



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104813596 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201380037268.6

(22)申请日 2013.06.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104813596 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(30)优先权数据
61/667,162 2012.07.02 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.01.12

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/048107 2013.06.27

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/008084 EN 2014.01.09

(73)专利权人 康宁光电通信有限责任公司
地址 美国北卡罗来纳州

(72)发明人 塞尔顿·大卫·本杰明
达维德·多梅尼科·福尔图森尼
安东尼·恩戈马 雅各布·乔治

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006
代理人 徐金国 吴启超

(51)Int.Cl.
H04B 10/2575(2006.01)

(56)对比文件
WO 2012024247 A1, 2012.02.23,
CN 101076644 A, 2007.11.21,
WO 2008024183 A2, 2008.02.28,
CN 1191611 A, 1998.08.26,

审查员 胡文好

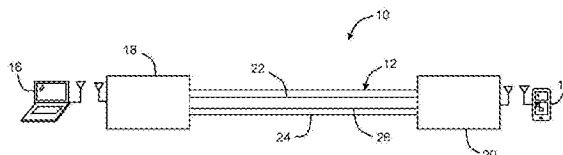
权利要求书2页 说明书15页 附图12页

(54)发明名称

用于射频通信的电缆

(57)摘要

本发明提供一种用于促进例如手持式计算装置的客户端装置(14)与主机装置(16)(例如,台式计算机、膝上计算机、平板装置或任何其他计算装置)之间的通信的基于光纤的通信系统(10)。所述通信系统包括电缆(12),所述电缆包含定位在提供所述客户端装置与所述主机装置之间的通信的光纤的终端处的电子装置,且所述通信通过近场中的电磁耦合在所述电缆的至少一端处发生。



1. 一种用于在主机装置与远离所述主机装置的客户端装置之间进行通信的通信装置，所述通信装置包含：

至少一个光纤，所述光纤包含第一终端及第二终端；

前端单元，所述前端单元光学耦合到在所述第一终端处的所述至少一个光纤，所述前端单元包含经配置以将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第一光电转换器；及
远程天线总成，所述远程天线总成包含将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第二光电转换器，

其中所述远程天线总成进一步包含经配置以在近场中将电磁能量耦合到所述客户端装置的电磁耦合器，所述电磁耦合器包含：

基底，所述基底包含第一表面和与所述第一表面相对的第二表面；

安置在所述基底的所述第一表面上的导电接地面，所述导电接地面界定延伸穿过所述导电接地面的孔径；和

安置在所述基底的所述第二表面上的导电条带。

2. 如权利要求1所述的通信装置，其中经配置以将光学载波光提供到所述远程天线总成的光源定位在所述前端总成中。

3. 如权利要求1所述的通信装置，其中所述电磁耦合器是微带天线。

4. 如权利要求1所述的通信装置，其中所述前端单元进一步包含双工器。

5. 如权利要求1所述的通信装置，其中所述前端单元进一步包含经配置以回应于所接收的RF电信号调制光学载波信号的光学调制器。

6. 如权利要求1所述的通信装置，其中所述前端单元包含经配置以在所述近场中将电磁能量耦合到所述主机装置的电磁耦合器。

7. 如权利要求1所述的通信装置，其中：

所述基底是非金属基底；

所述接地面是金属接地面；及

所述导电条带是与所述接地面实质上平行地延伸的金属条带。

8. 如权利要求1所述的通信装置，所述远程天线总成进一步包含第二电磁耦合器，所述第二电磁耦合器包含：

介电基底，所述基底包含第一表面及与所述第一表面相对的第二表面；及

金属层，所述金属层安置在所述介电基底的所述第一表面上，所述金属层包含条带部分及与所述条带部分相连的衬垫部分。

9. 一种用于在主机装置与远离所述主机装置的客户端装置之间进行通信的通信电缆，所述通信电缆包含：

光纤，所述光纤包含第一终端及第二终端；

前端单元，所述前端单元光学耦合到在所述第一终端处的所述光纤，所述前端单元包含经配置以将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第一光电转换器；及

远程天线总成，所述远程天线总成包含将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第二光电转换器且进一步包含经配置以在近场中以RF频率进行操作的电磁耦合器，所述电磁耦合器包含：

介电基底，所述介电基底包含第一表面及与所述第一表面相对的第二表面；及

金属层,所述金属层安置在所述第一表面上且包含条带部分及与所述条带部分相连的衬垫部分,其中经配置以将光学载波光提供到所述远程天线总成中的所述第二光电转换器的光源定位在所述前端总成中。

10. 如权利要求9所述的通信电缆,其中所述远程天线总成包含微带天线,并且其中所述微带天线包含:第一基底,所述第一基底包括安置在第一侧上的导电接地面;及导电条带,所述导电条带安置在与所述第一侧相对的第二侧上,其中所述导电接地面包含穿过所述导电接地面的孔径,所述孔径经定位为与所述导电条带相对,以使得所述导电条带的长维度垂直于所述孔径的长维度。

用于射频通信的电缆

[0001] 相关申请案

[0002] 本申请案根据专利法请求2012年7月2日提出申请的美国临时申请案第61/667,162号的优先权权利,所述申请案的内容全文以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种用于将客户端电子装置连接到主机电子装置的近场通信系统,且更特别地是其中所述近场通信系统包括基于光纤的电缆,所述电缆包含定位在经配置用于与客户端装置进行近场通信的电缆的终端处的至少一个有源电子装置。

背景技术

[0004] 例如手机的客户端装置与例如个人计算机的主机装置之间的传统通信已利用所述装置之间的直接电接触。例如,通用串行总线(USB)电缆在一个终端处插入到客户端装置中且在另一终端处插入到主机单元中。换句话说,电缆中的电触头与客户端装置中的电触头直接连接,同时在电缆的另一端与主机之间进行相似的连接,且电流通过所述电缆在客户端装置与主机装置之间流动。客户端装置直接电力地系留到主机,且在多数情况下,所述装置通过电缆或装置上的闩锁锁定在一起。

[0005] 在一些情况下,可能需要消除客户端与主机之间的直接实体或电连接或系留。经由铜缆的连接是常见的,但可并不支持例如HD视频的高带宽(>1Gbps)应用程序。另外,电触头可腐蚀且电传导可变得不可靠。配合插座也易受污染及损坏的影响且以针对污染物及湿气可能的侵入提供到便携式装置包装中的开口。另一方面,光学数据通信技术可实现高数据速率,且光学连接可容易受污染损坏。

[0006] 最近,已开发促进客户端装置与主机装置之间的无线电波通信的技术。连接到主机的天线定位在预定位置处,例如在封闭区域(例如,房间)内,其中天线传播信号以形成在具有以米或几十米测量的有效范围的远场中操作的微型小区。例如,天线可能放置在传播信号的会议室中,所述信号出于实际目的不延伸到会议室的墙壁之外。此种分布式系统利用远场或辐射区中的电磁波。

[0007] 大容量毫米波无线技术可支持例如高清视频的高带宽应用程序,但需要高功率、高增益的天线阵列、射束控制及其他先前技艺。

发明内容

[0008] 描述一种具有与传递高数据速率连接性(>1Gbps)的客户端装置的极短距离无线连接的通信系统,所述通信系统对污染及未对准具有包容性、具有对便携式客户端装置的极低功率损耗,或可用于为便携式装置充电。

[0009] 本文所公开的系统、链路及电缆包含至少一个极短距离接口,所述接口并不需要接口装置(主机或客户端)之间的直接电连接来促进射频(RF)信号在装置与通信电缆之间的传输。如本文中所使用,“极短距离”意味着无线链路的范围可在近场中,例如,小于10cm,

小于2cm,小于500 μm ,且在一些情况下小于10 μm 。例如,所述系统可经设计以在电磁近场中操作。发射及接收耦合器(例如天线)经适当地调整大小以用于将与所述耦合器相关联的应用程序和装置及操作频率。例如,近场在一些情况下可被视为等于电磁耦合器的厚度的距离,如本文中所描述。能量转移通过将发射天线的近场中的大部分能量耦合到接收天线而不是通过将大部分电磁波能量传播到远(或辐射)场发生。远场包括与大多数类型的天线之间的距离等于或大于约数个波长的电磁波(例如,无线电波和微波)。然而,应注意,在近场与远场之间不存在不同的边界。

[0010] 通过本文中所公开的通信电缆的实施方式形成的链路和主机及/或客户端装置可免于外部电磁干扰,导致防止在电缆的任一端或两端处的无线信号之间以及来自电缆外部的干扰。此情况产生在电缆的末端处的安全无线链路。此外,此情况允许电缆在60GHz频带处利用全7GHz光谱。此外,此情况使得通信电缆与例如在60GHz频带中操作的所有无线系统完全兼容。短无线耦合范围及EM屏蔽消除了多路径效应的可能性,因为传输仅为视觉线,所以收发器中所需的数字信号处理得以显著简化,从而导致低功率消耗。

[0011] 本文中所公开的通信系统利用在光纤电缆的一个终端处的前端单元与在光纤电缆的相对终端处的远程单元之间的光学通信。在需要时,光纤在电缆的有源组件之间的实施允许可超过100米的电缆长度。例如,可容易以在介于1GHz与60GHz的范围中的传输频率实施大于500米的电缆长度。通信电缆尤其可用于在60GHz的频率下的通信,且包括用于基带至RF调制及RF至基带解调制的电子组件。

[0012] 对于低功率消耗及连接器形状因数降低,电缆的客户端装置端(例如,远程天线单元,RAU)可包括反射式电吸收调制器(Reflective Electro-Absorption Modulator;REAM)作为光电收发器且不包括激光。在一些实施方式中,RAU不包括双工器(例如,光学或电循环器)及/或放大器。装置端连接采用EM耦合,其中天线经简化为带状线。带状线天线可为行波带状线。

