线的长度优选的是波长一半的整数倍,或者连接在发送 / 接收电路模块与相应 EFC 天线之间的信号线的长度之间的差异优选的是波长一半的整数倍。

[0048] 根据本发明的实施例,提供了能够在使用利用 RF 宽带信号的 UWB 通信方案的信息设备之间执行大容量数据传输的优异的通信系统和通信装置。

[0049] 根据本发明的实施例,提供了能够通过使用静电场或感生电场来在相隔超短距离的信息设备之间传输 UWB 通信信号的优异的通信系统和通信装置。

[0050] 根据本发明的实施例,提供了能够通过超短距离内使用静电场或感生电场来在信息设备的 EFC 天线之间高效地传输 RF 信号来执行大容量传输的优异的通信系统和通信装置。

[0051] 根据本发明的实施例,提供了能够通过形成抗噪电场耦合传输线路来执行大容量传输的优异的通信系统和通信装置,所述的抗噪电场耦合传输线路在发射机和接收机的 EFC 天线之间建立 RF 频带内的电场耦合,并在宽频带内高效地工作。

[0052] 在根据本发明的实施例的通信装置中,EFC 天线的阻抗匹配单元和谐振部分能够被配置为印制电路板上的图案,也就是短截线,其是分布常数电路,从而可以合适地在宽频带内工作。

[0053] 因为根据本发明的实施例的 EFC 天线各自都在宽频带内工作,所以即使在 EFC 天线被布置成阵列并且同时使用的情况下,通信系统也能够维持在宽频带内高效地工作。

[0054] 根据本发明的实施例，EFC 天线的阻抗匹配单元和谐振部分能够被配置为印制电路板上的图案，也就是短截线，其是分布常数电路。由于印制电路板上的导电图案的直流电阻是很小的，所以即使在 RF 信号的情况下损耗也是很小的，并且能够降低 EFC 天线之间的传播损耗。

[0055] 根据本发明的实施例，构成分布常数电路的短截线的尺寸约为 RF 信号波长的一半，这相对来说是很大的，并且在制造过程中的容差内的尺寸误差与总长度相比是可以忽略不计的。因此，不太可能发生特性变化。印制电路板上的图案或短截线的比耦合电极长的部分可以被弯折在耦合电极下面，由此可以使得 EFC 天线比已知的 EFC 天线更紧凑。

[0056] 根据参考附图的对示例性实施例的以下描述，本发明的其它特性和优点将变得清楚。

附图说明

[0057] 图 1 是根据本发明的一个实施例的 EFC 天线的示例性结构的示意图；

[0058] 图 2 是在短截线 103 上生成驻波的示意图；

[0059] 图 3 是短截线 103 被弯折在耦合电极 108 之下的结构的示意图；

[0060] 图 4 是使用隔片 109 来支撑耦合电极 108 的结构的示意图；

[0061] 图 5 是隔片 109 被配置为印制电路板 101 的表面安装组件的示例性结构的示意图；

[0062] 图 6 是其中的阻抗匹配单元包括集总常数电路的 EFC 天线的示意图；

[0063] 图 7 是其中的阻抗匹配单元包括分布常数电路的 EFC 天线的示意图；

[0064] 图 8 是示出了在阻抗匹配单元包括集总常数电路的情况下的 EFC 天线的频率特性与在阻抗匹配单元包括分布常数电路的情况下的 EFC 天线的频率特性的比较关系的曲线图；

[0065] 图 9 是在印制电路板上放置多个图 1 所示的 EFC 天线的结构的示意图；

[0066] 图 10 是在印制电路板上放置多个图 4 或 5 所示的 EFC 天线的结构的示意图；

[0067] 图 11 是根据本发明的实施例的被安装在印制电路板上的 EFC 天线的示例性布置的示意图；

[0068] 图 12 是根据本发明的实施例的被安装在印制电路板上的 EFC 天线的示例性布置的示意图；

[0069] 图 13 是 EFC 天线的等效电路图，在所述 EFC 天线中的阻抗匹配单元和谐振部分包括集总常数电路；

[0070] 图 14 是包括各自具有如图 13 所示的 EFC 天线的发射机和接收机的通信系统的示例性配置的示意图；

[0071] 图 15 是包括两个如图 13 所示的 EFC 天线的带通滤波器的等效电路图，所述的两个 EFC 天线被彼此相相对地放置；

[0072] 图 16A 示出了 RF 传输线路被连接到耦合电极的中心的情况；

[0073] 图 16B 示出了在 RF 传输线路被连接到偏离耦合电极中心的位置处的情况下的耦合电极中的电流的不均匀流动；

[0074] 图 17 示出了在使用千赫或兆赫的频率的通信中，发射机和接收机各自具有仅包括电极的 EFC 天线，并且耦合部分仅工作为平板平行电容器的示例性结构；

[0075] 图 18 示出了在使用兆赫的更高频率的通信中,由从耦合部分中的阻抗失配部分的信号反射所导致的传播损耗;

[0076] 图 19 是如图 13 所示的 EFC 天线的电极被彼此相面对地放置的结构示意图;

[0077] 图 20A 示出了如图 13 所示的单个 EFC 天线的特性;

[0078] 图 20B 示出了如图 13 所示的单个 EFC 天线的特性;

[0079] 图 21A 示出了具有阻抗变换器功能的 EFC 天线的电场的感生;

[0080] 图 21B 示出了具有阻抗变换器功能的 EFC 天线的电场的感生;

[0081] 图 22 是包括单个 EFC 天线的阻抗变换电路的等效电路图;

[0082] 图 23 示出了引起与传播方向相平行的振动的电场分量(纵波分量)ER;

[0083] 图 24 示出了由无穷小偶极子感生的电磁场在耦合电极上的映射;

[0084] 图 25 示出了并联电感器和串联电感器被包括在分布常数电路中的 EFC 天线的尺寸参数;

[0085] 图 26 是通过改变发射机和接收机的耦合电极之间的距离而在耦合电极 108 的每个安装位置 L2 处获得的传播损耗的测量值的曲线图;

[0086] 图 27 是通过彼此相面对地放置两个 EFC 天线并改变耦合电极之间的距离而获得的 S 参数(反射特性:电压驻波比(VSWR))的测量值的曲线图;

[0087] 图 28 是通过彼此相面对地放置两个 EFC 天线并改变耦合电极之间的距离而获得的 S 参数(传播损耗 S_{21})的测量值的曲线图;

[0088] 图 29 示出了通过朝同一方向(即,0 度)来放置 EFC 天线而获得的在发射机和接收机的 EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量值;

[0089] 图 30 示出了通过使一个 EFC 天线相对于另一个 EFC 天线成 90 度角地放置而获得的在发射机和接收机的 EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量值;

[0090] 图 31 示出了通过朝同一方向(即,0 度)来放置发射机和接收机的线性极化天线而获得的传播损耗 S_{21} 的测量值;

[0091] 图 32 示出了通过使一个线性极化天线相对于另一个线性极化天线成 90 度角地放置而获得的传播损耗 S_{21} 的测量值;

[0092] 图 33 示出了在发射机和接收机的 EFC 天线或线性极化天线(具有相同的极化方向)之间的距离与传播损耗 S_{21} 之间的关系的测量值;

[0093] 图 34 示出了通过使用最小二乘法来对图 33 所示的测量值执行一阶近似而获得的直线,其中,横坐标绘出了基于图 33 所示的测量结果的接收功率(即,电场强度)的平方根的对数,而纵坐标绘出了发射机和接收机之间的距离的对数;

[0094] 图 35 示出了通过改变在各个 EFC 天线后面的接地面的尺寸而获得的在 EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量值;

[0095] 图 36 示意性地示出了“容性负载”天线的结构,在该天线中,金属被附着于天线元件的末端,从而感生了电容并降低了天线的高度;

[0096] 图 37 示出了通过执行板金加工来生产 EFC 天线的电极部分的示例性方法;

[0097] 图 38 示出了通过执行板金加工来生产 EFC 天线的电极部分的另一个示例性方法;

[0098] 图 39 示出了通过执行板金加工来生产 EFC 天线的电极部分的另一个示例性方

法；

[0099] 图 40 示出了如图 37 或 39 所示的耦合电极被安装到作为印制电路板上的导电图案而形成的短截线上的结构；

[0100] 图 41 示出了通过在一块基板上形成信号线、谐振部分和耦合电极而产生的 EFC 天线的示例性结构；

[0101] 图 42 示出了如图 1 所示的 EFC 天线被应用于电力传送的情况的示例性结构；以及

[0102] 图 43 示出了如图 1 所示的 EFC 天线被应用于电力传送的情况的另一个示例性结构。

具体实施方式

[0103] 以下将参考附图来详细描述本发明的优选实施例。

[0104] 本发明涉及用于使用静电场或感生电场来执行信息设备之间的数据传输的通信系统。

[0105] 根据基于静电场或感生电场的通信方案，在附近不存在通信伙伴的情况下由于没有发生耦合关系所以无线电波不被发射，从而其它通信系统不会受到干扰。即使在无线电波从远处到来的情况下，EFC 天线也不会接收到无线电波，因而通信系统不会受其它通信系统的干扰。

[0106] 在已知的使用天线的无线电通信中，辐射电场的强度与距离成反比。相反，感生电场的强度与距离的平方成反比地衰减，而静电场的强度与距离的立方成反比地衰减。根据基于电场耦合的通信方案，能够发射极微弱无线电波，该无线电波仅对存在于邻近区域内的其它无线系统造成噪声，因此对无线电台的认证变得没有必要。

[0107] 虽然随时间而改变的静电场可以被称为“准静电场”，但是这种准静电场也包括在本说明书的“静电场”中。

[0108] 因为已知的采用静电场或感生电场的通信使用较低频率的信号，所以该已知通信不适于传送大量数据。相反，根据本发明的实施例的通信系统使用电场耦合来传送较高频率的信号，因此所述通信系统能够传送大量数据。更具体地，如在超宽带 (UWB) 通信中一样，使用宽带高频的通信方案被应用于电场耦合，从而实现了使用极微弱无线电波的大容量数据通信。

[0109] UWB 通信使用从 3.1GHz 到 10.6GHz 的非常宽的频带，并实现了虽然是短距离内，却是以大约 100Mbps 的速率的大量数据的无线传输。UWB 通信最初是作为使用天线的无线电通信方案而开发的通信技术。例如，在 IEEE802.15.3 等中，具有包括前导的分组结构的数据的发送方案被设计作为 UWB 通信中的接入控制方案。作为 UWB 的应用，美国的英特尔公司正在研究已经被广泛用作 PC 的通用接口的 USB 的无线版本。

[0110] 考虑到 UWB 通信能够在不占据从 3.1GHz 到 10.6GHz 的传输频带的情况下以超过 100Mbps 的速率来传送数据，以及制作 RF 电路的简单性，已经积极地开发出使用从 3.1GHz 到 4.9GHz 的 UWB 低频带的 UWB 传输系统。本发明的发明人相信采用 UWB 低频带的数据传输系统是被应用到移动设备的有效无线通信技术中的一种。例如，能够实现在短距离区域内（例如包括存储设备在内的超高速、短距离设备域网络 (DAN)）的高速数据传输。

[0111] 本发明的发明人相信：根据采用静电场或感生电场的 UWB 通信系统，能够实现使

用非常弱的电场的数据通信。发明人还相信：根据这样的 UWB 通信系统，能够在短时间内以高速率来传送诸如包含在一张 CD 中的运动图像或音乐数据之类的大量数据。

[0112] 图 14 示出了使用静电场或感生电场的非接触通信系统的示例性配置。图中所示的通信系统包括发射机 10 和接收机 20，其中，发射机 10 被配置用于执行数据发送，接收机 20 被配置用于执行数据接收。如图 14 所示，在发射机 EFC 天线和接收机 EFC 天线被彼此相面对地放置的情况下，两个电极起到电容器的作用，而 EFC 天线作为一个整体而起到带通滤波器的作用，从而在两个 EFC 天线之间高效地传送 RF 信号。在示出的通信系统中，在发射机 EFC 天线和接收机 EFC 天线之间实现足够的阻抗匹配并且 EFC 天线在宽带上以高频率高效工作的情况下，能够适当地形成使用电场耦合的传输线路。

[0113] 发射机 10 的发送电极 14 和接收机 20 的接收电极 24 被间隔例如 3cm 地彼此相面对地安放，从而能够产生电场耦合。响应于从上级应用发出的发送请求，发射机 10 的发送电路单元 11 基于发射数据来生成诸如 UWB 信号之类的 RF 发送信号，并且信号从发送电极 14 传播到接收电极 24。接收机 20 的接收电路单元 21 对所接收的 RF 信号进行解调和解码，以再现数据，并将再现所得的数据传送到上级应用。

[0114] 根据如在 UWB 通信中一样的使用宽带高频的通信方案，在短距离内能够实现大约 100Mbps 的速率的超高速数据传输。在使用电场耦合来执行 UWB 通信而不是执行无线电通信的情况下，电场强度与距离的立方或平方成反比。通过将距无线设备 3m 处的电场强度（无线电波强度）控制在小于或等于预定水平，能够发射极微弱无线电波，因此无线电台的认证变得没有必要。因此，能够实现并不昂贵的通信系统。在使用电场耦合方案的超短距离数据通信的情况中，信号质量没有由于相邻反射物而被恶化。此外，还无需考虑在传输线路上的窃用的防止以及保密性的保证。

[0115] 相反，传播损耗根据相对于波长的传播距离而增加。为了允许 RF 信号使用电场耦合来传播，有必要将传播损耗降低到足够小的值。在使用电场耦合来传输 RF 宽带信号（例如 UWB 信号）的通信方案中，在大约 3cm 的超短距离内的通信与 4GHz 工作频率的波长的大约一半相对应。因此，这样的超短距离不应当被忽略。特别地，特性阻抗在较高频电路中比在较低频电路中引起更严重的问题。在发射机电极和接收机的电极之间的耦合点处的阻抗不匹配在较高频电路中具有更显著的影响。

[0116] 由于在使用千赫或兆赫的频率的通信的情况下空间中的传播损耗是很小的（如图 17 所示），所以期望的数据传输能够被执行，即使在发射机和接收机各自具有仅包括一个电极的 EFC 天线并且耦合部分简单地作为平板平行电容器来工作的情况下也是如此。相反，使用 GHz 的较高频率的通信在空间中具有很大传播损耗。因此，有必要抑制信号反射并提高传输效率。如图 18 所示，在发射机的 RF 信号传输线路和接收机的 RF 信号传输线路被调整到预定特性阻抗 Z_0 的情况下，无法通过使用平板平行电容器来简单地耦合两条传输线路来实现在耦合部分中的阻抗匹配。因此，信号被从耦合部分中的阻抗失配部分反射回来，从而导致了传播损耗并降低了效率。

[0117] 例如，即使在将发送电路单元 11 连接到发射电极 14 的 RF 信号传输线路是具有 50Ω 匹配阻抗的同轴线的情况下，如果在发送电极 14 和接收电极 24 之间的耦合部分中的阻抗不匹配，信号会被反射从而引起传播损耗。

[0118] 如图 13 所示，设在发射机 10 和接收机 20 中的 EFC 天线包括平板形状的电极 14 和

24、与 RF 信号传输线路相连的并联电感器 13 和 23 和串联电感器 12 和 22。在上述的 EFC 天线被彼此相相对地安放时,如图 19 所示,两个电极起到电容器的作用,并且 EFC 天线作为一个整体而起带通滤波器的作用。因此,RF 信号能够在两个 EFC 天线之间被高效地传输。这里提到的 RF 信号传输线路对应于同轴电缆、微带线 (microstrip line)、共面线 (coplanar line) 等。

[0119] 如果仅需要实现阻抗匹配以及抑制发射机 10 和接收机 20 的电极之间 (即,在耦合部分中) 的反射波,则 EFC 天线没有必要包括如图 20A 所示的平板形状的电极 14 和 24、与 RF 信号传输线路相连的并联电感 13 和 23、以及串联电感器 12 和 22。相反地,如图 20B 所示,EFC 天线具有平板形状的电极 14 和 24 并且串联电感器与 RF 信号传输线路相连这样的简单结构就足够了。即,在发射机 EFC 天线与接收机 EFC 天线相距非常短距离地相面对的情况下,通过简单地将串联电感器置于 RF 信号传输线路上,耦合部分的阻抗就能够被设计为连续。

[0120] 注意,在图 20B 所示的示例性结构中,在耦合部分之前和之后的特性阻抗上不存在变化,因此电流也不会变化。相反,如图 20A 所示,在 EFC 天线经由置于 RF 信号传输线路的末端处的电极输入侧与接地面 (ground) 之间的并联电感器而与接地面相连时,EFC 天线自己起到阻抗变换电路的作用,该阻抗变换电路被配置用于相对于 EFC 天线输入侧的特性阻抗 Z_0 而降低 EFC 天线输出侧的特性阻抗 Z_1 (即, $Z_0 > Z_1$)。因此,与输入到 EFC 天线的输入电流 I_0 相比而言,EFC 天线的输出电流 I_1 能够被放大 (即 $I_0 < I_1$)。