[0013] 本文中所公开的主机装置与通信电缆之间的连接可为基带式(直接电连接)或60GHz无线式。如本文中所使用,信号的基带带宽是信号在调制及复用之前,或在解复用及解调制之后的带宽。在某些实施方式中,在基带处调制光学信号。

[0014] 本文中所公开的通信电缆可包括导体(例如,一或多个铜线)以将电功率传递到前端单元或远程天线总成组件,且在一些实施方式中也传递到客户端装置。

[0015] 本文中所公开的通信电缆的装置端(RAU)可包含嵌入式磁体以提供RAU与客户端装置之间或前端单元(HEU)与主机装置之间的附接及对准。

[0016] 在一个方面中,公开一种用于在主机装置与远离所述主机装置的客户端装置之间进行通信的通信链路,所述通信链路包含:至少一个光纤,所述光纤包含第一终端及第二终端;前端单元,所述前端单元光学耦合到在所述第一终端处的所述至少一个光纤,所述前端单元包含经配置以将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第一光电转换器;远程天线总成,所述总成包含将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第二光电转换器;及其中所述远程天线总成进一步包含经配置以在近场中将电磁能量耦合到客户端装置的电磁耦合器。电磁耦合器可为经配置以在近场中操作的微带天线。

[0017] 通信链路可包括光源,所述光源经配置以通过至少一个光纤将光学载波光提供到远程天线总成并定位在前端总成中。

[0018] 前端单元可进一步包含双工器,例如,电或光学循环器,或光学耦合器。

[0019] 前端单元可进一步包含经配置以回应于所接收的RF电信号调制光学载波信号的光学调制器。

[0020] 前端单元可包含经配置以在近场中将电磁能量耦合到主机装置的电磁耦合器。

[0021] 微带天线可包含第一非金属基底,所述基底包含第一表面及与所述第一表面相对的第二表面;安置在所述基底的第一表面上的金属接地面,所述接地面界定延伸穿过所述接地面的孔径;及金属条带,所述条带定位在所述基底的第二表面上且与所述接地面实质上平行。所述孔径可是矩形的,且所述金属条带可与所述孔径的边缘正交。

[0022] 或者,所述微带天线可包含介电基底,所述基底包含第一表面及与所述第一表面相对的第二表面;金属层,所述金属层安置在包含条带部分及接插部分的所述第一表面上;及其中所述条带部分及所述接插部分是相连的。

[0023] 在另一方面中,描述一种在主机装置与客户端装置之间形成无线通信系统的方法,所述方法包含:通信链路,所述通信链路包含前端单元及远程天线总成,所述前端单元及所述远程天线总成通过光纤处于光学通信中,所述远程天线总成包含经配置以在近场中与所述客户端装置电磁耦合的电磁耦合器;接近远程天线总成定位客户端装置;使用电磁耦合器在近场中从客户端装置无线接收RF信号;通过光纤从前端单元接收在远程天线总成处的光学载波信号;使用所接收的RF信号对在远程天线总成处的光学载波信号进行RF调制;通过光纤将经RF调制的光学载波信号光学传输到前端总成;将经RF调制的光学载波信号转换为RF电信号;及将RF电信号传输到主机装置。

[0024] 无线接收可包括在电磁近场中在客户端装置与第一收发器总成之间进行电磁耦合。电磁耦合器可包含:第一非金属基底,所述基底包含第一表面及与所述第一表面相对的第二表面;安置在所述基底的第一表面上的金属接地面,所述接地面界定延伸穿过所述接地面的孔径;及金属条带,所述条带定位在所述基底的第二表面上且与所述接地面正交。

[0025] 远程天线总成可包含:介电基底,所述基底包含第一表面及与所述第一表面相对的第二表面;金属层,所述金属层安置在包含条带部分及接插部分的所述第一表面上;及其中所述条带部分及所述接插部分是相连的。

[0026] 远程天线总成可进一步包含反射式电吸收调制器。

[0027] 远程天线总成可包含电循环器。

[0028] 在又另一方面中,公开一种用于在主机装置与远离所述主机装置的客户端装置之间进行通信的通信电缆,所述通信电缆包含:光纤,所述光纤包含第一终端及第二终端;前端单元,所述前端单元光学耦合到在所述第一终端处的所述光纤,所述前端单元包含经配置以将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第一光电转换器;远程天线总成,所述总成包含将所接收的光学信号转换为电信号或反之亦然的第二光电转换器,且进一步包含经配置以在近场中以RF频率进行操作的电磁耦合器,及其中经配置以将光学载波光提供到所述远程天线总成中的所述第二光电转换器的光源定位在前端总成中。

[0029] 第二光电转换器可为反射式电吸收调制器。

[0030] 远程天线总成可包含微带天线。

[0031] 微带天线可包含:第一基底,所述第一基底包括安置在第一侧上的导电接地面;及导电条带,所述导电条带安置在与所述第一侧相对的第二侧上,及其中导电接地面包含穿

过所述接地面的孔径,所述孔径经定位为与所述导电条带相对,以使得导电条带的长维度垂直于孔径的长维度。

[0032] 远程天线总成可包括用于可卸除地将远程天线总成及通信电缆与客户端装置磁性耦合的至少一个磁体。

[0033] 将在以下具体实施方式中阐述另外的特征及优点,且所述特征及优点将部分地易于由本领域的技术人员根据所述描述显而易见,或通过实践本文(包括以下具体实施方式、权利要求书以及附图)所述的实施方式而了解。

附图说明

[0034] 图1为经展示为通过射频传输将主机装置连接到客户端装置的基于光纤的通信电缆的示意图;

[0035] 图2为图1的通信电缆的详细示意图;

[0036] 图3为图1及图2的通信电缆的HEU的详细示意图;

[0037] 图4为图1及图2的通信电缆的远程天线单元(RAU)的详细示意图;

[0038] 图5为本文中所公开的通信电缆的另一实施方式的详细示意图;

[0039] 图6为经展示为将主机装置连接到客户端装置的基于光纤的通信电缆的示意图;

[0040] 图7为图6的通信电缆的详细示意图;

[0041] 图8为图6的通信电缆的前端单元(HEU)的详细示意图;

[0042] 图9为图6的通信电缆的远程天线单元(RAU)的详细示意图;

[0043] 图10为可用于图6的通信电缆的电磁(EM)耦合器电路的透视图,展示组成的EM耦合器。

[0044] 图11为与图6的通信电缆一起使用的替代性实施方式RAU的详细示意图;

[0045] 图12为与图6的通信电缆一起使用的另一替代性实施方式RAU的详细示意图;

[0046] 图13为与图6的通信电缆一起使用的RAU的另一替代性实施方式的详细示意图;

[0047] 图14为与图5的通信电缆一起使用的HEU的替代性实施方式的详细示意图;

[0048] 图15为与根据本发明的通信电缆一起使用的HEU的另一替代性实施方式的详细示意图;

[0049] 图16为与本文中所公开的通信电缆的实施方式一起使用的EM耦合器的透视图;

[0050] 图17为图16的EM耦合器的横截面侧视图;

[0051] 图18为图16的如所见从图17的视图旋转90度的EM耦合器的横截面侧视图;

[0052] 图19为根据本文所公开的操作实施方式的极相邻的两个EM耦合器的横截面视图;

[0053] 图20为根据本文中所公开的实施方式的通信系统的一部分的透视图,并图示电缆与主机装置之间的连接布置;

[0054] 图21为近场通信系统的示意图,其中如本文中描述的光电链路的远程天线单元(RAU)经定位为与基底(例如桌面)相邻,且其中光电电缆的相对前端单元(HEU)直接耦合到主机装置;及

[0055] 图22为近场通信系统的示意图,其中如本文中描述的光电链路的远程天线单元(RAU)经定位为与基底(例如桌面)相邻,且其中光电电缆的相对前端单元(HEU)无线式电磁耦合到主机装置。

[0056] 图23为近场通信系统的示意图,其中如本文中描述的光电链路的远程天线单元(RAU)经定位在经配置以固持客户端装置的对接夹具之内,且其中光电电缆的相对前端单元(HEU)无线式电磁耦合到主机装置。

具体实施方式

[0057] 在以下详细描述中,出于解释的目的且不加以限制,阐述公开具体细节的实例实施方式以提供对本发明的透彻理解。然而,将对受益于本发明的益处的所述领域的一般技术人员显而易见的是,本文中所公开的实施方式可经部分或完全地在背离本文所公开的具体细节的其他实施方式中实践。此外,可省略对熟知装置、方法及材料的描述以便不模糊对本发明的描述。最终,在任何适用的情况下,相同元件符号指代相同元件。

[0058] 图1中展示高数据速率无线射频(RF)通信系统10的实施方式。虽然射频可延伸超过宽频范围,如本文中所使用的RF意在表示在一频率范围内,所述频率范围通常在约1GHz与约100GHz之间,例如在约10GHz与约100GHz之间,在约20GHz与约100GHz之前,在约30GHz与约100GHz之前,在约40GHz与约100GHz之前,在约50GHz与约100GHz之间,或在约60GHz与约100GHz之间延伸。根据本发明实施方式,RF通信系统10包括将电子客户端装置14耦合到电子主机装置16的光电电缆12。客户端装置14可为例如便携式电子装置(例如手持式装置),包括但不限于手机(例如智能手机)或平板计算装置。主机装置16可包含例如通信网络装置或计算装置(例如,台式计算机、膝上计算机或大型计算机)。在一些实例中,光电电缆12可经配置以在等于或大于约60Gbps的数据速率下操作。