[0121] 图 21A 和图 21B 示出了在具有并联电感器与不具有并联电感器的 EFC 天线的电极之间通过电场耦合的电场感应。如从图中清楚可见的,通过在 EFC 天线中提供除串联电感器之外的并联电感器,能够感生更强的电场,从而允许电极彼此很强地耦合。如图 21A 所示,在强电场被感生在电极附近的情况下,所生成的电场作为引起沿着行进方向上的振动的纵波 (longitudinal wave) 而向电极表面的前向 (front direction) 传播。由于这种电场波,信号能够在电极之间传输,即使当电极被分开相对大的距离时也是如此。

[0122] 在使用电场耦合来传输诸如 UWB 信号之类的 RF 信号的通信系统中,EFC 天线的必要条件如下:

[0123] (1) 存在用于建立电场耦合的电极;

[0124] (2) 存在用于建立更强的电场耦合的并联电感器;以及

[0125] (3) 设定电感器的常数并设定包括电极的电容器的常数,以使得能够在用于 EFC 天线被彼此相相对地放置时的通信的频带内实现阻抗匹配。

[0126] 基于串联电感器和并联电感器的电感量和包括电极的电容器的电容量,能够确定如图 19 所示的包括一对具有彼此相面对的电极的 EFC 天线的带通滤波器的通带频率 f_0 。图 15 是包括 EFC 天线对的带通滤波器的等效电路图。给定特性阻抗 $R[\Omega]$,中心频率 $f_0[\text{Hz}]$,以及输入信号和通过信号之间的相位差 α [弧度] ($\pi < \alpha < 2\pi$),以及包括电极的电容器的电容量 $C/2$,使用以下等式根据工作频率 f_0 能够求得包括在带通滤波器内的并联电感器和串联电感器的常数 L_1 和 L_2 :

$$[0127] \quad L_1 = -\frac{R(1 + \cos \alpha)}{2\pi f_0 \sin \alpha} [H]$$

$$[0128] \quad L_2 = -\frac{1 + \pi f_0 CR \sin \alpha}{4\pi^2 f_0^2 C} [H] \quad \dots (1)$$

[0129] 在单个 EFC 天线作为阻抗变换电路而工作时,其等效电路如图 22 所示。在图 22 所示的电路图中,根据工作频率 f_0 来选择并联电感量 L_1 和串联电感量 L_2 以使得满足以下等式和表达式,从而实现将特性阻抗从 R_1 变换到 R_2 的阻抗变换电路:

$$[0130] \quad L_1 = \frac{R_1}{2\pi f_0} \sqrt{\frac{R_2}{R_1 - R_2}} [H]$$

$$[0131] \quad L_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2} \left(\frac{1}{C} - 2\pi f_0 \sqrt{R_2(R_1 - R_2)} \right) [H]$$

[0132]

$$R_1 > R_2$$

... (2)

[0133] 如以上所述,在图 14 所示的非接触通信系统中,执行 UWB 通信的通信设备使用图 13 所示的 EFC 天线,而不是在采用已知的无线电通信方案的无线通信设备中使用的天线。因此,能够实现具有以前还没有实现过的特性的超短距离数据传输。

[0134] 如图 19 所示,其电极相距非常短距离地彼此相面对的两个 EFC 天线作为带通滤波器而工作,以允许在希望频带内的信号的通过,并且单个 EFC 天线起到被配置用于放大电流的阻抗变换电路的作用。相反,在单个 EFC 天线被置于自由空间时,EFC 天线的输入阻抗与 RF 信号传输线路的特性阻抗并不匹配。其结果是,从 RF 信号传输线路输入的信号在 EFC 天线中被反射,并且没有被发射到外界。

[0135] 根据图 14 所示的非接触通信系统,与天线不同的是,在不存在通信伙伴的情况下发射机不会连续发射无线电波。仅当通信伙伴接近发射机并且该通信伙伴的电极与发射机的电极形成电容器的时候,才能实现阻抗匹配(如图 19 所示),藉此来传输 RF 信号。

[0136] 由发射机的耦合电极生成的电磁场将被检验。图 23 示出了由无穷小偶极子(infinitesimal dipole)感生的电磁场。图 24 示出了这种电磁场在耦合电极上的映射。如图所示,电磁场主要分为引起在与传播方向垂直的方向上的振动的电场分量(横波分量) E_θ 和引起在与传播方向平行的方向上的振动的电场分量(纵波分量) E_R 。在无穷小偶极子周围还生成了磁场 H_ϕ 。以下等式表示由无穷小偶极子感生的电磁场。任何电流分布都能够被看作这样的无穷小偶极子的连续集结。因此,由这些无穷小偶极子感生的电磁场具有类似的特性(例如,参考由 Corona Publishing Co., Ltd. 公司于 1985 年出版的由 Yasuto Mushiake 著的“Antenna Denpa Denpan (Antenna/Radio-Wave Propagation)”,第 16—18 页)。

$$[0137] \quad E_\theta = \frac{pe^{-jkR}}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{R^3} + \frac{jk}{R^2} - \frac{k^2}{R} \right) \sin \theta$$

$$[0138] \quad E_R = \frac{pe^{-jkR}}{2\pi\epsilon} \left(\frac{1}{R^3} + \frac{jk}{R^2} \right) \cos\theta$$

$$[0139] \quad H_\phi = \frac{j\omega pe^{-jkR}}{4\pi} \left(\frac{1}{R^2} + \frac{jk}{R^2} \right) \sin\theta$$

$$[0140] \quad \dots (3)$$

[0141] 如从以上等式中清楚可见的, 电场横波分量包括与距离成反比的分量(辐射电场)、与距离的平方成反比的分量(感生电场)、以及与距离的立方成反比的分量(静电场)。电场纵波分量包括与距离的平方成反比的分量(感生电场)以及与距离的立方成反比的分量(静电场), 却不包括辐射电磁场分量。电场 E_R 在 $|\cos\theta| = 1$ 的方向上(即, 图 23 中由箭头指示的方向上)达到最大。

[0142] 在无线通信中广泛采用的无线电通信中, 从天线发射的无线电波是引起在与其行进方向相垂直的方向上的振动的横波 E_θ 。与极化方向相垂直的无线电波是不进行通信的。相反, 通过采用使用静电场或感生电场的通信方案而从耦合电极发射的电磁波不但包括横波 E_θ , 还包括引起在其行进方向上的振动的纵波 E_R 。纵波 E_R 也称作“表面波(surface wave)”。顺便提及, 表面波还能够穿过诸如导体、电介质或磁体之类的介质的内部。

[0143] 对于使用电磁场的传输波, 相速度(phase velocity) v 小于光速 c 的波称作“慢波”, 而相速度 v 快于光速 c 的波称作“快波”。表面波对应于前面的慢波。

[0144] 在非接触通信系统中, 能够通过辐射电场、静电场和感生电场中的任意一种媒介来传输信号。然而, 与距离成反比的辐射电场可能干扰位于相对较远处的其它系统。因此, 优选的是抑制辐射电场分量, 即执行使用不包含辐射电场分量的纵波 E_R 同时抑制包含辐射电场分量的横波 E_θ 的非接触通信。

[0145] 根据以上提到的观点, 根据本实施例的 EFC 天线被按以下方式来进行设计。即, 表示电磁场的上述三个等式示出了: 在 $\theta = 0^\circ$ 为真的情况下, $E_\theta = 0$ 为真, 并且 E_R 分量达到最大。更具体地, E_θ 在与电流方向垂直的时候达到最大, 而 E_R 在与电流方向平行的时候达到最大。为了最大化在与电极表面垂直的电极正面方向上的 E_R , 优选的是增大与电极垂直方向上的电流分量。相反, 在馈电点从电极中心偏移的情况下, 与电极平行的电流分量由于该偏移而增大。在电极正面方向上的 E_θ 分量根据电流分量而增大。因此, 根据本实施例的各个 EFC 天线提供了基本上在电极中心处的馈电点(随后描述), 如图 16A 所示, 以使得 E_R 分量能够被最大化。

[0146] 在已知的天线中, 除了辐射电场外, 还会生成静电场和感生电场。电场耦合在发射天线与接收天线被彼此接近地放置时发生。然而, 由于大多数能量被作为辐射电场来发射, 因此这样的已知天线不足以执行非接触通信。相反, 为了通过生成在预定频率处的更强的电场 E_R 来提高传输效率, 图 13 中示出的 EFC 天线包括耦合电极和谐振部分。

[0147] 在仅使用图 13 所示的发射机 EFC 天线的情况下, 纵波电场分量 E_R 被生成在耦合电极的表面上。因为包含辐射电场的横波分量 E_θ 小于 E_R , 所以仅发射了可忽略不计的无线电波。即, 并没有生成干扰其它相邻系统的波。输入到 EFC 天线的大多数信号被从电极反射回输入端。

[0148] 相反,在使用一对 EFC 天线的情况下,即,在发射机和接收机的 EFC 天线被相距很短距离地放置时,耦合电极主要通过准静电场分量来彼此耦合,并起到电容器的作用。其结果是, EFC 天线在整体上起到带通滤波器的作用,从而实现阻抗匹配。在通带频率上,信号和功率主要被发送到通信伙伴,而只有可忽略不计的小部分被反射回输入端。这里提到的“短距离”由波长 λ 来限定,即,与耦合电极之间的 $d \leq \lambda / 2\pi$ 的距离 d 相对应。例如,在工作频率 f_0 为 4GHz 时,电极之间的“短距离”是 10mm 或更小的距离。

[0149] 在发射机和接收机的 EFC 天线被相距中等距离地放置时,静电场被衰减,并且主要包含感生电场的纵波电场 E_r 被生成在发射机耦合电极的附近。纵波电场 E_r 被接收机耦合电极接收,从而信号被传输。注意,与 EFC 天线被相距短距离地放置的情况相比,输入到发射机 EFC 天线的信号被从电极反射回输入端的可能性更大。这里提到的“中等距离”由波长 λ 来限定,即,与耦合电极之间的约为 $\lambda / 2\pi$ 的几倍的距离 d 相对应。在工作频率 f_0 为 4GHz 时,电极之间的“中等距离”是从 10mm 到 40mm 的距离。

[0150] 如以上所述的,在图 13 所示的每个 EFC 天线中,阻抗匹配单元的工作频率 f_0 由并联电感器和串联电感器的常数 L_1 和 L_2 来确定。在一般的电路制作方法中,串联电感器 12 和 22 以及并联电感器 13 和 23 是使用包含在集总常数电路 (lumped-constant circuit) 中的电路元件来配置的。相反,已知的是,在 RF 电路的情况下,集总常数电路比分布常数电路 (distributed-constant circuit) 在更窄的频带内工作。频率越高,则电感器的常数就越小。因此,谐振频率由于常数的变化而发生偏移。

[0151] 根据本发明的实施例,在每个 EFC 天线中,阻抗匹配单元和谐振部分包括分布常数电路,而不是集总常数电路,从而允许 EFC 天线在更宽的频带内工作。

[0152] 图 1 是根据本发明的实施例的 EFC 天线的示例性结构的示意图。

[0153] 在所示出的示例中,EFC 天线被置于印制电路板 101 之上。接地导体 102 被置于印制电路板 101 的下表面上,而印制图案被置于印制电路板 101 的上表面上。作为 EFC 天线的阻抗匹配单元和谐振部分,提供了导电图案 (conductive pattern) 或短截线 (stub) 103 来作为分布常数电路,而不是提供并联电感器和串联电感器,并且短截线 103 经由信号线路图 104 而与发送 / 接收电路模块 105 相连。短截线 103 的一个末端经由穿过印制电路板 101 的通孔 106 而与下表面上的接地面 102 相连从而被短路。短截线 103 的中心部分经由金属线 107 而与耦合电极 108 相连。

[0154] 在电子技术领域中使用的“短截线”是一端被连接而另一端不被连接或与接地面相连的导线 (wire) 的统称。短截线被包括在电路中以用于执行调整、测量、阻抗匹配、滤波等。

[0155] 短截线 103 的长度大约为 RF 信号波长的一半。信号线 104 和短截线 103 由印制电路板 101 上的微带线或共面线组成。在短截线 103 的长度为波长的一半并且其末端被短路的情况下,在短截线 103 上生成的驻波电压的幅度在短截线 103 的末端处变为零,而在短截线 103 的中心处 (即,离短截线 103 的末端四分之一波长处) 变为最大 (参考图 2)。通过使用金属线 107 来将耦合电极 108 与短截线 103 的中心 (电压幅度最大处) 相连,则具有令人满意的传输效率的 EFC 天线能够被制得。

[0156] 通过使用包括短截线 103 (在印制电路板 101 上的导电图案) 的分布常数电路来形成阻抗匹配单元,则能够实现在宽频带内的均一特性。因此,可以使用将信号频率扩展为

如在 DSSS 或 OFDM 中一样的宽频带信号的调制方案。短截线 103 是印制电路板 101 上的导电图案。由于短截线 103 具有很小的直流电阻,因此损耗很小,即使在传输 RF 信号的情况下也是如此,并且 EFC 天线之间的传播损耗能够被降低。

[0157] 因为构成分布常数电路的短截线 103 的尺寸大约为 RF 信号波长的一半,这是很大的,所以在制造时的容差内的尺寸误差与总长度相比是可以忽略不计的,因此发生特性变化的可能性较小。

[0158] 图 8 是示出了在阻抗匹配单元包括集总常数电路的情况下的 EFC 天线的频率特性与在阻抗匹配单元包括分布常数电路的情况下的 EFC 天线的频率特性之间的比较关系的图。其中的阻抗匹配单元包括集总常数电路的 EFC 天线假定如下(如图 6 所示):耦合电极经由金属线与印制电路板上的信号线路图的末端相连;并联电感器被安装在信号线路图的末端处;并联电感器的另一端经由印制电路板内的通孔而与接地导体相连。其中的阻抗匹配单元包括分布常数电路的 EFC 天线假定如下(如图 7 所示):耦合电极经由金属线而与形成在印制电路板上的其长度为波长的一半的短截线的中心相连;并且短截线的末端经由在印制电路板内的通孔而与接地导体相连。两个 EFC 天线都被调整以使得工作频率接近 3.8GHz。在图 6 和图 7 中,RF 信号被沿着微带线从端口 1 传输到端口 2,并且 EFC 天线被置于微带线的中间。频率特性被测得作为从端口 1 到端口 2 的传输特性,并且结果如图 8 所示。

[0159] 不与另一个 EFC 天线相耦合的 EFC 天线可以被看作开放端(openend)。因此,从端口 1 输入的 RF 信号没有被提供到 EFC 天线而是被传输到端口 2。在其中任一种 EFC 天线中,指示从端口 1 传输到端口 2 的信号的强度的传播损耗 S_{21} 在 EFC 天线的工作频率 3.8GHz 附近是很大的。然而,在图 6 所示的 EFC 天线的情况下, S_{21} 的值在小于或大于工作频率的频率处大大地下跌。相反,在图 7 所示的 EFC 天线的情况下, S_{21} 的值在工作频率周围的宽频带范围内都很大,即,维持了令人满意的特性。换句话说,通过使用分布常数电路来形成阻抗匹配单元,EFC 天线在宽频带内有错高效地工作。

[0160] 耦合电极 108 经由金属线 107 基本与短截线 103 的中心相连。金属线优选地与耦合电极 108 的中心相连。通过将 RF 传输线路连接到耦合电极的中心,电流在电极内均匀地流动,从而防止无线电波不必要地在相对于电极表面基本上垂直的方向上在电极的前面发射(参考图 16A)。相反,通过将 RF 传输线路连接到偏离耦合电极的中心的位置处,电流在耦合电极内不均匀地流动,并且电极起到微带天线的作用,并发射了不必要的无线电波(参考图 16B)。

[0161] 在无线电通信领域,如图 36 所示,容性负载(capacitance-loaded)天线是大家所公知的,其中金属附着于天线元件的末端从而感生电容并降低天线高度。乍一看,这种天线具有类似于图 13 所示的 EFC 天线的结构。现在将给出对在本实施例的发射机/接收机中使用的 EFC 天线与容性负载天线之间的区别的描述。

[0162] 图 36 所示的容性负载天线在方向 B_1 和 B_2 上围绕天线的辐射元件发射无线电波。但是,在方向 A 上天线没有发射无线电波,方向 A 起到零点(null point)的作用。围绕天线生成的电场将被详细研究。具体地,生成了与离天线的距离成反比地衰减的辐射电场,与离天线的距离的平方成反比地衰减的静电场,以及与离天线的距离的立方成反比地衰减的感生电场。因为感生电场和静电场相对于距离的衰减比辐射电场更快,因此在一般的无线

系统中仅讨论辐射电场,而感生电场和静电场经常被忽略。即使在图 36 所示的容性负载天线的情况下,在方向 A 上生成了感生电场和静电场,但是也会在空气中被迅速衰减。因此,在无线电通信中并没有积极地采用这样的感生电场和静电场。