[0059] 光电电缆12包含定位在电缆的第一终端处的前端单元(HEU)18和定位在电缆的第二终端处的远程天线单元(RAU)20。至少一个光纤22在前端单元与远程天线单元之间延伸并连接以上两者,且提供HEU18与RAU20之间的光学通信。至少一个光纤22可为单模光纤,但在其他实施方式中可为多模光纤。光电电缆12还可包括安置在至少一个光纤22上方的外部电缆护套24(参见图2)。电缆护套可由向护套内所含的光纤提供机械保护的聚合材料形成。光电电缆12可仅含有单个光纤,或光电电缆12可含有多个光纤。光电电缆12可进一步包括在HEU18与RAU20之间延伸并可包含在电缆护套24之内的导体26,例如金属线(例如铜)。导体26可例如用于将电功率从主机装置16分配到HEU18及/或RAU20内所容置的电阻件或电子组件,但在一些实施方式中也可用于将电功率分配到电子客户端装置14。光电电缆12在一些实施方式中可为轻型及便携式整体结构。整体结构表示光纤、电缆护套、HEU18及RAU20为自含(独立)设计,从而形成易于输送的接插线。例如,根据本文所公开的实施方式的电缆可易于以人的口袋输送。光电电缆12的长度在一些实施方式中可小于一米,但在其他实施方式中,光电电缆12的长度可延伸到一或多个数十米,例如,长度等于或大于约10米或长度等于或大于约20米。光电电缆12的长度仅受产生足够的光学功率以通过至少一个光纤22传输GHz频率信号的能力的限制。然而,应强调,在本文所描述的每一实施方式中,由元件符号18、20及22表示的光电电缆组件(或如可能描述的所述组件的其他变化及实施方式)不需要组装为整体结构。

[0060] 现参照图2至图3,在一个实施方式中,HEU18为执行电光(E/O)信号转换及/或光电(O/E)信号转换的有源电子单元,且所述前端单元经配置为以电磁方式(例如通过射频(RF)波)传输及/或接收电信号。HEU18可进一步经配置以例如通过去除电子噪音及/或放

大信号来处理信号。在本实施方式中,HEU 18包含短距离天线30a,所述短距离天线在近场中通过位于电子主机装置16内的相应短距离天线30b将经调制射频信号传输到电子主机装置16及/或从电子主机装置16接收经调制射频信号。HEU 18经配置以在电磁近场中短距离传输及接收电磁辐射,所述电磁近场可相隔等于或小于约10cm、等于或小于约5cm,及甚至等于或小于约2cm的距离,其中所述距离尤其为频率函数。然而,如本文中所描述的传输距离可近似传输载波的数个波长。例如,大于约2个波长。短传输距离使得HEU的功率要求能够为极小的。

[0061] 仍参照图2至图3,HEU 18进一步包含双工器32,例如分别包含第一端口32a、第二端口32b及第三端口32c的多端口HEU电循环器32。HEU电循环器32的第一端口32a电耦合到HEU短距离天线30a。如本文中所使用,“电耦合”意味着直接电连接。HEU电循环器32的第二端口32b电耦合到第一HEU放大器34。第一HEU放大器34又通过第一HEU带通滤波器38电耦合到第二HEU放大器36。第二HEU放大器36经配置以通过HEU调制器42调制第一HEU激光40的光学输出,并电耦合到HEU调制器42。当至少一个光纤22为单模光纤时,第一HEU激光40可为单模激光。当至少一个光纤22为多模光纤时,第一HEU激光40可为单模激光或多模激光。第一HEU激光40可包含例如垂直腔表面发射激光(VCSEL)二极管。

[0062] HEU 18进一步包含:多端口HEU光学耦合器44,所述耦合器分别包含第一端口44a、第二端口44b及第三端口44c;及双工器,例如分别包含第一端口46a、第二端口46b及第三端口46c的HEU光学循环器46。HEU调制器42的输出光学耦合到HEU光学耦合器44的第一端口44a。HEU光学耦合器44的第二端口44b光学耦合到HEU光学循环器46的第一端口46a。又,HEU光学循环器46的第二端口46b光学耦合到至少一个光纤22的第一端48。多端口HEU光学耦合器44的第三端口44c光学耦合到第二HEU激光二极管50。第二HEU激光50可为例如垂直腔表面发射激光(VCSEL)二极管。HEU光学循环器46的第三端口46c光学耦合到HEU光电探测器52,所述HEU光电探测器电耦合到第三HEU放大器54。第三HEU放大器54的输出通过第二HEU带通滤波器57电耦合到HEU电循环器32的第三端口32c。

[0063] 现参照图2及图4,RAU 20为执行电光(E/O)信号转换及/或光电(O/E)信号转换的有源电子单元,且所述有源电子单元经配置为以电磁方式(例如通过射频(RF)波)通过自含天线及包含客户端装置14的相应天线传输及/或接收电信号。RAU 20包含反射式电吸收调制器(R-EAM)58。R-EAM 58可用作下行链路信号(主机到客户端装置的通信)的光电转换器以及上行链路(客户端到主机装置的通信)的光学振幅调制器。因此,对于上行链路通信,R-EAM基本上起电光转换器的作用。RAU 20进一步包含第一双工器,例如,分别包含第一端口60a、第二端口60b及第三端口60c的RAU电循环器60。至少一个光纤22的第二端56光学耦合到反射式电吸收调制器(R-EAM)58,所述调制器又电耦合到第一RAU电循环器60的第一端口60a。第一RAU循环器60的第二端口60b电耦合到第一RAU放大器62,所述放大器又电耦合到第一RAU带通滤波器64。

[0064] RAU 20进一步包含第二双工器,例如,分别包含第一端口66a、第二端口66b及第三端口66c的RAU电循环器66。第一RAU带通滤波器64的输出电耦合到第二RAU电循环器66的第一端口66a。第二RAU电循环器66的第二端口66b电耦合到RAU短距离天线68a,所述天线经配置以在近场中以通常近似等于或小于10cm、等于或小于5cm及甚至等于或小于2cm的距离传输或接收电磁辐射。另外,第二RAU电循环器66的第三端口66c电耦合到第二RAU带通滤波器

70的输入。第二RAU带通滤波器70的输出又通过第二RAU放大器72电耦合到第一RAU电循环器60的第三端口60c。

[0065] 图2至图4进一步图示在HEU 18与RAU 20之间延伸并包含HEU 18及RAU 20的导电体26。为简化图2,导电体26经展示为未连接到HEU 18或RAU 20内的组件。然而,应注意,导电体26可连接到HEU 18或RAU 20内需要电功率的任何组件。例如,导电体26可充当供电线,可从所述供电线电耦合HEU 18及/或RAU 20内的电组件或电子组件。导电体26可通过与主机16及/或客户端装置14的一或多个组件的直接电接触而激励,或导电体26可以电磁方式(无线方式)激励而无需导体之间的直接实体接触。例如,主机16内的电线圈可用于开发激励HEU 18内的相应电线圈(未展示)的电磁场,其中HEU 18内的电线圈与导电体26电气通信。可使用合适的整流器电路在HEU 18内开发DC电流。在其他实施方式中,可利用近场功率传输。为简单起见,图3及图4图示连接到HEU 18及RAU 20内的所选组件的导电体26。然而,导电体26可与HEU 18或RAU 20内需要电功率的任何一或多个组件电气通信。另外,可将导电体26放置为与客户端装置14直接电气通信,以使得客户端装置14可由主机装置16通过导电体26再充电或供电,或RAU 20可能经配置以通过无线功率传输向客户端装置14提供电功率。

[0066] 在信息待从主机装置16传送到客户端装置14的一个实例中,例如计算机的主机装置16产生射频信号,所述射频信号经路由到接近HEU天线30a(在电磁近场内)的天线30b,以使得在HEU天线30a中产生相应的RF信号。在HEU天线30a处产生的RF信号经引导到HEU电循环器32的第一端口32a,其中HEU电循环器32通过HEU电循环器32的第二端口32b将RF信号路由到第一HEU放大器34。RF信号由第一HEU放大器34放大并接着由第一HEU带通滤波器38滤波以去除电噪声。第一HEU带通滤波器38的输出经传输到第二HEU放大器36。第二HEU放大器36是电连接到HEU调制器42的驱动器放大器。HEU调制器42从第一HEU激光40接收光学载波光,所述载波光是由HEU调制器42调制的振幅,从而将电RF信号转换为光学RF信号。来自HEU调制器42的光学RF信号由多端口HEU光学耦合器44通过HEU光学耦合器44的第一端口44a接收且接着经引导到HEU光学循环器46的第一端口66a并接着引导到至少一个光纤22,其中光学RF信号经传输到RAU 20。

[0067] 在RAU 20处,通过光纤22传输的光学RF信号由反射式电吸收调制器(R-EAM) 58接收。R-EAM 58将光学RF信号转换为电RF信号并将电RF信号引导到第一RAU电循环器60的第一端口60a。将电RF信号从第一RAU电循环器60通过RAU电循环器60的第二端口60b引导到第一RAU放大器62,接着引导到第一RAU带通滤波器64,然后通过第一端口66a引导到第二RAU电循环器66。第二RAU电循环器66又引导电RF信号经过第二端口66b到达与便携式装置16内的相应短距离天线68b电磁通信的RAU短距离天线68a。

[0068] 对于从客户端装置14到主机装置16的通信,信号跃迁如下进行。客户端装置14所产生的电RF信号由客户端装置14内的天线68b接收,所述天线将电RF信号传输到RAU短距离天线68a。将RAU短距离天线68a内产生的电RF信号路由到第二RAU电循环器66的第二端口66b。第二RAU电循环器66接着将电RF信号从端口66c引导到第二RAU带通滤波器70,所述滤波器随后将电RF信号引导到第二RAU放大器72。第二RAU放大器72又将电RF信号馈送到第一RAU电循环器60的第三端口60c,其中电RF信号经引导到R-EAM 58。同时,第二HEU激光二极管50产生第二光学载波光,所述光经路由分别穿过多端口HEU耦合器44的第二端口44b及第

三端口44c并接着通过HEU光学循环器端口46a及46b路由到至少一个光纤22。第二光学载波光通过至少一个光纤22到达R-EAM 58。R-EAM 58根据从第二RAU放大器72接收的RF信号调制第二光学载波光,并将现在的经RF调制的第二光学载波光反射到HEU光学循环器46的第二端口46b。经RF调制的第二光学载波光由HEU光学循环器46通过第三端口46c引导到HEU光电二极管52并由HEU光电二极管52转换为RF电信号。RF电信号是由第三HEU放大器54从HEU光电二极管52接收的并通过第二HEU带通滤波器57引导到HEU电循环器32的第三端口32c。通过第一端口32a将RF信号从HEU电循环器32引导到HEU天线30a,其中RF信号经传输到包含主机装置16的短距离天线30b。

[0069] 虽然上文所描述的前述传输/接收路由是依据近场传输表达的,但在远场中长距离的传输通过选择适当的天线也是可能的。

[0070] 图5图示通信系统100的另一实施方式,所述通信系统类似于图2中所示的通信系统10,不同之处在于天线30a及30b由主机装置16与HEU 18之间的实体接触电连接取代。例如,主机装置16和HEU 18两者可包含驻留在配合连接器(未展示)内的电触头,在配合时,所述电触头可产生在主机装置内的信号线与HEU 18内的电信号线110之间的接触。在使主机装置16的电触头与HEU 18的电触头机械接触时,在主机装置16与第一HEU循环器32之间形成直接电RF信号连接,如电信号线110所表示。除了在主机装置16与HEU 18之间传输以外,通信系统100(及光电电缆12)的操作如针对前述实施方式所描述般的发生。

[0071] 图6及图7展示高数据速率通信系统200的实施方式,所述通信系统包含将电子客户端装置214耦合到电子主机装置216的光电电缆212。客户端装置214可为例如便携式电子装置(例如手持式装置),包括但不限于手机或平板计算装置。主机装置216可包含例如通信网络装置或计算装置(例如,台式计算机、膝上计算机或大型计算机)。

[0072] 光电电缆212包含定位在电缆的第一终端处的前端单元(HEU) 218和定位在电缆的第二终端处的远程天线单元(RAU) 220。至少一个光纤222在HEU 218与RAU 220之间延伸,并提供HEU 218与RAU 220之间的光学通信。然而,可在光电电缆212内采用多个光纤。至少一个光纤222可为单模光纤,但在一些实施方式中可为多模光纤。电缆212还可包括安置在至少一个光纤上方的外部电缆护套224(参见图2)。电缆护套可由向护套内所含的至少一个光纤提供机械保护的聚合物材料形成。电缆212可进一步包括在HEU 218与RAU 220之间延伸并可包含在电缆护套224之内的导体226,例如金属线(例如铜)。导体226可例如用于将电功率分配到HEU 218及/或RAU 220内所容置的电组件或电子组件,但在一些实施方式中也可用于如前文所描述以电磁方式(无线方式)或通过直接电连接将电功率分配到电子客户端装置214。

[0073] 参照图7至图8,HEU 218进一步包含双工器,例如分别包含第一端口232a、第二端口232b及第三端口232c的第一多端口HEU电循环器232。第一HEU电循环器232的第一端口232a通过电信号线210电耦合到主机装置216。例如,主机装置216可通过连接器直接电耦合到HEU 218。第一HEU电循环器232的第二端口232b电耦合到第一HEU放大器234。第一HEU放大器234又通过第一HEU带通滤波器238电耦合到第二HEU放大器236。第二HEU放大器236经配置以通过HEU调制器242调制第一HEU激光二极管240的光学输出,并电耦合到HEU调制器242。当至少一个光纤222为单模光纤时,第一HEU激光240可为单模激光。当至少一个光纤222为多模光纤时,第一HEU激光240可为单模激光或多模激光。第一HEU激光240可为例如垂

直腔表面发射激光 (VCSEL) 二极管。

[0074] HEU 218可进一步包含:第二双工器,例如,分别包含第一端口244a、第二端口244b及第三端口244c的多端口HEU光学耦合器244;及第三双工器,例如,分别包含第一端口246a、第二端口246b及第三端口246c的第二HEU光学循环器246。HEU调制器242的输出光学耦合到HEU光学耦合器244的第一端口244a。HEU光学耦合器244的第二端口244b光学耦合到第二HEU光学循环器246的第一端口246a。又,第二HEU光学循环器246的第二端口246b光学耦合到至少一个光纤222的第一端248。多端口HEU光学耦合器244的第三端口244c光学耦合到第二HEU激光250。第二HEU激光250可为例如垂直腔表面发射激光 (VCSEL) 二极管。

[0075] HEU光学循环器246的第三端口246c光学耦合到HEU光电探测器252,所述HEU光电探测器电耦合到第三HEU放大器254。第三HEU放大器254的输出通过第二HEU带通滤波器257电耦合到HEU电循环器232的第三端口232c。

[0076] 现参照图9,RAU 220包含反射式电吸收调制器 (R-EAM) 258。RAU 220可进一步包含双工器,例如分别包含第一端口260a、第二端口260b及第三端口260c的第一RAU电循环器260。至少一个光纤222的第二端256光学耦合到反射式电吸收调制器 (R-EAM) 258,所述调制器又电耦合到第一RAU电循环器260的第一端口260a。第一RAU电循环器260的第二端口260b电耦合到第一RAU放大器262,所述放大器又电耦合到第一RAU带通滤波器264。

[0077] RAU 220可进一步包含第二双工器,例如,分别包含第一端口266a、第二端口266b及第三端口266c的RAU电循环器266。第一RAU带通滤波器264的输出电耦合到第二RAU电循环器266的第一端口266a。第二RAU电循环器266的第二端口266b电耦合到RAU电磁耦合器280a。另外,第二RAU电循环器266的第三端口266c电耦合到第二RAU带通滤波器270的输入。第二RAU带通滤波器270的输出又通过第二RAU放大器272电耦合到第一RAU电循环器260的第三端口260c。

[0078] 图7及图9进一步图示在HEU 218与RAU 220之间延伸的导体226。为简化图2,导体226经展示为未连接到HEU 218或RAU 220内的所选组件。然而,应注意,导体226可连接到HEU 218或RAU 220内需要电功率的任何组件。例如,导体226可充当可电耦合HEU 218及/或RAU 220内的电组件或电子组件的供电线。导体226可通过与主机装置216的一或多个组件的直接电接触而激励,或导体226可以电磁方式激励。例如,主机216内的电线圈可用于开发激励HEU 218内的相应电线圈(未展示)的电磁场,其中HEU 218内的电线圈与导体226电气通信。可使用合适的整流器电路在HEU 218内开发DC电流。或者,电功率可是通过近场功率传输的。

[0079] 在信息待从主机装置216传送到客户端装置214的一个实例中,例如计算机的主机装置216产生射频信号,所述射频信号通过电信号线210引导到第一HEU电循环器232的第一端口232a。电RF信号由第一HEU电循环器232传递到第一HEU放大器234,其中RF信号由第一HEU放大器234放大并随后由第一HEU带通滤波器238滤波以去除电噪音。第一HEU带通滤波器238的输出经传输到第二HEU放大器236。第二HEU放大器236是电耦合到HEU调制器242的驱动器放大器。HEU调制器242从第一HEU激光二极管240接收光学载波光,所述载波光是由从第二HEU放大器236接收的RF信号通过HEU调制器242调制的振幅,从而将来自第二HEU放大器236的电RF信号转换为光学RF信号。将来自HEU调制器242的光学RF信号经引导到RAU光学耦合器244的第一端口244a。接着将来自RAU光学耦合器244的光学RF信号从RAU光学耦合

器244的第二端口244b引导到第二HEU光学循环器246的第一端口246a,所述第二HEU光学循环器通过第二HEU光学循环器246的第二端口246b将光学RF信号传递到至少一个光纤222,其中光学RF信号接着经传输到RAU 220。

[0080] 通过至少一个光纤222传输的光学RF信号由反射式电吸收调制器(R-EAM) 258接收。R-EAM 258将光学RF信号转换为电RF信号并通过端口260a将电RF信号引导到第一RAU电循环器260。从第一RAU循环器260引导电RF信号穿过第一RAU放大器262、第一RAU带通滤波器264及第二RAU电循环器266。第二RAU电循环器266又将电RF信号引导到与客户端装置216内的相应耦合器电磁近场通信的RAU EM耦合器280a。