[0163] 在图 1 所示的 EFC 天线的情况下,如果从印制电路板 101 的电路安装面 (mounting surface) 上的短截线 103 到经由金属线 107 而与其相连接的耦合电极 108 之间具有足够的高度,可以避免接地导体 102 和耦合电极 108 之间的静电耦合,并且保证了作为 EFC 天线的功能 (即,与接收机 EFC 天线 (未示出) 的静电耦合)。注意,在从电路安装面到耦合电极 108 之间的高度过大的情况下,将印制电路板 101 连接到耦合电极 108 的金属线 107 起到天线的作用,并且由于在金属线 107 内流动的电流,反而会发射不必要的无线电波。在这种情况下,由起到天线的作用的 EFC 天线的谐振部分发射的无线电波相对于距离的衰减小于静电场或感生电场相对于距离的衰减。因此,很难将这些无线电波抑制成距无线设施 3m 处电场强度小于或等于预定水平的极微弱无线电波。因此,金属线 107 的长度是基于以下条件来确定的:当作为 EFC 天线的特性被完全实现时,避免与接地导体 102 的耦合;并且抑制由于在金属线 107 内流动的电流而导致的不必要的无线电波的发射 (即,包括金属线 107 的谐振部分作为天线的作用不要太大)。

[0164] 在并联电感器和串联电感器被配置为分布常数电路的 EFC 天线中,被认为影响 EFC 天线性能的尺寸参数包括以下方面:短截线的宽度 W ;短截线的长度 L_1 ;以及从短截线的末端 (或通孔 106 的位置) 到耦合电极 108 的安装位置 (或金属线 107) 的距离 L_2 。

[0165] 如以上所述的,短截线 103 的长度是所使用的 RF 信号的波长的一半。耦合电极 108 的安装位置 L_2 优选的是获得驻波的最大幅度的位置,即,波长的四分之一处 (参考图 2)。

[0166] 本发明的发明人在改变发射机和接收机的耦合电极之间的距离的同时测量了在耦合电极 108 的各个安装位置 L_2 处的传播损耗 S_{21} 。发明人假定各个 EFC 天线的耦合电极的尺寸为 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$,电极高度 (金属线的厚度) 为 3mm ,基板的尺寸为 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$,基板的厚度为 0.8mm ,以及基板的介电常数为 3.4。此外,短截线的长度 L_1 被设定为工作频率波长的一半,而短截线的宽度 W 被设定为 1.8mm 。图 26 示出了测量结果。

[0167] 从图 26 中可以清楚看到,当耦合电极 108 的安装位置 L_2 为波长的四分之一时,即,当耦合电极 108 被安装于在长度为波长的二分之一的短截线内生成的驻波的幅度变为最大的位置处时,EFC 天线之间的耦合变得很强。

[0168] 一般来说,金属会阻碍从天线发射的无线电波的有效辐射。因此,不允许将诸如接地导体之类的金属安放在天线辐射元件的附近。相反,在根据本实施例的通信系统中,EFC 天线的特性即使面对耦合电极 108 的背面安放金属的情况下也不会被恶化。通过弯折短截线,并将经弯折的短截线置于基板上,能够使 EFC 天线比已知的天线更紧凑。由于引起在与传播方向平行的方向上的振动的电场分量 (纵波分量) E_R 不具有极化,所以能够维持通信质量的预定水平,即使在 EFC 天线的取向被改变的情况下也是如此。

[0169] 天线使用与距离成反比地衰减的辐射电场来传输信号。相反,根据本实施例的 EFC 天线主要使用与距离的平方成反比地衰减的感生电场以及与距离的立方成反比地衰减的静电场来传输信号。特别是在静电场的情况下,随着电极之间的距离的增大,电耦合迅速减弱,使得很难执行通信。这意味着其适于使用弱电场的在超短距离内的通信。

[0170] 图 27 和图 28 示出了通过相相对地放置两个 EFC 天线 (如图 25 所示) 并改变耦合

电极之间的距离而获得的 S 参数的测量值。S 参数包括与从发射方发射并从接收方反射回发射方的信号的反射特性 S_{11} 相对应的电压驻波比 (voltage standing wave ratio, VSWR) ; 以及从发射方发射并到达接收方的信号的传播损耗 S_{21} 。图 27 示出了 VSWR, 而图 28 示出了传播损耗 S_{21} 。

[0171] 一般来说, 推荐 VSWR 小于或等于 2。从图 27 清楚可见的是, 对于工作在 4GHz 周围的 EFC 天线来说, 在发射机和接收机之间的距离小于或等于 10mm 的情况下, VSWR 的值变得很小, 并且阻抗匹配被实现。在这种情况下, 认为 EFC 天线的耦合电极通过准静电场被彼此耦合, 并且起到了电容器的作用。相反, 在发射机和接收机之间的距离大于 10mm 的情况下, VSWR 的值变得相对较大并且阻抗匹配没有被实现。在这种情况下, 认为两个 EFC 天线是耦合的, 并且主要使用纵波感生电场来传输信号。

[0172] 从图 28 清楚可见的是, 当发射机和接收机之间的距离变得越大时传播损耗 S_{21} 的值变得越小。

[0173] 与天线不同的是, EFC 天线不具有极化。因此即使在 EFC 天线的取向被改变时也能够实现预定的通信之质量水平 (如上所述)。本发明的发明人通过改变 EFC 天线的取向以及 EFC 天线之间的相对位置关系来测量传播损耗 S_{21} 。更具体地, 发射方 EFC 天线被置于位置 (0,0) 处, 并被连接到已知的网络分析仪的两个端口中的一个端口, 并且接收方 EFC 天线被连接到网络分析仪的另一个端口。通过改变接收方 EFC 天线的位置, EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 被测得。假设测量频率为 4GHz。

[0174] 图 29 示出了通过朝同一方向 (即, 0 度) 来放置 EFC 天线而获得的发射方 EFC 天线和接收方 EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量值。图 30 示出了通过将接收方 EFC 天线的取向旋转 90 度而获得的 EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量值。通过对这两个图进行比较, 旋转前和旋转后的测量结果的差异可以忽略不计。即, 由 EFC 天线生成的电场不具有极化。

[0175] 用于比较, 通过改变已知的线性极化天线的取向来测量传播损耗 S_{21} 。更具体地, 发射方线性极化天线被置于位置 (0,0) 处并被连接到已知网络分析仪的两个端口中的一个端口, 并且接收方线性极化天线被连接到网络分析仪的另一个端口。通过改变接收方线性极化天线的位置来测量线性极化天线之间的传播损耗 S_{21} 。假设测量频率为 4GHz。

[0176] 图 31 示出了通过朝同一方向 (即, 0 度) 来放置线性极化天线而获得的发射方线性极化天线和接收方线性极化天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量值。图 32 示出了通过将接收方线性极化天线的取向旋转 90 度而获得的传播损耗 S_{21} 的测量值。通过对这两幅图进行比较, 在接收方线性极化天线的取向被旋转了 90 度的情况下, 即, 发射方和接收方的极化彼此正交的情况下, 天线之间的传播损耗很大, 并且信号传输强度很弱。即, 在线性极化天线的取向被改变的情况下, 不能保证线性极化天线的通信质量。

[0177] 图 33 示出了发射方和接收方的 EFC 天线或线性极化天线 (具有相同的极化方向) 之间的距离与传播损耗 S_{21} 之间的关系的测量值。假设测量频率为 4GHz。辐射电场与距离成反比地逐渐衰减。相反, 感生电场强度和静电场强度分别与距离的平方和立方成反比地快速衰减 (如上所述)。因此, 如图所示, 在短距离内 EFC 天线彼此耦合得更强, 并且根据距离的衰减很大。

[0178] 图 34 示出了通过使用最小二乘法 (least square method) 来执行其测量值的一

阶近似而获得的直线,其横坐标绘出了基于图 33 所示的测量结果的接收功率(即,电场强度)的平方根的对数,而纵坐标绘出了发射机和接收机之间的距离的对数。基于各条直线的倾斜度,在由 EFC 天线生成的电场中,在频率为 4GHz 并且发射机和接收机之间的距离在 1cm 到 5cm 的范围内时,基本上与距离的平方成反比的感生电场起支配作用。相反,在由线性极化天线生成的电场中,基本上与距离的一次幂成反比的辐射电场起支配作用。

[0179] 将诸如接地导体之类的金属置于天线的辐射元件附近是不允许的。相反,即使面对电极 108 的背面放置起到接地面的作用的金属时,EFC 天线的特性也不会被恶化。图 35 示出了通过改变在各个 EFC 天线后面的接地面的尺寸而获得的 EFC 天线之间的传播损耗 S_{21} 的测量结果。注意,测量频率为 4GHz 并且各个耦合电极的尺寸是 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。EFC 天线后面的接地面的尺寸越大,泄漏到背面的电场就越小。因此,可以认为正向传播损耗 S_{21} 变得越大。无限增大接地面的尺寸是没有必要的。特别地,当接地面的一侧大于或等于耦合电极尺寸的两倍时,即,当接地面的面积大于或等于耦合电极的面积的四倍时,接地面的尺寸就足够了。

[0180] 如已经描述过的,对于短截线 103 的尺寸,优选的是将耦合电极放置在驻波幅度能够达到最大的四分之一波长的位置处。

[0181] 在假设了 3.1GHz 到 4.9GHz 的 UWB 低频带工作频率(如上所述)的情况下,自由空间内的波的波长大约为 75mm。虽然由于基板的介电常数可能导致波长缩短(如图 1 所示),但是在短截线 103 被形成成为直线形状的情况下,由耦合电极 108 占据的区域内还是容纳不下该短截线 103。结果,印制电路板 101 的安装效率可能被降低。考虑到耦合电极 108 的尺寸大约为 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$,耦合电极 108 的尺寸与短截线 103 的尺寸并不均衡。

[0182] 因此,可以弯折短截线 103 以使得短截线 103 能够被容纳在由耦合电极 108 占据的区域内,同时保持二分之一波长的尺寸。即,印制电路板 101 上的短截线 103 图案的比耦合电极 108 长的部分可以被弯折在耦合电极 108 之下,从而使得 EFC 天线比已知的 EFC 天线的尺寸更小。

[0183] 将参考图 3 到图 5 来描述实际 EFC 天线的示例性结构。图 3 是短截线 103 被弯折在耦合电极 108 之下的结构的示图。为了允许该结构作为 EFC 天线而工作,短截线 103 的长度应当约为波长的一半,并且短截线 103 不必被形成成为直线形状。如图 3 所示,可以弯折短截线 103,从而可以减小 EFC 天线的总尺寸。

[0184] 如以上已经描述过的,从印制电路板 101 的电路安装面到耦合电极 108 的高度对于避免接地导体 102 与耦合电极 108 之间的电场耦合是很重要的。

[0185] 例如,如图 4 所示,耦合电极 108 被置于具有适当高度的隔片(spacer)109 的上表面上,并且耦合电极 108 经由穿过隔片 109 的通孔 110 而与短截线 103 的中心部分相连。隔片 109 由电绝缘材料制成,并且起将耦合电极 108 支撑在期望高度处的作用。通过在具有期望高度的电介质柱中形成通孔,用导体填充通孔,并在电介质柱体的上端面上蒸镀(evaporate)起耦合电极作用的导电图案来制作隔片 109。其上设有耦合电极的隔片 109 被例如通过回流焊接(reflow soldering)等,安装在印制电路板 101 上。

[0186] 图 5 是包括耦合电极 108 以及起到金属线作用的通孔 110 的隔片 109 作为表面安装组件(surface-mounted component)被安装在印制电路板 101 上的示例性结构的示图。

[0187] 在所示出的示例中,耦合电极 108 被形成在绝缘隔片 109 的上表面上,并且经弯折

的短截线 103 被形成在隔片 109 的下表面上。例如,可以通过在具有期望高度的电介质柱中形成通孔,利用导体来填充通孔,并使用电镀 (electroplating) 技术来分别在电介质柱的上端面和下端面上蒸镀起耦合电极 108 的作用的导体图案和起短截线 103 的作用的导体图案来制作隔片 109。在这种情况下,在上端面上的耦合电极 108 经由穿过隔片 109 的通孔 110 被连接到下端面上的短截线 103 的中心部分。

[0188] 此外,用于连接隔片 109 的两端的导电图案 111 和 112 被形成在印制电路板 101 上。导电图案 111 是从发射 / 接收电路模块 105 引出的信号线,而另一个导电图案 112 经由穿过印制电路板 101 的通孔 106 而与接地导体 102 相连。包含耦合电极 108 和经弯折的短截线 103 的隔片 109 被例如通过回流焊接技术等来安装在印制电路板 101 上。

[0189] 在图 5 所示的示例中,耦合电极 108 被蒸镀在隔片 109 的上端面上,而短截线 103 被蒸镀在隔片 109 的下端面上。作为一种修改,可以仅在隔片 109 上蒸镀耦合电极 108,而短截线 103 被提供为印制电路板 101 上的导电图案。在隔片 109 被表面安装时,可以经由隔片 109 内的通孔 110 来互相连接耦合电极 108 和短截线 103。

[0190] 在图 4 和图 5 所示的 EFC 天线的示例性结构中,隔片 109 是由绝缘材料制成的(如上所述)。在使用具有高介电常数的材料时,与波长相对应的长度由于波长缩短效应 (wavelength shortening effect) 而实际上缩短了。结果,短截线 103 的尺寸和耦合电极 108 的尺寸可以做得更紧凑。

[0191] 隔片 109 的高度(即,通孔 110 的长度)对应于从印制电路板 101 的电路安装面到耦合电极 108 的高度。隔片 109 起到了避免耦合电极 108 与接地面 102 之间的电场耦合的作用,并起到了允许通孔 110 作为串联电感器而工作的作用。通过根据工作波长来适当地调整隔片 109 的高度,使得通孔 110 作为串联电感器而工作,从而避免了接地面 102 和耦合电极 108 之间的电场耦合,并且可以确保作为 EFC 天线的功能。通过根据工作波长来适当地调整隔片 109 的高度,使得通孔 110 具有电感并替代了图 13 所示的串联电感器 12。注意,当隔片 109 的高度很大时,即,从印制电路板 101 的电路安装面到耦合电极 108 的距离相对于工作波长太长了以至于很难忽视该距离时,通孔 110 起到了天线的作用,并且由于在其中流动的电流使得反而会发射不必要的无线电波。

[0192] 在采用使用静电场或感生电场的电场耦合的通信方案中,有必要对发射机和接收机的耦合电极进行精细的校准以感生耦合电极之间的静电耦合。在数据通信中,有必要保持耦合电极的位置。用户通常难以得知应当将耦合电极置于各个设备的哪一部分,应当将设备的哪一部分与耦合电极相连接,或者应当以什么角度来相对地放置电极以达到最佳通信状态。由于这些原因,可能无法达到最快的通信速度。

[0193] 为了解决这类问题,可以将多个 EFC 天线排列成一行。在无线电通信的情况下,发射天线的平行阵列 (parallel array) 导致发射功率被分发在各个天线中,并且每个天线的输出被降低。因此,对通信毫无贡献的天线无用地消耗掉发射功率。相反,在使用电场耦合的通信方案中, EFC 天线能够被设计以使得仅有一个与另一 EFC 天线相耦合的 EFC 天线可以发射 RF 信号,而其余 EFC 天线可以基本上认为是开放端。即,即使在多个 EFC 天线布置为阵列,不与通信伙伴的 EFC 天线相耦合的 EFC 天线浪费发射功率的问题也并不严重。由于根据本发明的实施例的各个 EFC 天线在宽频带内工作,所以即使在 EFC 天线被布置为阵列并同时使用在宽带通信系统中时,通信系统也能够维持在宽频带内有效地工作。

[0194] 图 9 是多个图 1 所示的 EFC 天线被置于印制电路板上的结构的示图。各个 EFC 天线的短截线的一端经由信号线而平行地与一个发射 / 接收电路模块相连接。图 10 是多个图 4 或图 5 所示的 EFC 天线被置于印制电路板上的结构的示图。

[0195] 如图所示的三个 EFC 天线 1 到 3 中, 仅仅与通信伙伴的 EFC 天线相耦合的 EFC 天线才发射 RF 信号, 而其余 EFC 天线起到开放端的作用。例如, 在仅有如图所示的 EFC 天线 2 与通信伙伴的 EFC 天线 (未示出) 相耦合的情况下, 来自发射 / 接收电路模块的输出信号没有被提供到 EFC 天线 1, 但是该输出信号通过 EFC 天线 2 并到达通信伙伴的 EFC 天线。

[0196] 来自发射 / 接收电路模块的一些输出信号沿着信号线经过 EFC 天线 2 并到达 EFC 天线 3, 并从 EFC 天线 3 发射回 EFC 天线 2。为了避免原始信号和反射信号之间的干扰, 连接在各个 EFC 天线之间的信号线的长度优选地为二分之一波长的整数倍, 或者连接在发射 / 接收电路模块与相应的 EFC 天线之间的信号线长度之间的差异优选地为二分之一波长的整数倍。因此, 与来自发射 / 接收电路模块的信号被分发器 (distributor) 简单地分发给各个 EFC 天线之间并且提供到各个 EFC 天线相比, 信号能够仅被提供到与通信伙伴的 EFC 天线相耦合的 EFC 天线。因此, 能够有选择地并有效地传输信号。