[0081] 对于从客户端装置214到主机装置216的通信,信号跃迁如下进行。客户端装置214所产生的电RF信号由客户端装置214的RAU电磁耦合器280a从电磁耦合器280b接收。通过第二RAU循环器266的第二端口266b引导电磁耦合器280a内产生的电RF信号穿过第二RAU带通滤波器270到第二RAU放大器272。第二RAU放大器272又将电RF信号馈送到第一RAU电循环器260的第三端口260c,其中将电RF信号从第一端口260a引导到R-EAM 258。同时,第二HEU激光二极管250产生第二光学载波光,所述光经路由到多端口耦合器244的第三端口244c并接着从多端口耦合器244的第二端口244b路由到HEU光学循环器246的第一端口246a。接着将第二光学载波光从HEU光学循环器246的第二端口246b输出到至少一个光纤222上。第二光学载波光从至少一个光纤222到达R-EAM 258。R-EAM 258根据从第二RAU放大器272接收的电RF信号调制第二光学载波,并通过至少一个光纤222将现在的经RF调制的第二光学载波反射回到第二HEU光学循环器246的第二端口246b。经RF调制的第二光学载波由第二HEU光学循环器246通过第三端口246c引导到HEU光电二极管252并转换为RF电信号。RF电信号由第三HEU放大器254从HEU光电二极管252接收并通过第二HEU带通滤波器257引导到第一HEU电循环器232的第三端口232c。接着通过电信号线210上的直接实体及电接触引导电RF信号穿过HEU电循环器232的第一端口232a到主机装置216。

[0082] 现参照图10,展示适合用于本文所描述的实施方案的天线组件的信号耦合电路282(分离接插电路)。信号耦合电路282包含第一EM耦合器284及第二EM耦合器286。第一EM耦合器284包含第一基底288,所述第一基底具有第一主表面290及实质上平行于第一主表面290安置的第二主表面292。第一基底288可具有等于或小于约500 μm ,等于或小于约300 μm ,或等于或小于约100 μm 的厚度。第一基底288可由电绝缘材料或介电材料形成。第一EM耦合器284包含宽度 W_0 及长度 L_0 。在一个实例中,宽度 W_0 在约1500 μm 到约2500 μm 的范围中,例如为2000 μm 。在一个实例中,长度 L_0 在约3500 μm 到约4500 μm 的范围中,例如为4000 μm 。第一基底288包含安置在第一主表面290上作为窄带的导电层294。导电层294包含长度 L_1 及宽度 W_1 ,且导电层294的定义为长度除以宽度的深宽比(L_1/W_1)在一些实例中可等于或大于2,等于或大于4,等于或大于6,等于或大于8,或甚至等于或大于10。因此,导电层294在下文将被称为导电条带294。导电条带294终止在第一基底284上。在一个实例中,导电条带294具有在约150 μm 到约250 μm 的范围中(例如为206 μm)的宽度 W_1 。在一个实例中,导电条带292进一步包含在介电基底288上的长度 L_1 ,所述长度在约2200 μm 到约2300 μm 的范围中,例如为2260 μm 。

[0083] 第一基底288进一步包含充当安置在基底288的第二主表面292上的接地面的第二导电层296,且所述第二导电层在下文中被称为接地面296。接地面296覆盖实质上所有第二主表面292,例如大于约75%的第二主表面292,不同之处在于接地面296包含由接地面296

界定的孔径298,所述孔径为穿过接地面296的开口,以使得第二主表面292的至少一部分通过孔径298暴露。孔径298包含具有长度 L_2 及宽度 W_2 的矩形孔径并经定位以使得导电条带294和孔径298的长维度(即 L_1 及 L_2)分别正交。孔径298的深宽比 L_2/W_2 优选地等于或大于2,等于或大于约2.5,等于或大于3,或甚至等于或大于3.5。在一个实例中,孔径298具有在约125 μm 到约225 μm 的范围中(例如为174 μm)的宽度 W_2 。在一个实例中,孔径298包含在约600 μm 到约700 μm 的范围中(例如为634 μm)的长度 L_2 。应注意,导电条带294与孔径298的尺寸及深宽比将由RF信号的操作频率指示,将针对所示操作频率利用耦合器。

[0084] 信号耦合电路282可进一步包含第二EM耦合器286,所述第二EM耦合器包含第二基底300。第二基底300可由电绝缘材料或介电材料形成,且在一些实例中具有实质上等于第一基底288的宽度及长度的宽度及长度(W_0/L_0)。第二基底300包含第一主表面302及平行于第一主表面300安置的第二主表面304。第二基底288可具有在第一主表面302与第二主表面304之间的等于或小于约500 μm ,等于或小于约300 μm ,或等于或小于约100 μm 的厚度。根据图10,第二主表面304包含所述主表面上安置的导电层306。导电层306包含条带部分308,所述条带部分具有长度 L_3 及宽度 W_3 和高深宽比;及衬垫部分310,所述衬垫部分具有长度 L_4 及宽度 W_4 和低深宽比。导电层306的总体长度为条带部分与衬垫部分的长度的和,即 L_3+L_4 。在一个实例中,条带部分308包含在约1200 μm 到约1300 μm 的范围中(例如为1269 μm)的长度 L_3 。在一个实例中,条带部分308可具有在约150 μm 到约250 μm 的范围中(例如为206 μm)的宽度 W_3 。在一些实例中,衬垫部分310可具有在约1000 μm 到约1100 μm 的范围中(例如为1062 μm)的长度 L_4 。在一些实例中,衬垫部分310可具有在约1000 μm 到约1100 μm 的范围中(例如为1062 μm)的宽度 W_4 。条带部分308可具有等于或大于2,等于或大于4,等于或大于5,或甚至等于或大于6的深宽比 L_3/W_3 。衬垫部分310的深宽比 L_4/W_4 可在约0.5到约1.5的范围中,例如约1。条带部分308和衬垫部分310处于电气通信中,且优选地是相连的,由同一种材料形成。

[0085] 在使用中,信号耦合电路382经布置以使得导电层296(接地位置296)定位为邻近于基底286的第一主表面302并实质上与所述第一主表面平行。第一主表面302与导电层396之间的距离优选地为足够小的,以致供应到导电层296(306)的电RF信号在由所施加电RF信号产生的电磁场的近场中耦合到相对的导电层306(294)。例如,第一主表面302与接地面296之间的距离可等于或小于10 μm ,等于或小于5 μm ,或等于或小于1 μm 。例如,第一主表面302与接地面296之间的距离可小于载波的约2个波长。在一些实例中,第一主表面302与接地面296可直接接触。基底284经定位以使得衬垫部分308与孔径289邻近及相对。应注意,接地面296与第一主表面302之间的间隔距离受RF信号的操作频率影响,以使得所述间隔距离可大于10 μm ,例如,小于或等于约10cm,小于或等于约2cm,或小于或等于约500 μm 。

[0086] 如本文中所使用,RAU EM耦合器280a可包含第一EM耦合器284或第二EM耦合器286。举例来说,如果RAU EM耦合器280a包含第一EM耦合器284(其中条带294电耦合到第二RAU电循环器266),那么客户端装置214可包含第二EM耦合器286(其中导电层306电耦合在客户端装置214内)。相反,如果RAU EM耦合器280a包含第二EM耦合器286(其中导电层306与第二RAU电循环器266电耦合),那么客户端装置214可包含第一EM耦合器284。在任一情况下,当使RAU 220接近客户端装置214以使得RF信号在近场中电磁耦合在第一EM耦合器284与第二EM耦合器286之间时,RF信号可在电磁近场中在两个EM耦合器之间传递。

[0087] 在图6至图7的实施方式的一个方面中,图11中展示的RAU 220可包含两个EM耦合

器,即EM耦合器280a(其中每一电磁耦合器280a可包含EM耦合器284或286)。第一EM耦合器280a经配置以进行传输且第二EM耦合器280a经配置以在双工布置中进行接收。EM耦合器280a因此处于与一对相应EM耦合器280b的EM通信中。EM耦合器280b可包含例如EM耦合器284及/或286。相反,客户端装置214也包括两个EM耦合器,即EM耦合器280b(其中每一EM耦合器280b可包含EM耦合器284或286)。图11的实施方式展示所述方面的示意图,其中图8中所示的第二RAU电循环器266可因此被消除,从而导致RAU 220中的空间节省且因此导致较小形状因数。根据本实施方式,客户端装置214包含经配置以在适当的RF频率(例如60GHz)下进行操作发射电路112及经配置以在适当的RF频率(例如60GHz)下接收接收电路114。

[0088] 在图6至图7的实施方式的另一方面中,图12中展示的RAU 220仅包含R-EAM 258及EM耦合器280a(或280b)。将所有实体层复用及放大功能从RAU去除并放置在客户端装置214之内,以便使用由客户端装置214提供的软件及硬件协议(例如,频分复用(FDM)协议或时分双工协议)执行上行/下行链路RF信号的复用。因此,客户端装置214包含电循环器402、放大器404及406,和经配置以在适当的RF频率(例如60GHz)下进行操作单独的发射器412及接收器414。图12展示所述方面的示意图。

[0089] 在图6至图7的实施方式的另一方面中,RAU端处的RF链可通过完全消除实体层复用(循环器等)及使用适当的传输协议来达成所需的上行/下行链路复用而进一步简化,如图13中所示。因此,RAU 220仅包含R-EAM 258及电磁耦合器280a(或280b)。使用由客户端装置214提供的软件及硬件协议(例如,频分复用(FDM)协议或时分双工协议)执行上行/下行链路信号的复用。因此,客户端装置214包含经配置以在适当的RF频率(例如60GHz)下进行操作的收发器420。收发器420经配置以传输及接收经RF调制的电信号,并电耦合到客户端装置214内的EM耦合器280b(或280a)。图13展示所述方面的示意图,其中图8中所示的第二电RAU循环器266可被消除,从而导致RAU中的空间节省及较小形状因数。