[0197] 取代如图 9 和图 10 所示的将 EFC 天线布置成阵列, 如图 11 所示, 来自单个点的信号线可以按星形来伸出多个分支以用于多个 EFC 天线, 并且 EFC 天线可以被置于各个分支的末端。在图 11 所示的示例性布置中, 连接分支点与各个 EFC 天线的信号线的长度是二分之一波长的整数倍, 因此, 连接在发射 / 接收电路模块与相应 EFC 天线之间的信号线长度之间的差异是二分之一波长的整数倍。因此, 被提供到静电耦合 EFC 天线的原始信号与反射波之间的干扰能够被抑制。

[0198] 此外, 如图 12 所示, 通过使用将如图 10 所示的示例性布置与图 11 所示的分支布置相组合的示例性布置, 可以获得避免原始信号和反射波之间的干扰的类似优点。随着所使用的 EFC 天线的数目的增加, 关于通信伙伴的电极的对准问题可以被缓和。

[0199] 在多个窄带设备被置于装置的外壳中时, 整个系统在更窄的频带内工作。因此, 可以预知很难在宽带通信系统中同时使用多个 EFC 天线。相反, 根据本实施例, 各个 EFC 天线都在宽频带内工作。在 EFC 天线被布置为如图 9 到图 12 所示的阵列并同时用在宽带通信系统中时, 该通信系统能够维持在宽频带内有效地工作。

[0200] 图 4 和图 5 示出了能够被应用到使用电场耦合方案的非接触通信系统 (如图 14 所示) 中的 EFC 天线的示例性结构。但是, EFC 天线的结构并不限于这些。

[0201] 例如, 通过执行例如板金加工 (sheet metal processing) 可以容易地以低成本来生产 EFC 天线的电极部分。图 37 到图 39 示出了生产其的方法。

[0202] 参考这些附图, 由铜等制成的金属片被冲压, 以形成将成为耦合电极的部分以及将成为连接耦合电极与 RF 信号线的引线 (leg) 的部分。

[0203] 接下来, 金属片被弯折以允许将引线部分弯折为基本上与耦合电极部分相垂直, 由此使得引线部分达到期望高度。这里所提到的期望高度相当于既能够起到避免耦合电极部分与接地面之间的耦合的作用, 又能够起到允许引线部分作为串联电感器而工作的作用的尺寸。

[0204] 按这种方式来制作的耦合电极被使用夹具 (jig) 等来固定于例如印制电路板的相应位置上, 并且被使用回流焊接等来安装在适当的位置处。图 40 示出了将如图 37 或图

39 所示的耦合电极安装到被形成为印制电路板上的导电图案的短截线上的结构。

[0205] 起串联电感器的作用的引线部分的数目可以是两个（如图 37 和图 39 所示），或者一个（如图 38 所示）。或者，可以形成三个或更多个引线部分。

[0206] 可替换地，通过将信号线、谐振部分和耦合电极形成为在一块基板上的布线图案，可以容易地制作 EFC 天线。图 41 示出了这样的 EFC 天线的示例性结构。注意，在耦合电极的后面不应当提供接地面。由于所示出的 EFC 天线仅能建立更弱的耦合并且其频带较窄，所以所示出的 EFC 天线不如三维 EFC 天线有优势。但是，所示出的 EFC 天线在生产成本和紧凑的尺寸（厚度上更薄）方面具有优势。

[0207] 如以上已经描述过的，在根据本实施例的通信系统中，利用静电场或感生电场的特性能够实现 UWB 信号的高速通信。因为静电耦合或感生电场耦合的强度随着通信距离而变弱，所以能够防止信息被意料之外的通信伙伴窃用，从而能够确保保密性。通过使用户设备物理上接近用户想与其建立连接的期望通信伙伴并与该通信伙伴交换信息，用户可以直观地选择通信伙伴。由于无线电波不会被发射到根据本实施例的通信系统的外面，因此通信系统不会影响其它无线系统。由于通信系统不会接收到外部无线电波，所以通信系统不受外部噪声的影响，并且其接收灵敏度不会被恶化。

[0208] 前面的描述涉及在使用电磁耦合方案的非接触通信系统（如图 14 所示）中在一对 EFC 天线之间传输信号的机制。在两个设备之间的信号传输必然涉及能量的传送。因此，这种通信系统能够被应用于电力传送。如已经描述过的，由发射机 EFC 天线生成的电场 E_R 作为表面波而在空气中传播。通过对由 EFC 天线接收的信号进行整流和稳定，接收机方能够可靠地获得电力。

[0209] 图 42 示出了在图 1 所示的 EFC 天线被应用于电力传送的情况下的示例性结构。

[0210] 在所示出的系统中，通过将充电器连接到交流（AC）电源并使无线通信设备彼此接近，电力被经由包含在充电器和无线通信设备中的内部 EFC 天线，按不接触的方式来传输到无线通信设备中，从而对无线通信设备进行充电。EFC 天线仅被用于传送电力。

[0211] 在电力发送 EFC 天线附近没有电力接收 EFC 天线的情况下，输入到电力发送 EFC 天线的大多数电力被反射回 DC（直流）/AC 变换器。因此，可以抑制无线电波不必要的往外面的发射以及不必要的功率消耗。

[0212] 虽然图中示出的示例涉及对无线通信设备进行充电的情况，但是被充电的设备并不限于无线设备。例如，电力能够被按不接触的方式来传送到音乐播放器或数码相机。

[0213] 图 43 示出了在图 1 所示的 EFC 天线被应用于电力传送的情况下的另一个示例性结构。在所示出的系统中，EFC 天线和表面波传输线路既被用于传送电力又被用于执行通信。

[0214] 在通信和功率传输之间切换的定时由从发送电路单元发送的通信 / 电力发送 -（接收）- 切换信号来控制。可替换地，可以按预定周期来交替地执行通信和电力传输。在这种情况下，通过将充电状态与通信信号一起反馈回充电器，可以将电力发送输出维持在最佳水平。例如，当充电完成时，指示完成的信息被发送到充电器，从而将电力发送输出改为零。

[0215] 虽然在图示的系统中充电器被连接到 AC 电源，但是该系统也可以适用于将电力功率从一个蜂窝电话提供到另一个留有少量电池电力的蜂窝电话的情况。

[0216] 在上文中已经按具体实施例的方式来描述了本发明。但是,应当了解,在不脱离本发明的范围的情况下,本领域的技术人员可以对所述实施例进行修改或做出所述实施例的替换体。

[0217] 在本说明书中,主要描述了应用于按无电缆连接的方式使用电场耦合来传输诸如 UWB 信号之类的数据的通信系统的实施例。但是,本发明的范围并不限于此。本发明同样适用于例如使用与 UWB 通信方案中不同的 RF 信号的通信系统或者使用电场耦合来执行相对较低频率信号的数据传输的通信系统。

[0218] 在本说明书中,主要描述了应用于在一对 EFC 天线之间传送数据的系统的实施例。因为在两个设备之间的信号传输必然涉及能量的传送,所以这种通信系统还可以被应用于电力传送。

[0219] 简而言之,已经通过示例来公开了本发明,并且所述公开不应当被认为是限制性的公开。应当参考用于说明本发明的范围的所附权利要求。

[0220] 本领域技术人员应当了解,在所附权利要求或其等同物的范围内,可以根据设计要求或其他因素来做出各种修改、组合、子组合和变化。

[0221] 相关申请的交叉引用

[0222] 本发明包含涉及在 2006 年 11 月 21 日于日本专利局提出的日本专利申请 JP2006-314458 和在 2007 年 6 月 4 日于日本专利局提出的日本专利申请 JP2007-148671 的主题,所述申请的全部内容通过引用结合于此。

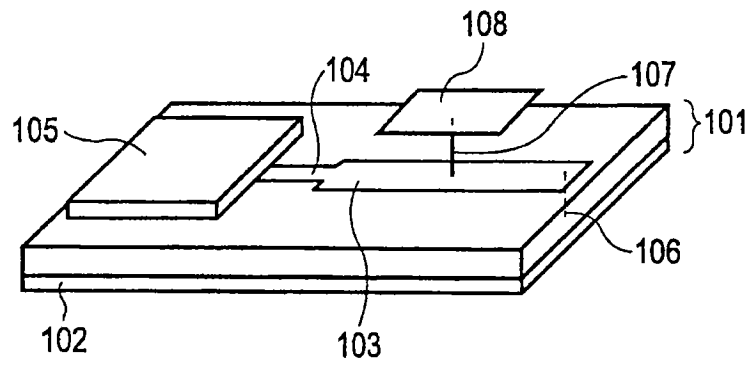


图 1

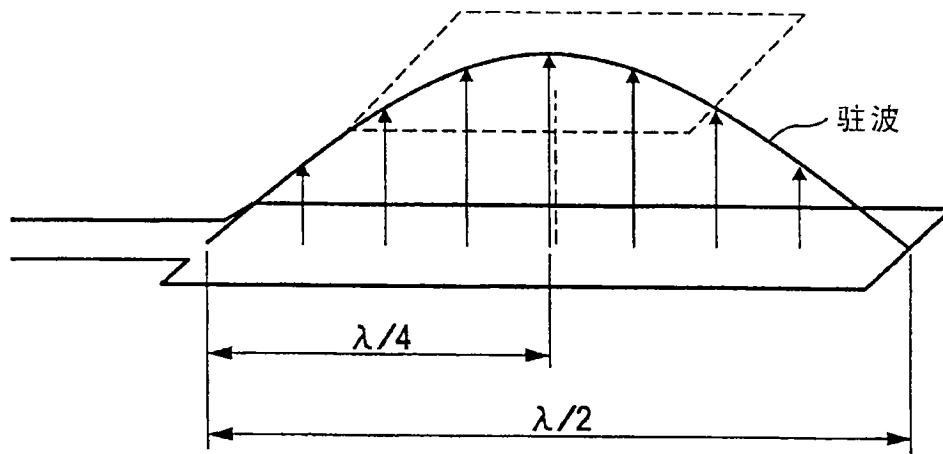


图 2

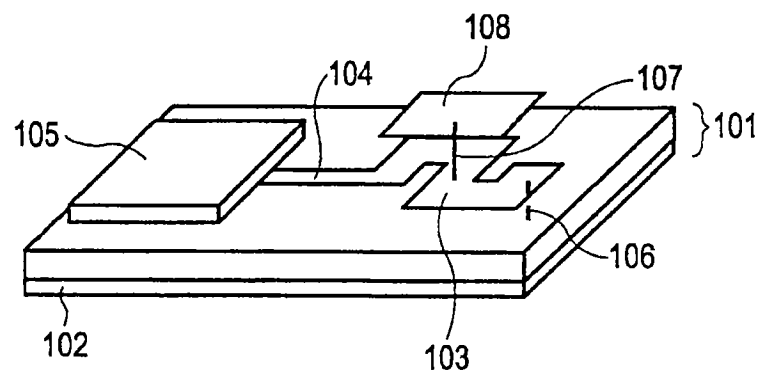


图 3

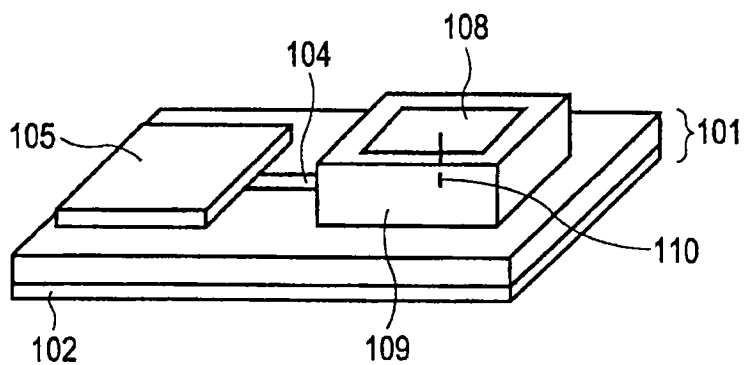


图 4

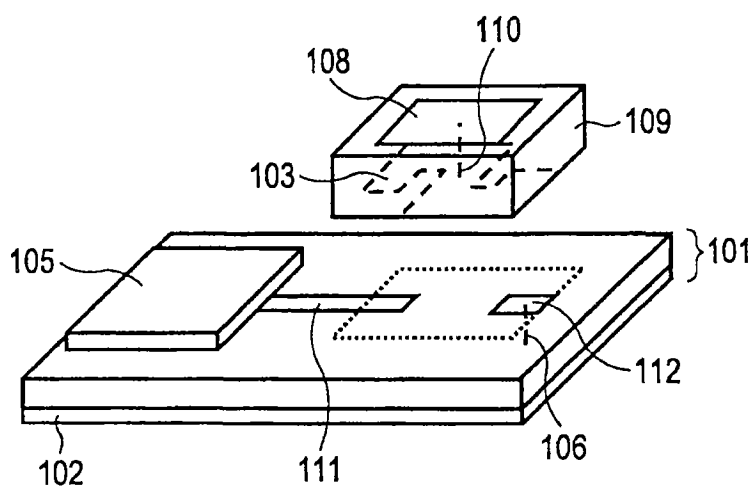


图 5

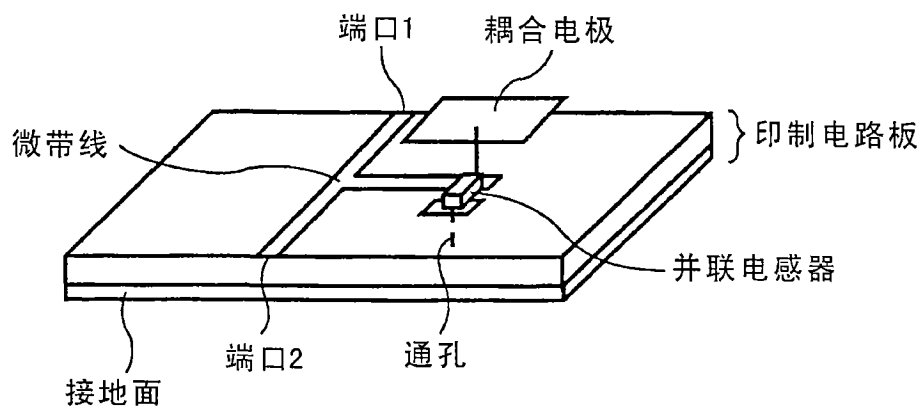


图 6

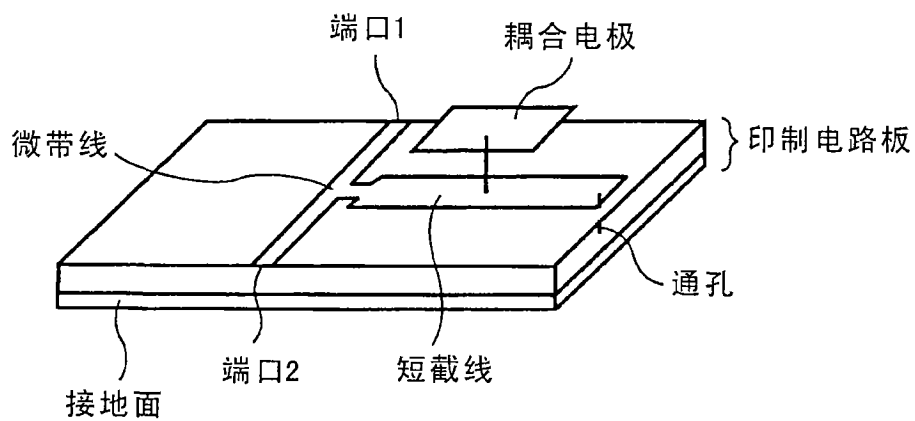


图 7

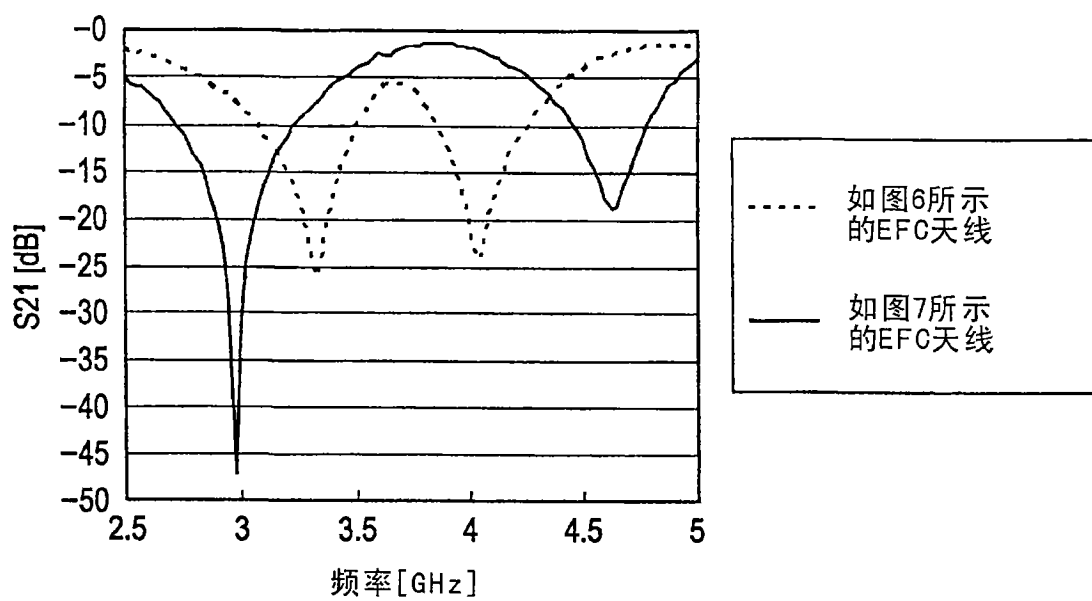


图 8

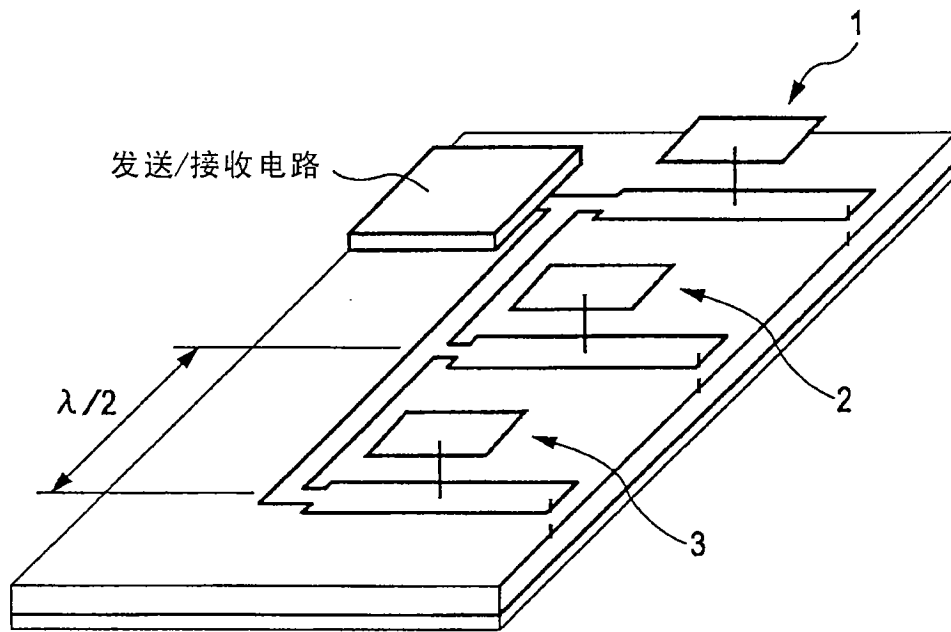


图 9

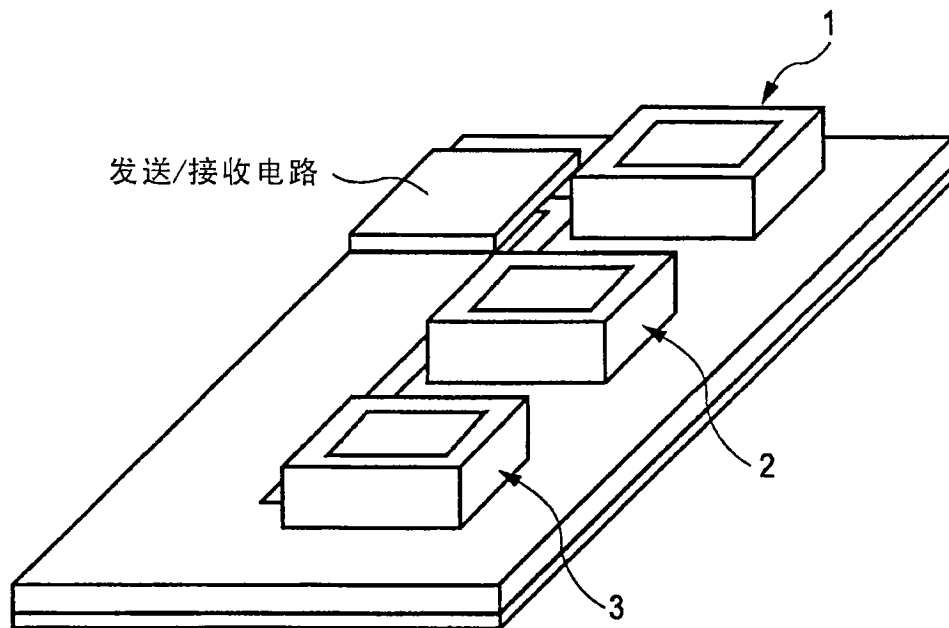


图 10

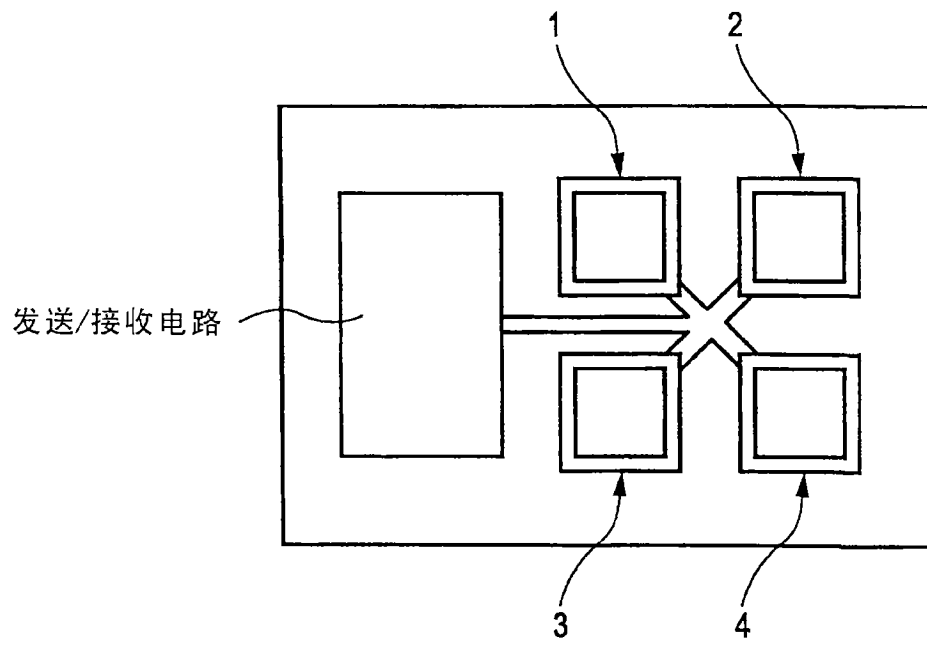


图 11

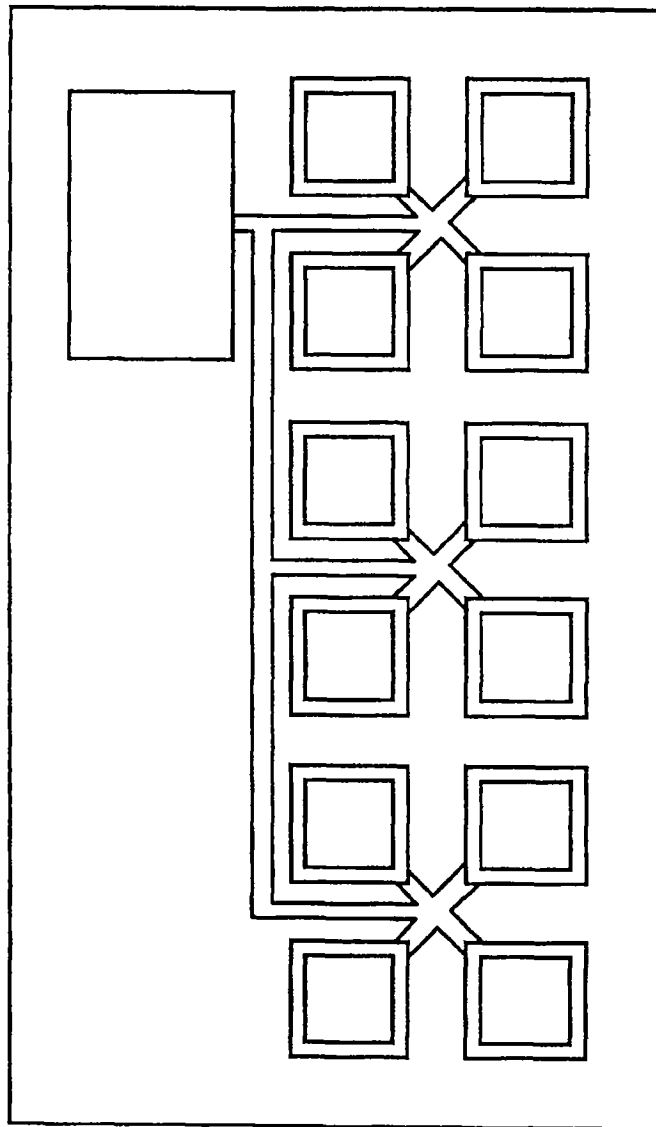