[0090] 在图2的实施方式的另一方面中,可将RF收发器功能及实体复用从主机装置16移动到HEU 18。如图14中所示,基带收发器电路124通过信号传输线110将RF电信号传输到HEU 18,其中HEU 18与主机装置16(例如,基带收发器124)可直接电连接,例如通过配对连接器电连接。方块126表示包含HEU 18及主机装置16的配对连接器,以使得配对连接器在HEU 18与主机装置16之间形成直接电连接。发射机电路128定位在HEU 18内介于HEU电循环器32与第二HEU带通滤波器72之间,且接收器电路130定位在HEU 18内介于HEU电循环器32与第一HEU放大器34之间。因此,通过主机电缆接口的基带传输简化了触点技术。

[0091] 在图15中所示的另一方面中,可在HEU 18与主机装置16之间使用多个电磁耦合器。如图15中所示,通过主机装置16内的适当电路执行基带传输及接收,所述主机装置进一步包括电循环器132和单独的发射器134及接收器136。发射器134电耦合到第一EM耦合器280b,且接收器136电耦合到第二EM耦合器280b。因此,HEU 18包括相应的EM耦合器:在电磁近场中与第一主机装置电磁耦合器280b通信的第一HEU EM耦合器280a及在电磁近场中与另一主机EM耦合器280b通信的第二HEU EM耦合器280a。图15的配置允许通过消除对图2中所示的第一电循环器32的需要减少包含HEU 18的组件。

[0092] 现参照图16至图18,根据一个实施方式展示替代性EM耦合单元580。EM耦合器580包含第一基底582,所述第一基底具有第一主表面584及实质上平行于第一主表面584安置

的第二主表面586。第一主表面与第二主表面之间的厚度可等于或小于约500 μm ，等于或小于约300 μm ，或等于或小于约100 μm 。在一些实例中，第一主表面与第二主表面之间的厚度为约135 μm 。第一基底582可由电绝缘材料或介电材料形成。第一基底582包含宽度 W_5 及长度 L_5 。在一个实例中，宽度 W_5 在约1500 μm 到约2500 μm 的范围中，例如为2000 μm 。在一个实例中，长度 L_5 在约3500 μm 到约4500 μm 的范围中，例如为4000 μm 。

[0093] 第一主表面584包含安置在所述主表面上作为窄带的导电层588。导电层(带)588包含长度 L_6 及宽度 W_6 ，且导电层588的定义为长度除以宽度的深宽比(L_6/W_6)。在一些实例中可等于或大于2，等于或大于4，等于或大于6，等于或大于8，或甚至等于或大于10。因此，导电层588在下文将被称为导电条带588。导电条带588终止在第一基底582上。在一个实例中，导电条带588具有在约150 μm 到约250 μm 的范围中(例如为206 μm)的宽度 W_6 。在一个实例中，导电条带588进一步包含在介电基底586上的长度 L_6 ，所述长度在约2200 μm 到约2300 μm 的范围中，例如为2260 μm 。

[0094] 第一基底582进一步包含充当安置在第一基底582的第二主表面586上的接地面的导电层590，且所述导电层在下文中被称为接地面590。接地面590覆盖实质上所有第二主表面586，例如大于约75%的第二主表面586，不同之处在于接地面590包含由接地面590界定的孔径592，所述孔径为穿过接地面590的开口，以使得第二主表面586的至少一部分通过孔径592暴露。孔径592包含具有长度 L_7 及宽度 W_7 的矩形孔径并经定位以使得导电条带588和孔径592的长维度(即分别为 L_6 及 L_7)正交。孔径592的深宽比 L_7/W_7 优选地等于或大于2，等于或大于约2.5，等于或大于3，或甚至等于或大于3.5。在一个实例中，孔径592具有在约125 μm 到约225 μm 的范围中(例如为174 μm)的宽度 W_7 。在一个实例中，孔径592包含在约600 μm 到约700 μm 的范围中(例如为634 μm)的长度 L_7 。

[0095] EM耦合单元580进一步包含第二基底594。第二基底594可由电绝缘材料或介电材料形成，且在一些实例中具有分别等于第一基底582的宽度及长度的宽度 W_5 及长度(L_5)。第一主表面与第二主表面之间的厚度可等于或小于约500 μm ，等于或小于约300 μm ，或等于或小于约100 μm 。在一些实例中，第一主表面与第二主表面之间的厚度为约135 μm 。第二基底594包含第一主表面596及平行于第一主表面596安置的第二主表面598。根据图5，第二主表面598包含所述主表面上安置的导电层600。导电层600是具有长度 L_8 和宽度 W_8 及低深宽比的衬垫。在一个实例中，导电层600可具有在约1000 μm 到约1100 μm 的范围中(例如为1062 μm)的长度 L_8 。在一个实例中，导电层600可具有在约1000 μm 到约1100 μm 的范围中(例如为1062 μm)的宽度 W_8 。导电层600的深宽比 L_8/W_8 可在约0.5到约1.5的范围中，例如约1。

[0096] 图17是图16的如从EM耦合器的一个边缘的侧面所看的EM耦合器580的横截面视图，其中图18展示图16的如从EM耦合器的另一边缘的侧面所看的EM耦合器580的横截面视图，所述视图与图17的视图正交。

[0097] 在使用的实例中，第一EM耦合单元580可经定位以使得第一EM耦合器582的导电层600与第二EM耦合器582的导电层600相对并实质上平行，如图19中所示。第一与第二导电层600之间的距离 δ 足够小以致在由所施加的电RF信号产生的电磁场的近场中将供应到第一EM耦合器580的导电层588的电RF信号在两个EM耦合单元之间电磁耦合到第二EM耦合器580的导电层600。例如，如图18中所图示，导电层600之间的距离 δ 可等于或小于约500 μm ，等于或小于约300 μm ，或等于或小于约100 μm 。绝缘或介电材料602可定位在第一与第二EM耦合器

之间以维持EM耦合器之间的适当距离。例如,材料602可为玻璃。或者,距离 δ 可为气隙。在一些实施方式中,第一及/或第二EM耦合器580可容置在连接器或插座总成中。举例来说,如图20中所示,HEU 18可包括连接器壳体604,所述连接器壳体插入到包含主机装置16的配合插座总成606中。第一及第二EM耦合器580经定位以使得所述耦合器各自的导电层600彼此相对并与各自的孔径592相对。例如,图2中所示的HEU电磁耦合器68a可包含EM耦合器580。类似地,EM耦合器68b也可包含EM耦合器580。另外,EM耦合器280a或280b可包含EM耦合器580。在任一情况下,当使HEU 18接近主机装置16以使得RF信号在近场中电磁耦合在第一EM耦合器580与第二EM耦合器580之间时,RF信号可在两个EM耦合器之间传递。

[0098] 已观察到至多500 μm 的气隙的耦合损耗在全60GHz频带上小于20dB。厚度为500 μm 的玻璃基底602的耦合损耗在-25dB之下。这些耦合损耗低于采用分离接插EM耦合的实例中的所述耦合损耗,此情况意味着采用EM耦合器580的系统具有对于大于21Gbps的信号传输绰绰有余的功率预算。分离插接EM耦合与利用具有空气间隔的耦合器580的EM耦合之间的链路响应差异在于后一种情况中的谐振频率大约为56GHz,所述频率更接近60GHz频带。这种情况又在60GHz频带上产生10dB的耦合响应衰减。所述情况对于多载波信号调制格式(例如正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing;OFDM))将不成问题,所述调制格式是针对所述条件设计的。对于单载波调制格式,可易于在主机装置16的基带信号处理单元中利用简单信号均衡以补偿通信链路的响应衰减。在将玻璃用作两个耦合器580之间的介电质时,已展示链路响应极其平坦。

[0099] 在图21及图22中图示本文所描述的实施方式的数个额外应用。例如,图21图示基底700,其中RAU 20邻近基底的第一侧702定位。基底700可例如为绝缘或介电材料。在一些实施方式中,基底700可为玻璃或塑料片。例如,基底700可表示桌面或餐桌或其他家具或电器的表面遮盖物。在一个实施方式中,基底700为布置为餐桌或电器的外表面的玻璃板或玻璃片,其中RAU 20邻近于玻璃板或玻璃片的与朝外表面704相对的表面定位。在替代性实施方式中,RAU 20可嵌入在基底700内或经定位以便至少部分地暴露在朝外表面704上。更详细地,HEU 18可耦合到主机装置16,其中如上文所描述,RAU 20及HEU 18通过电缆12中所含的至少一个光纤连接。简单地说,基底700可包含一件家具的表面(例如,桌面)或一件电器的表面(例如,冰箱的正面),其中极接近表面的预定部分(以使得客户端装置极为接近定位在基底上、基底中或基底下方的RAU 20)的客户端装置14可与耦合到电缆12的HEU的主机装置通信。例如,在一些实施方式中,用户可将客户端装置(例如,包含先进计算能力、连接性及功能性(包括媒体播放器、图像捕捉、GPS导航等)的“智能手机”)放置在如上配置的桌面上的指定位置,且在客户端装置与光电电缆12之间没有实体连接的情况下可使来自客户端装置的数据从客户端装置传送到远离手机的处理单元,如本文中所描述。在一些实施方式中,基底可与视觉显示单元(例如LCD显示器)组合,以使得可通过显示单元在基底上显示来自客户端装置的数据(例如图像)。基底可包含显示器的一部分,或显示器可邻近基底定位,例如相对于使用者/观看者定位在基底下。在一些实施方式中,基底700可包含其他表面,例如墙面,或基底700可能安装在墙面上。