图 12

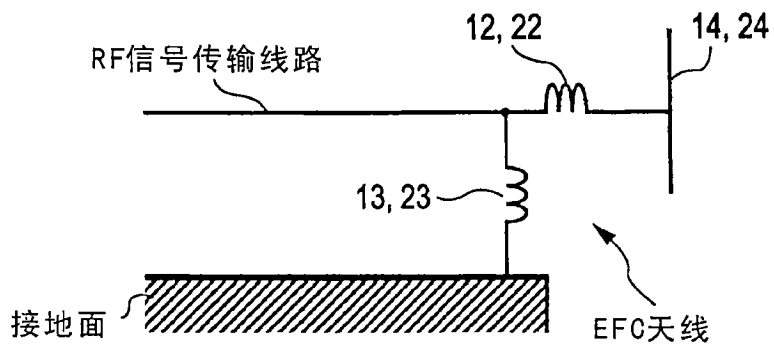


图 13

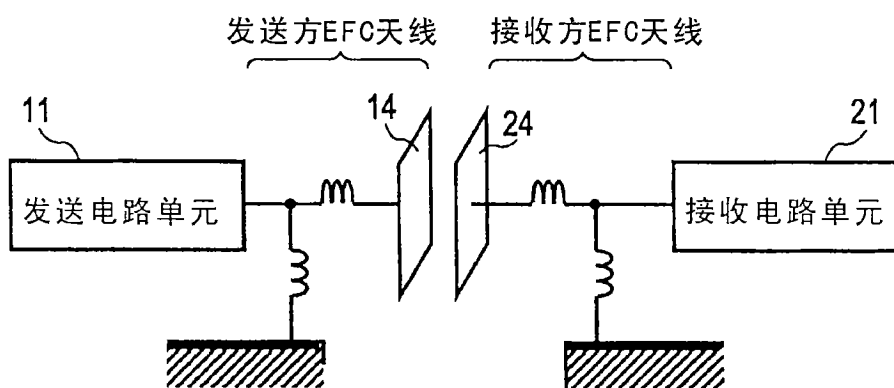


图 14

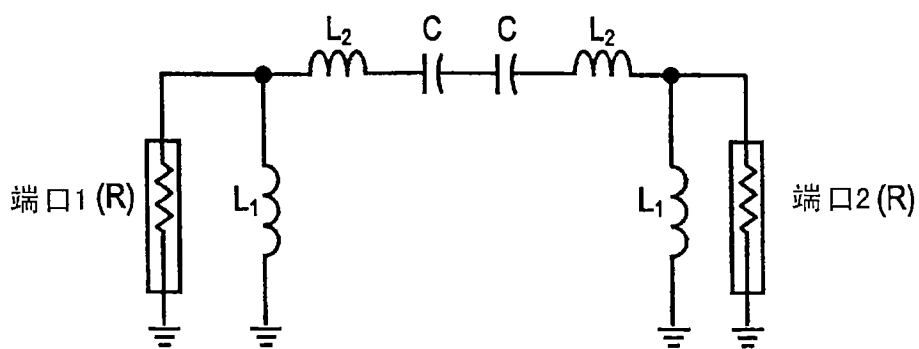


图 15

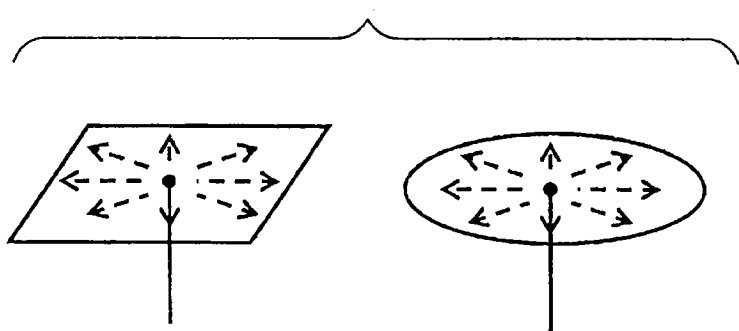


图 16A

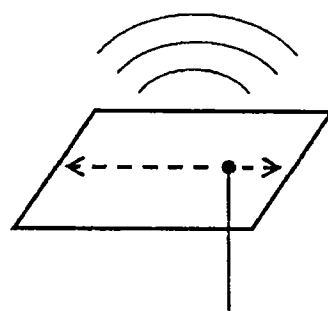


图 16B

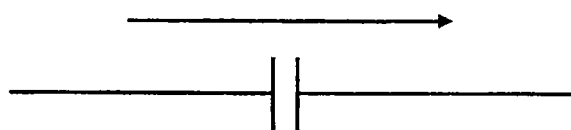


图 17

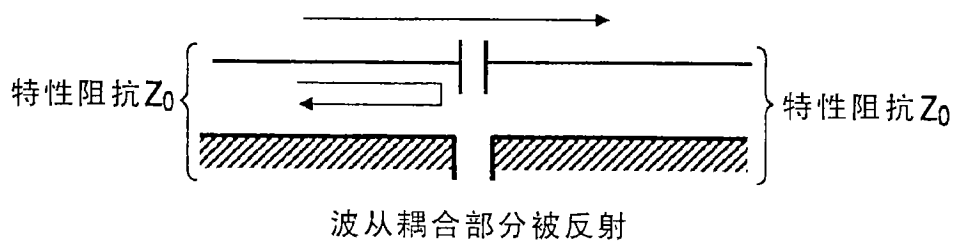


图 18

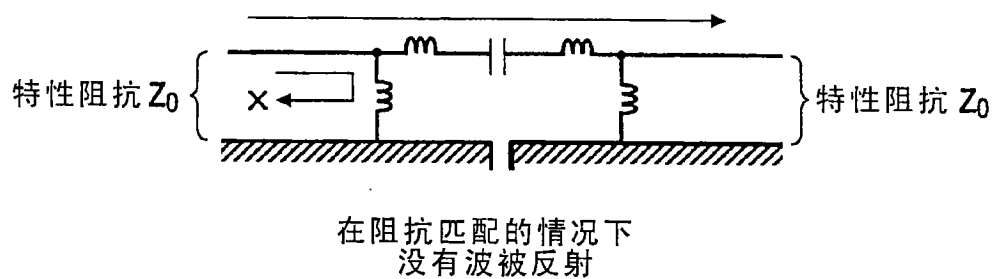


图 19

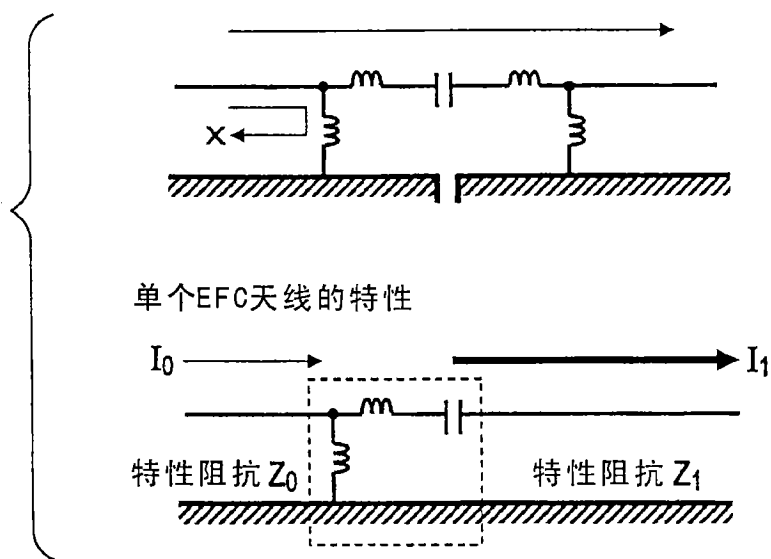


图 20A

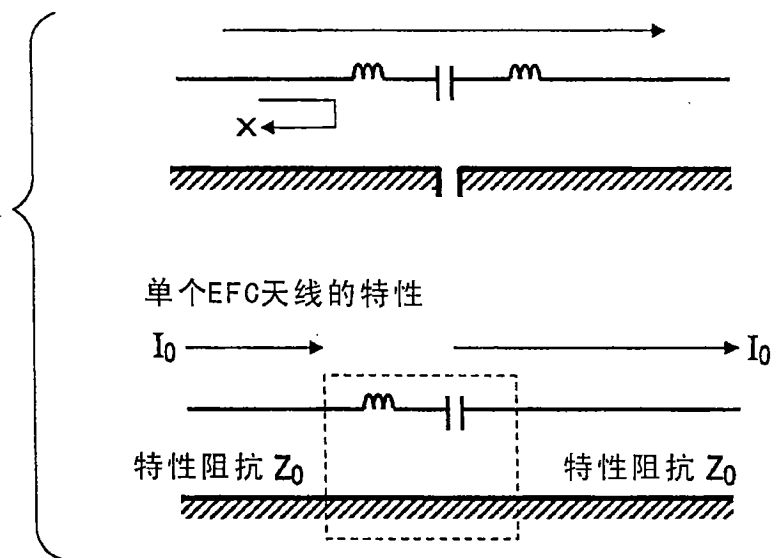


图 20B

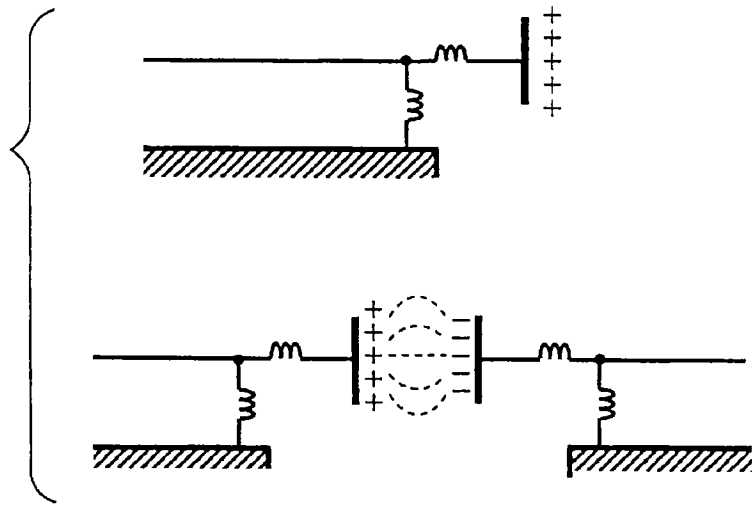


图 21A

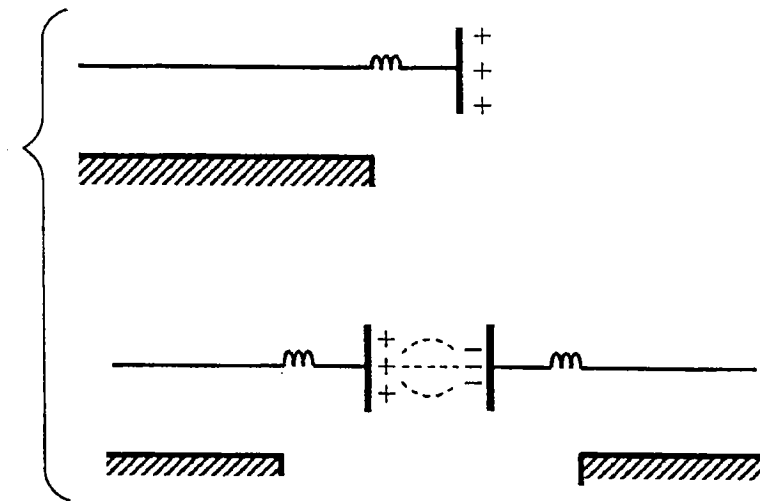


图 21B

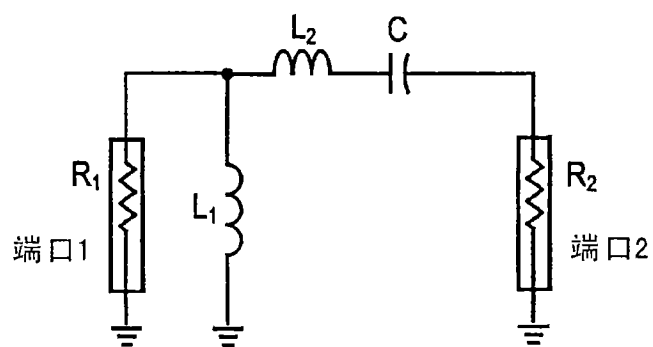


图 22

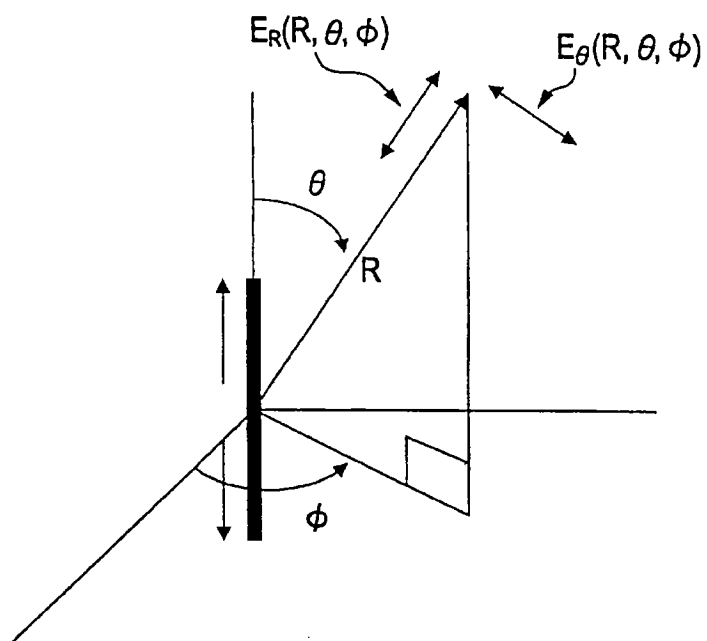


图 23

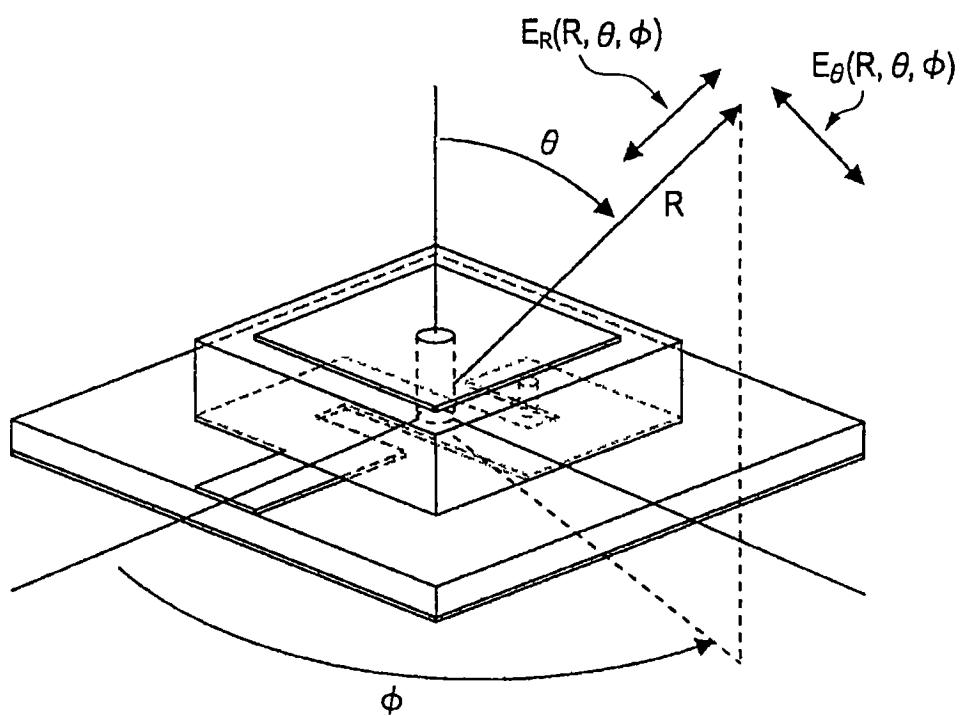


图 24

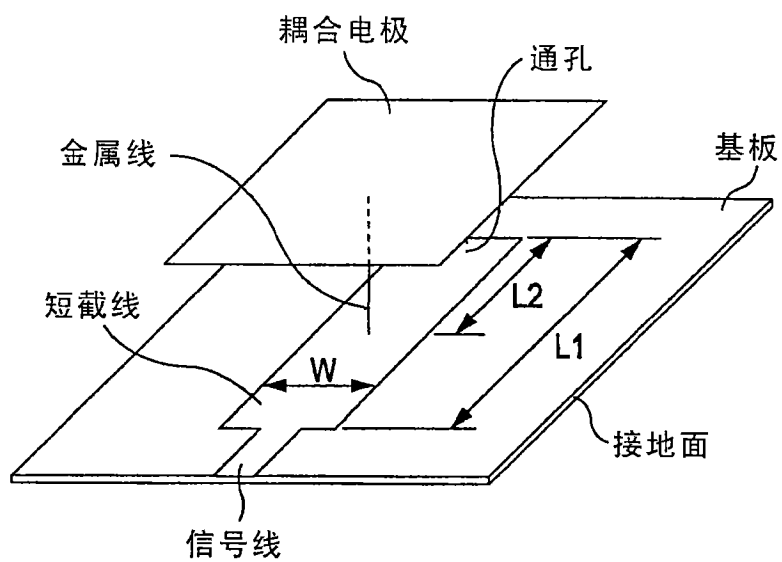


图 25

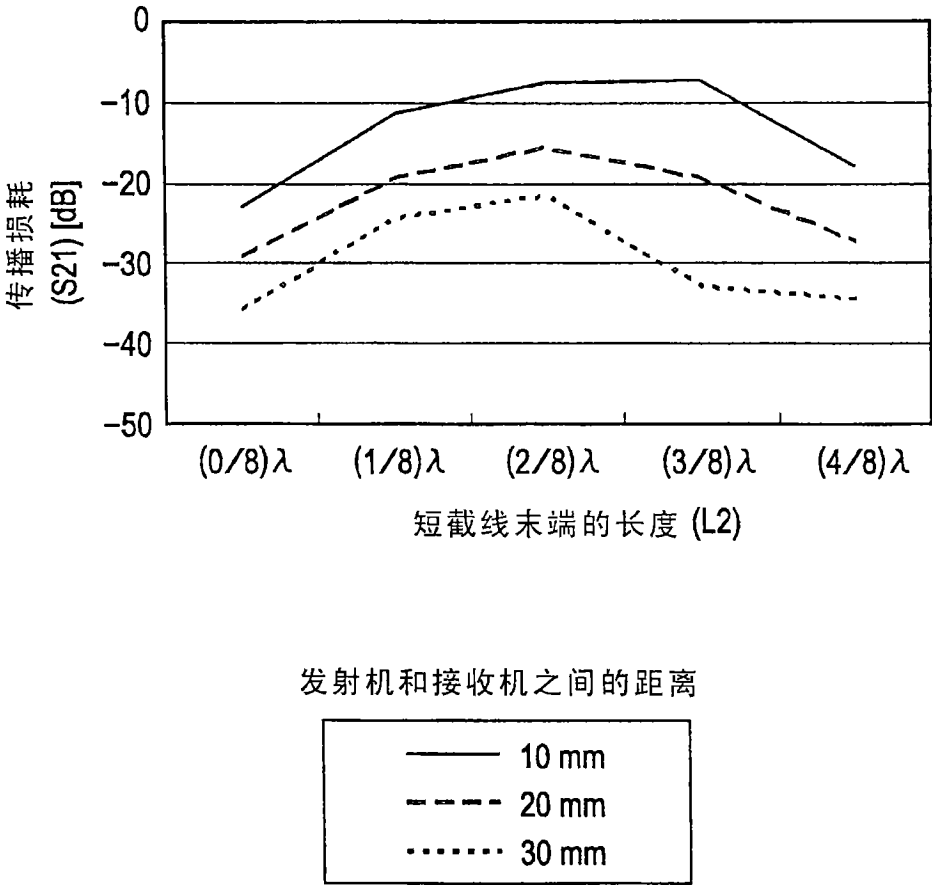


图 26

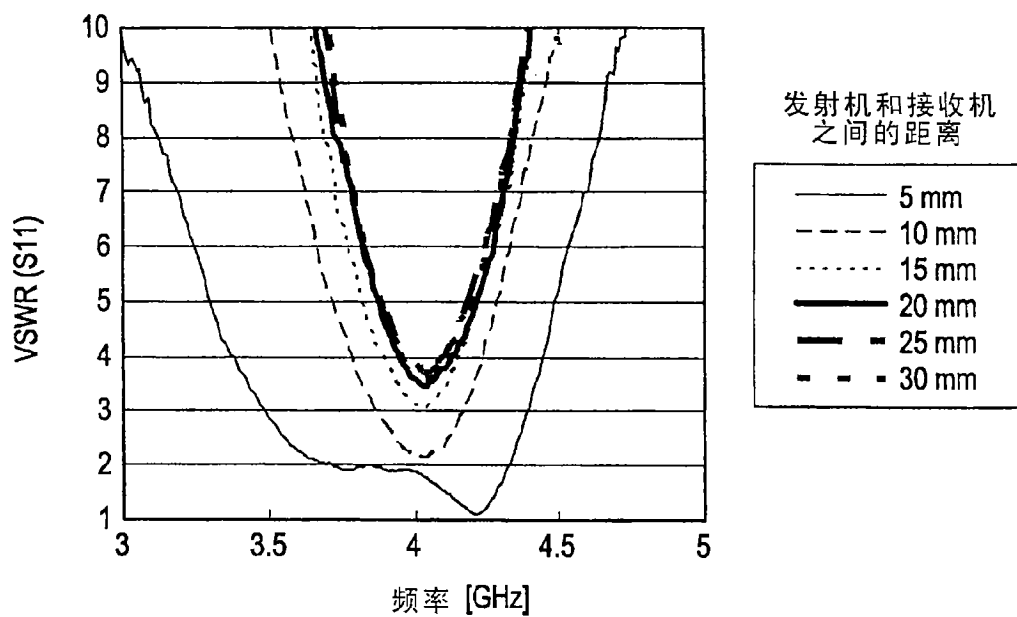


图 27

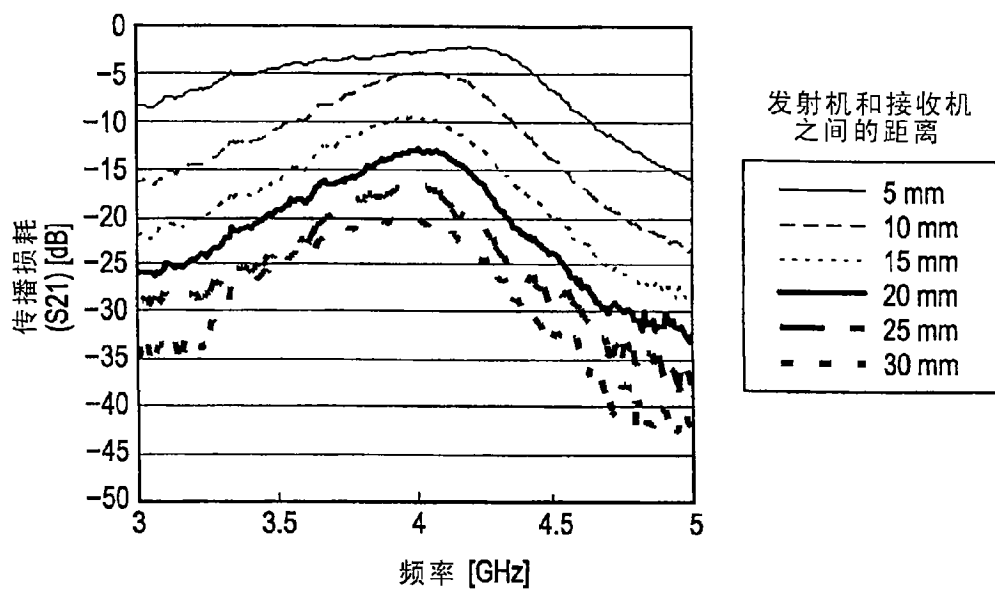


图 28

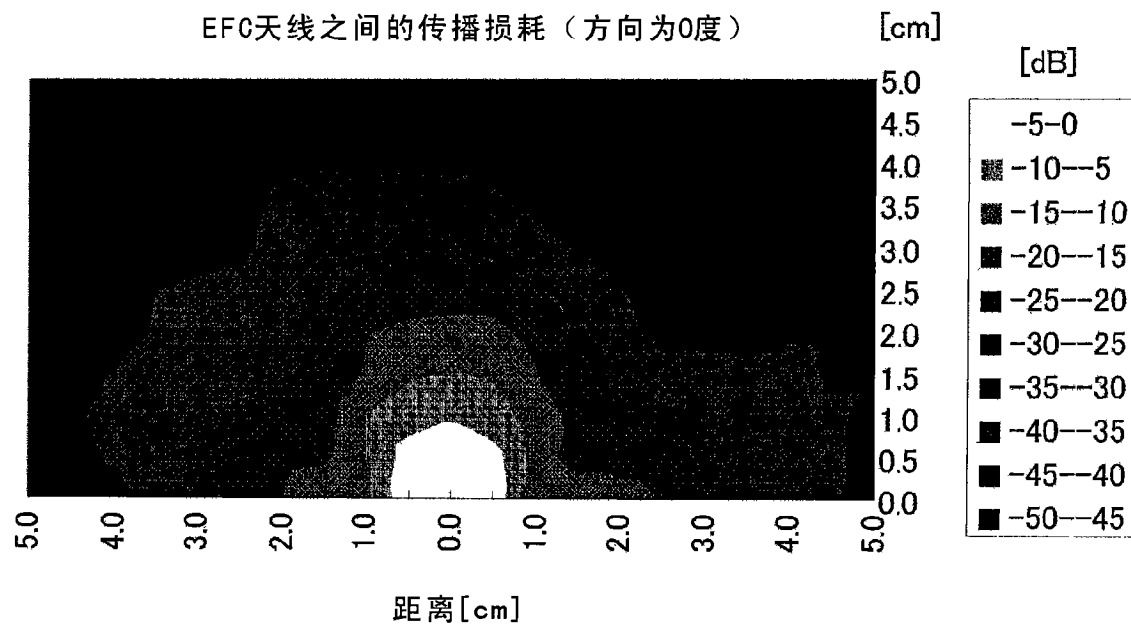


图 29

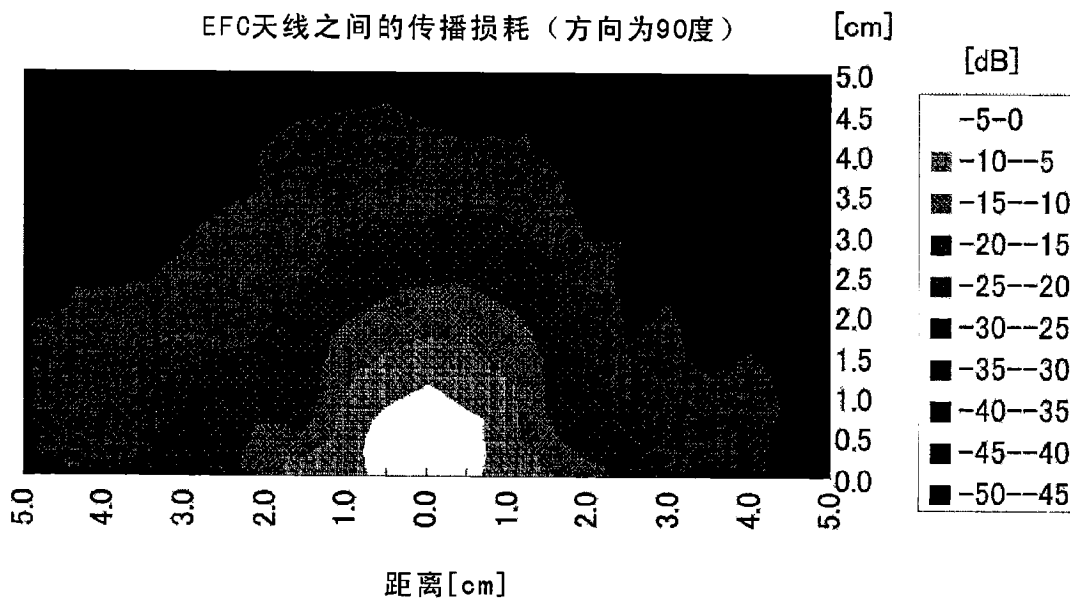


图 30

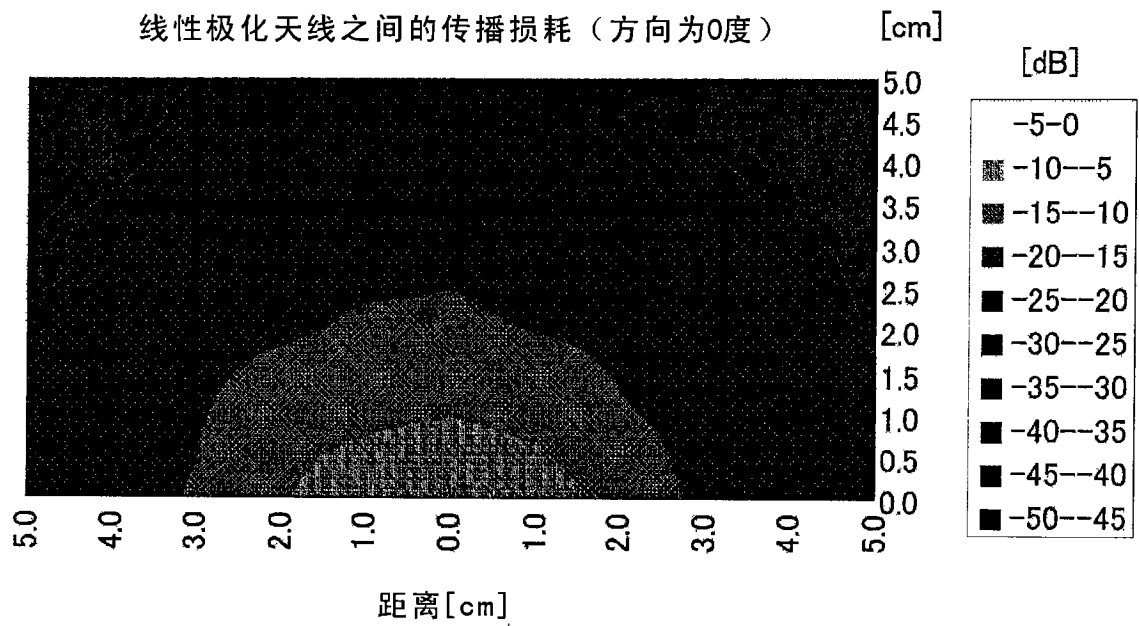


图 31