[0100] 图22图示图21中所描绘的实施方式的替代性实施方式,其中HEU 18与主机装置16之间的耦合是无线的而不是图21中所描绘的直接连接。

[0101] 在其他实施方式中,光电电缆12可耦合到对接夹具706,以使得客户端装置可被安

全地支撑或固持,如图22中所示。在其他实施方式中,光电电缆12可与对接夹具组合而不需要玻璃及/或塑料基底。例如,对接夹具可为可放置在一个房间中的一件家用家具(例如,餐桌或书桌)上的可移动夹具,且其中光电电缆将放置在对接夹具之内或之上的客户端装置耦合到远离支架定位的主机装置。对接夹具之内包括的电缆RAU 20在近场中与客户端装置14通信,且通过一或多个光纤22将所接收的数据传输到主机装置16。例如,在光电电缆12将车辆内的客户端装置耦合到车辆内的车载主机装置的情况下,对接夹具可用于车辆中。

[0102] 应理解,前述应用可与本发明中所描述的光电电缆的任何实施方式一起使用。

[0103] 将对所属领域的技术人员显而易见的是,在不偏离本发明的精神和范围的情况下,可对本发明的实施方式进行各种修改及变更。因此,倘若所描述实施方式的修改和变更在所附权利要求书和权利要求书的均等物的范围内,则希望本发明涵盖这些修改和变更。