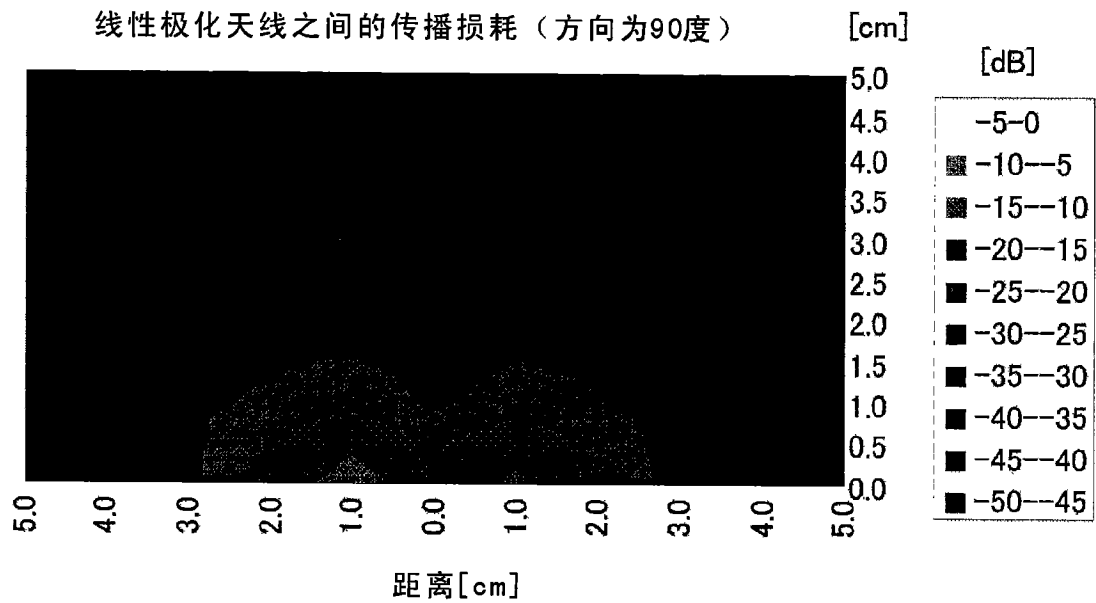


图 32

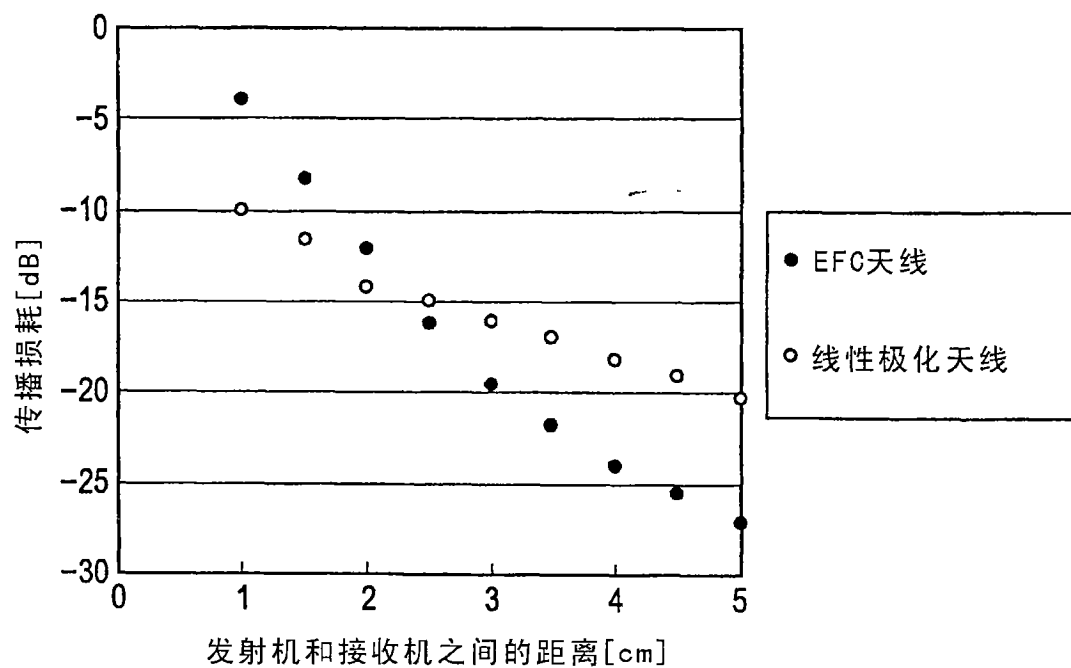


图 33

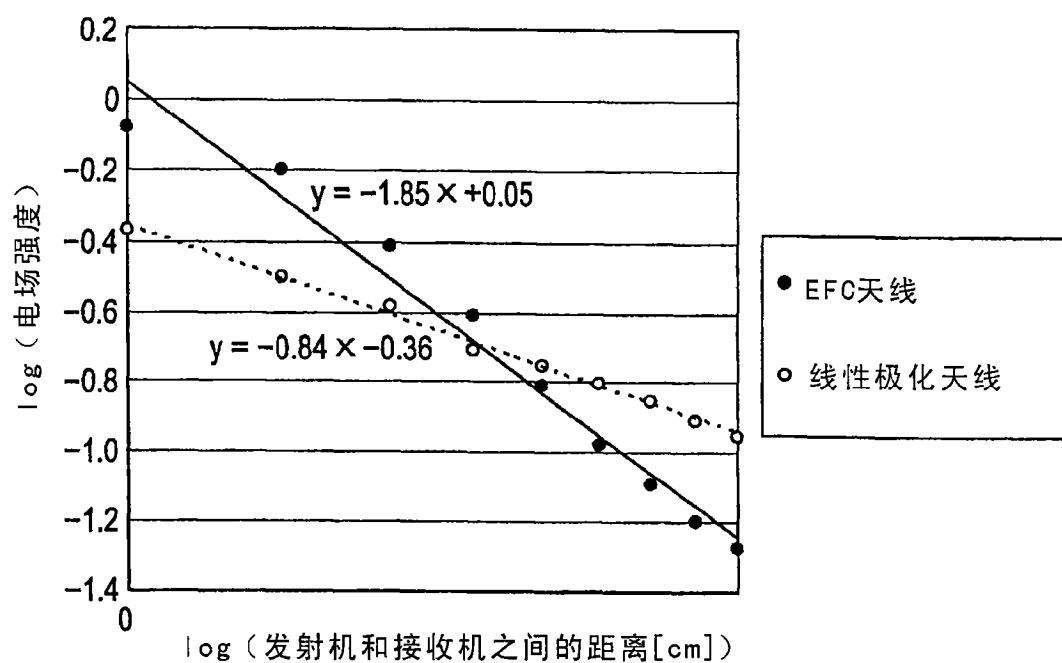


图 34

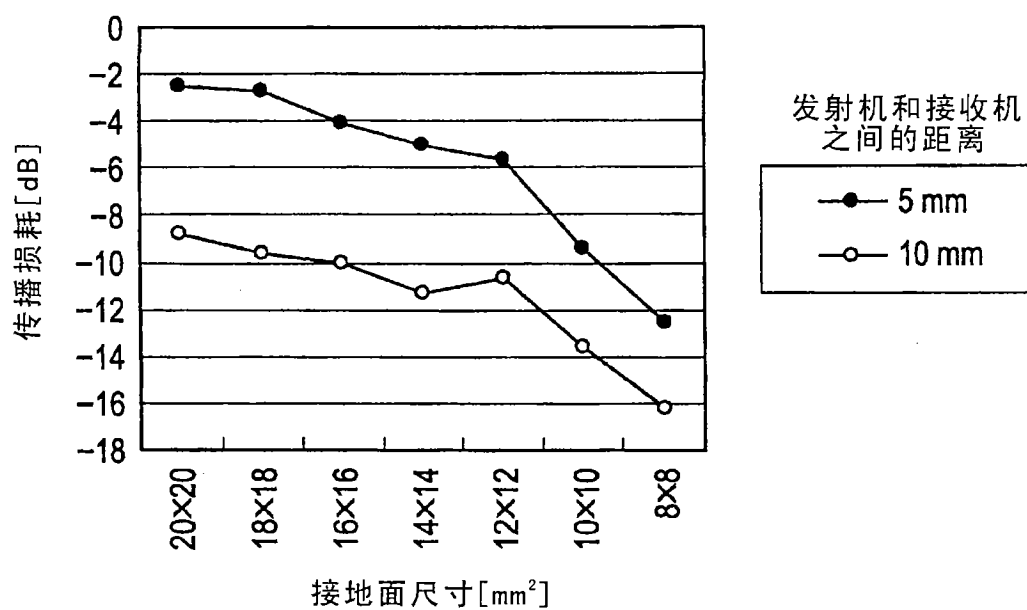


图 35

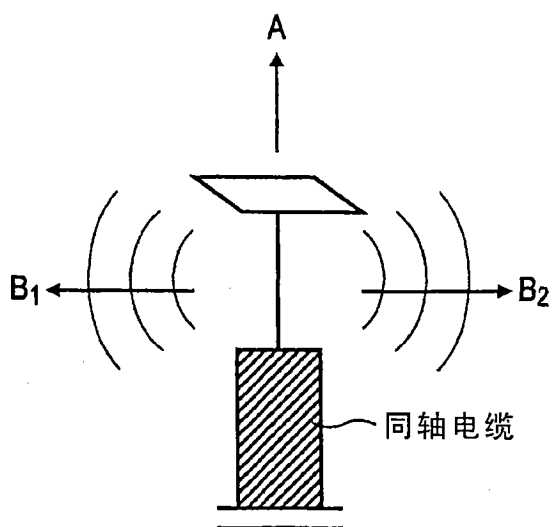
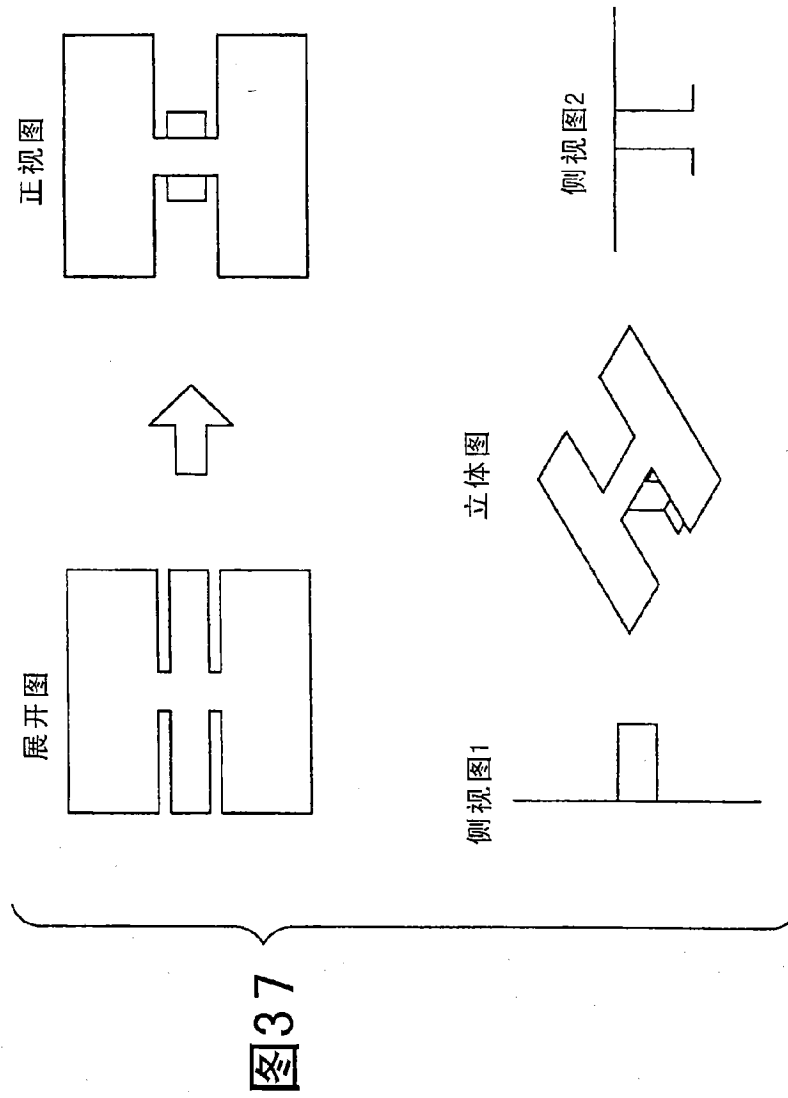
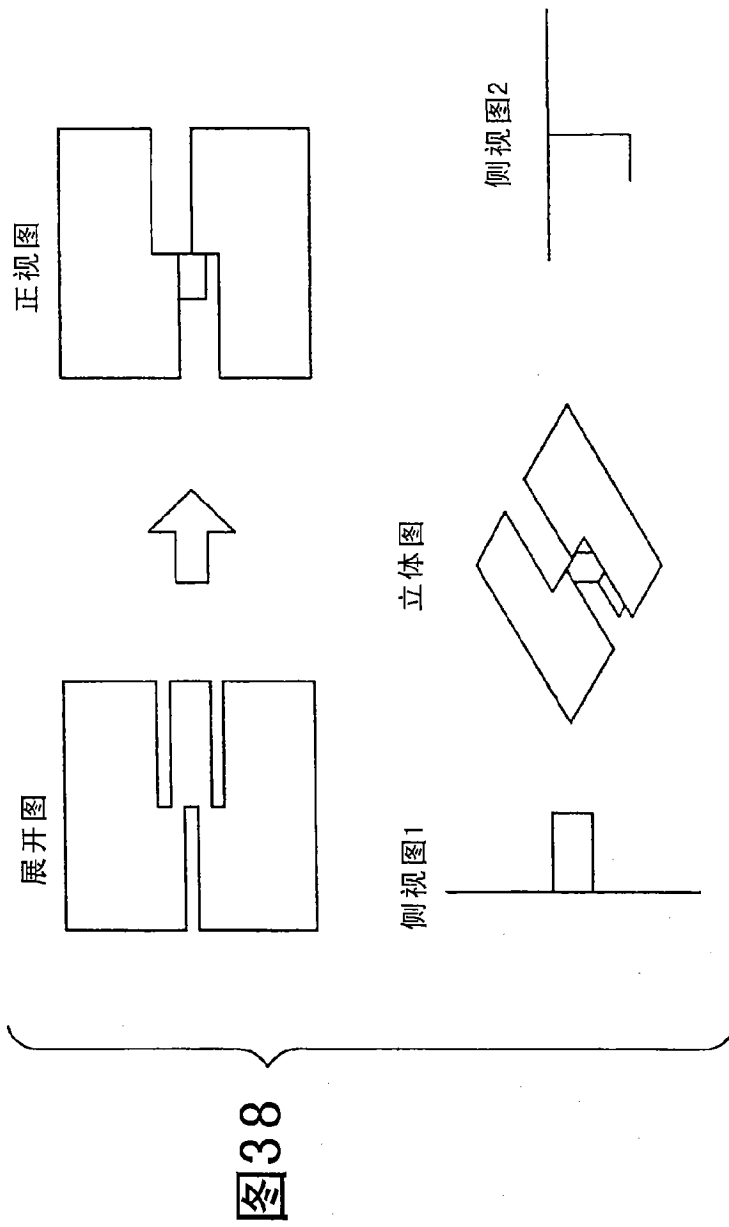
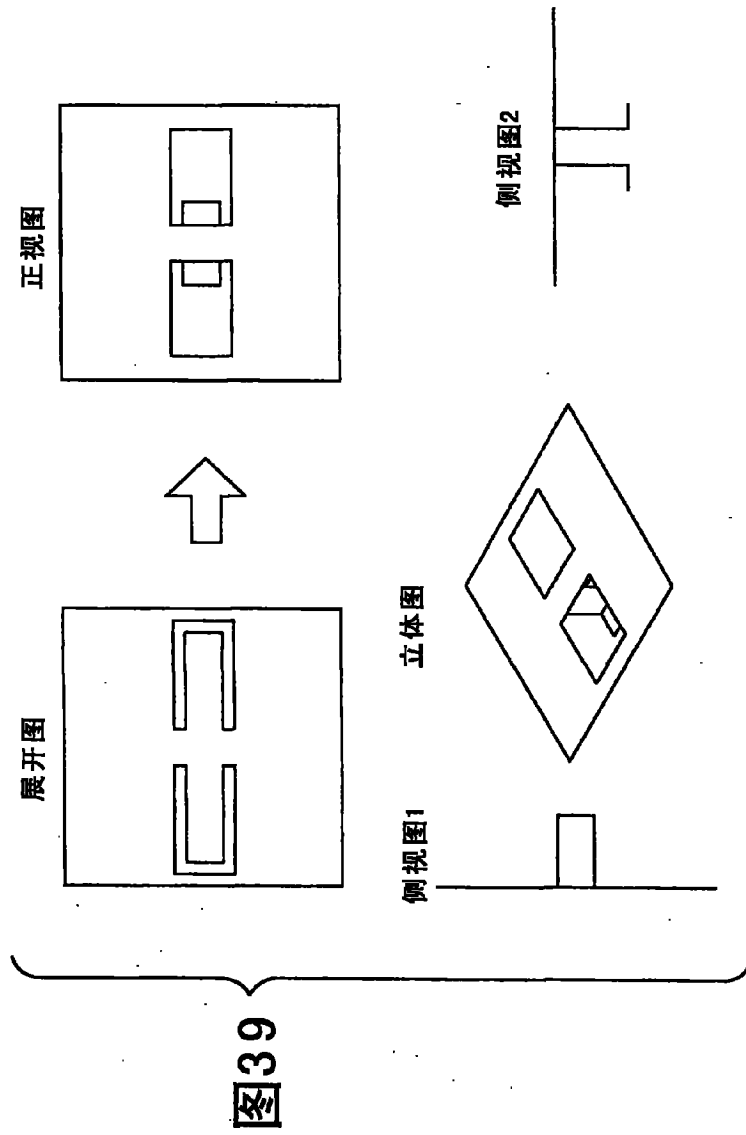


图 36







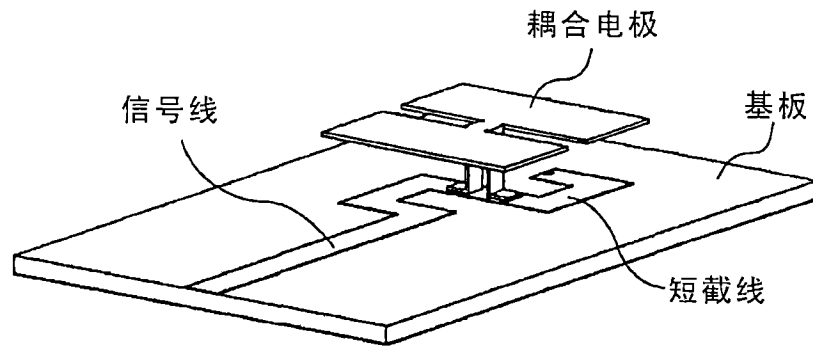


图 40

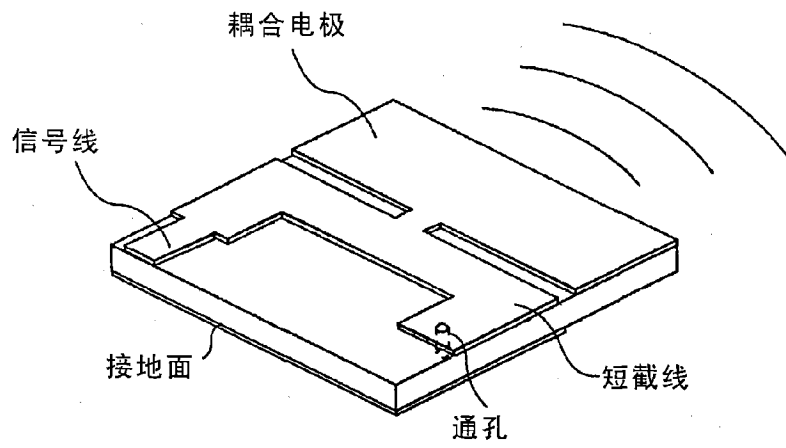


图 41

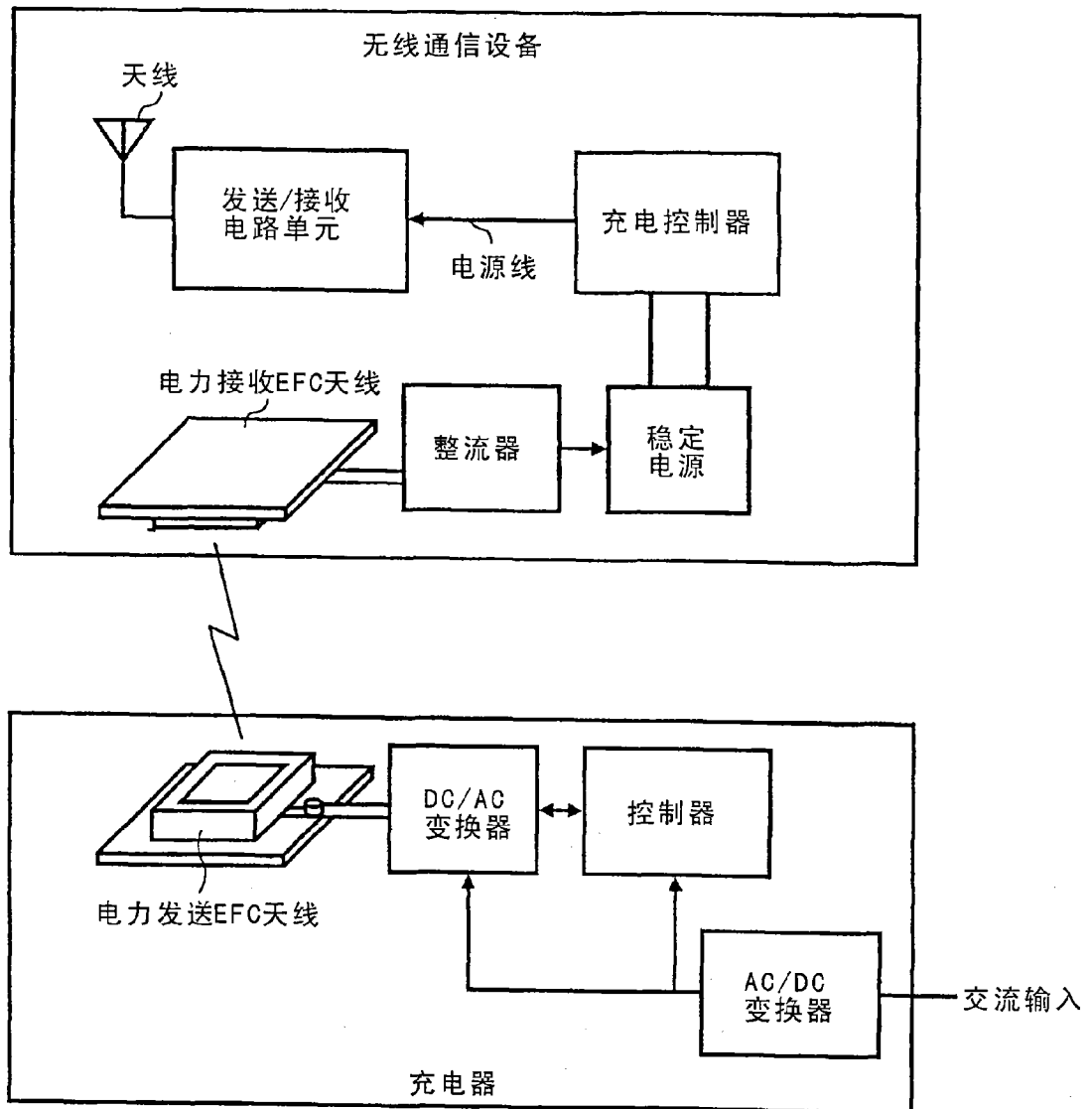


图 42

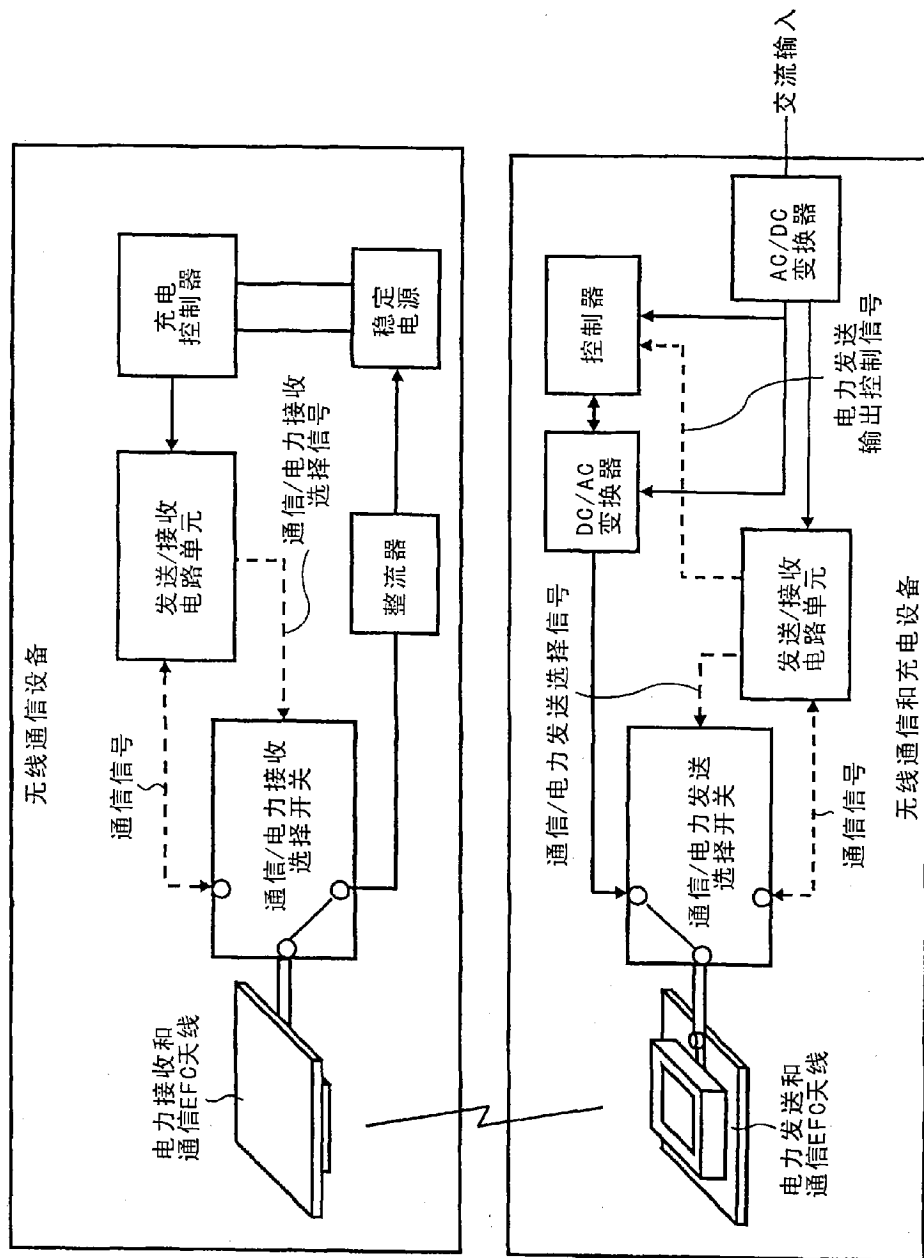


图43