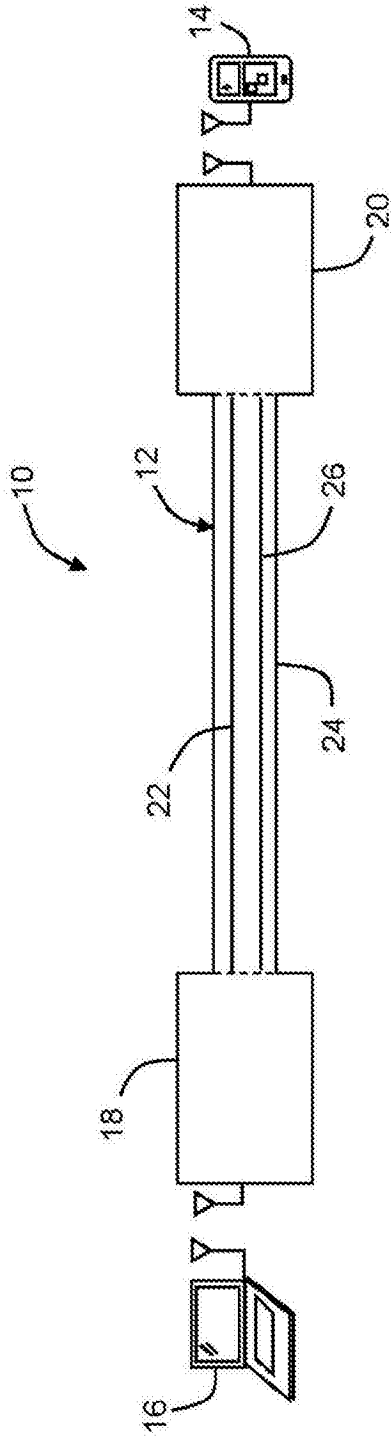


图1

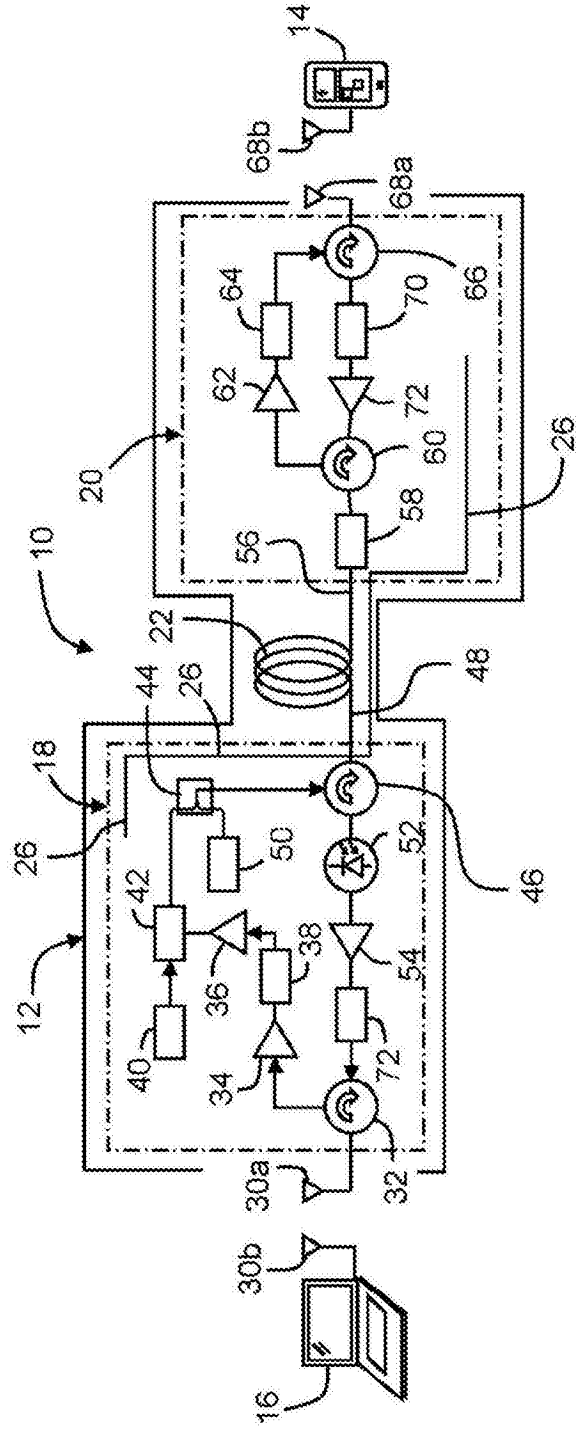


图2

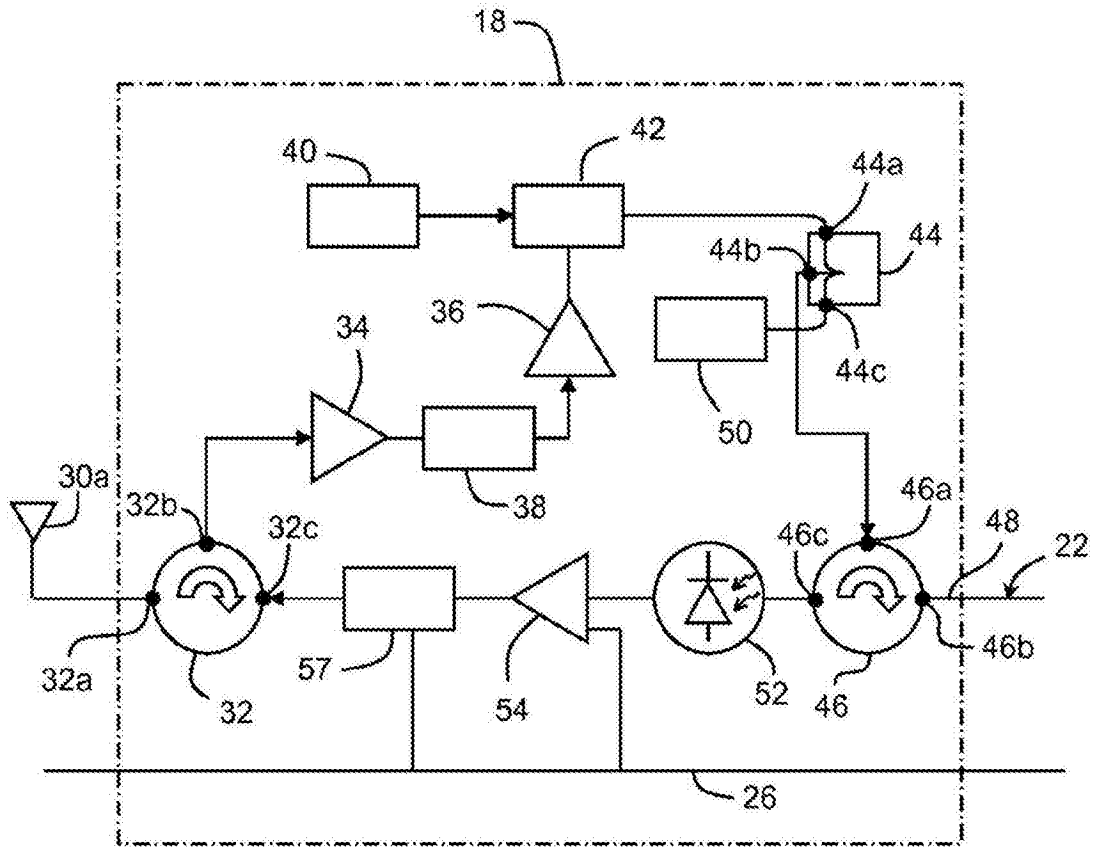


图3

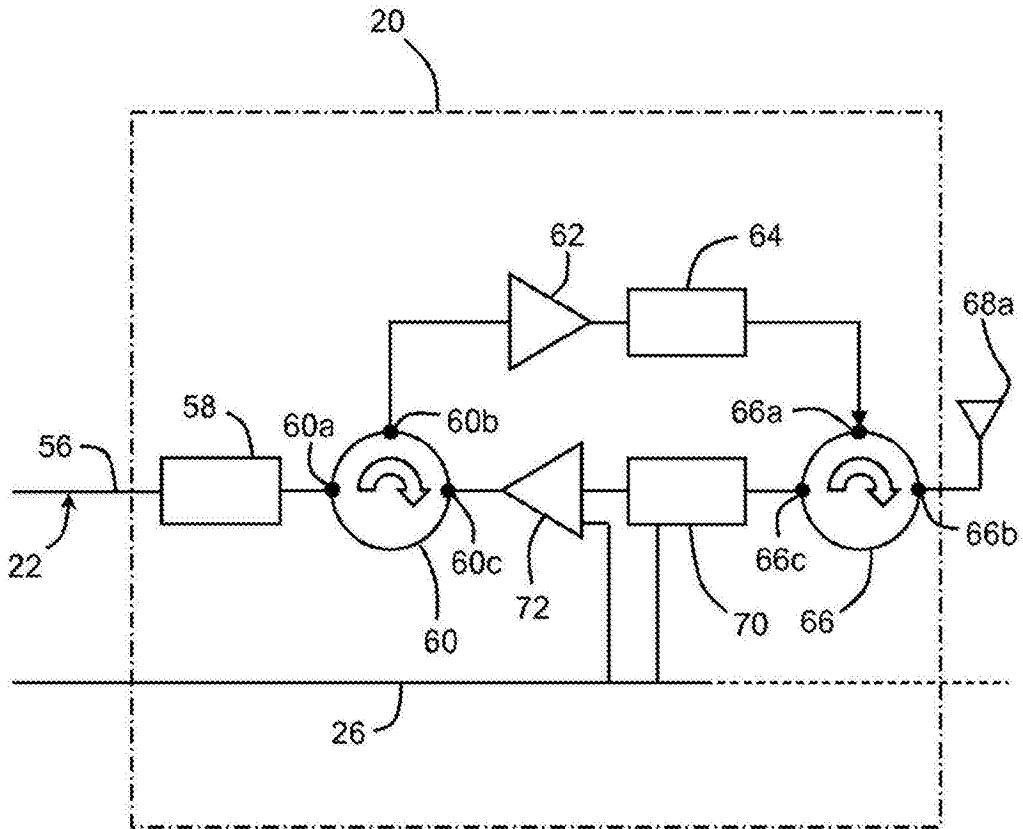


图4

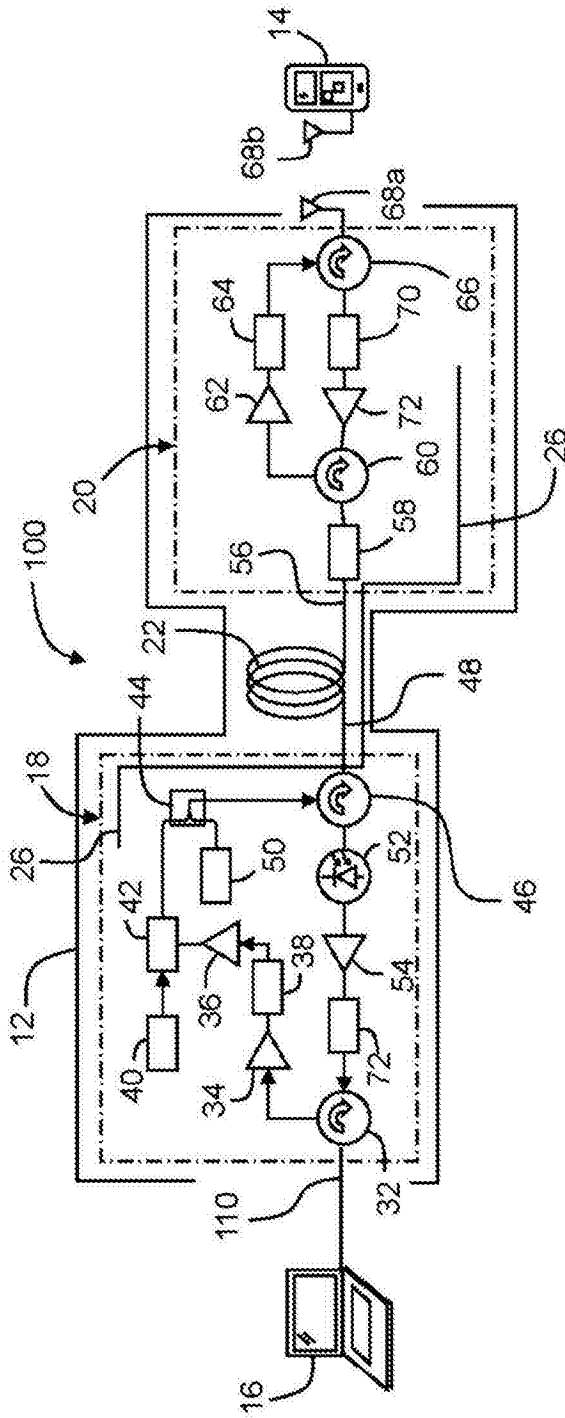


图5

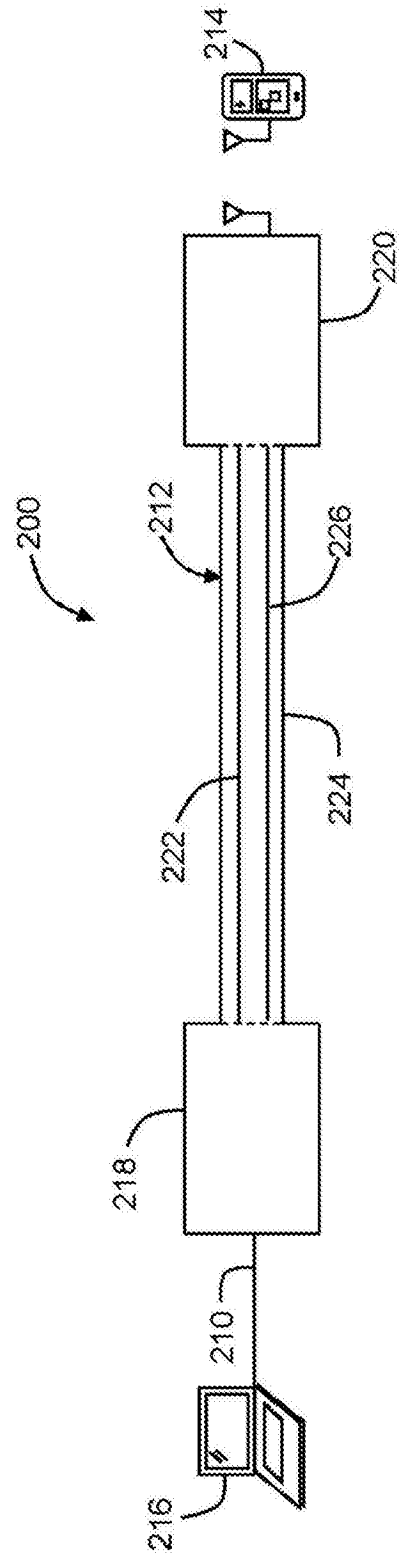


图6

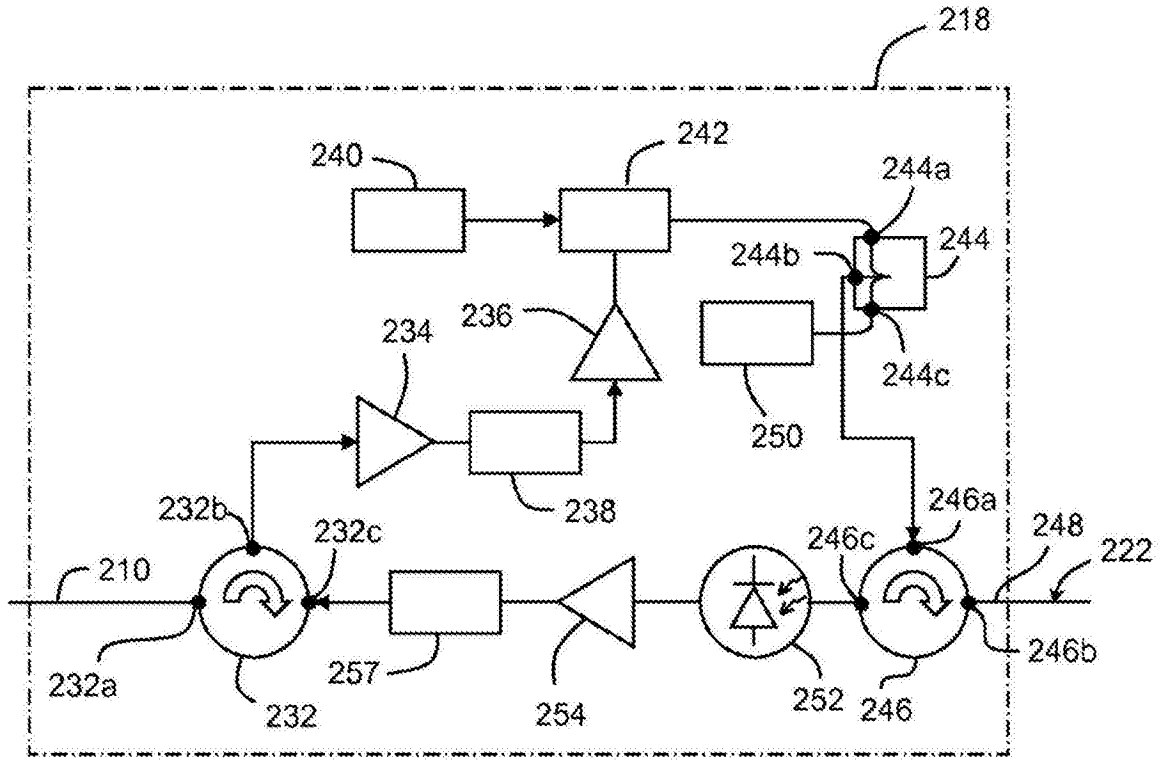


图8

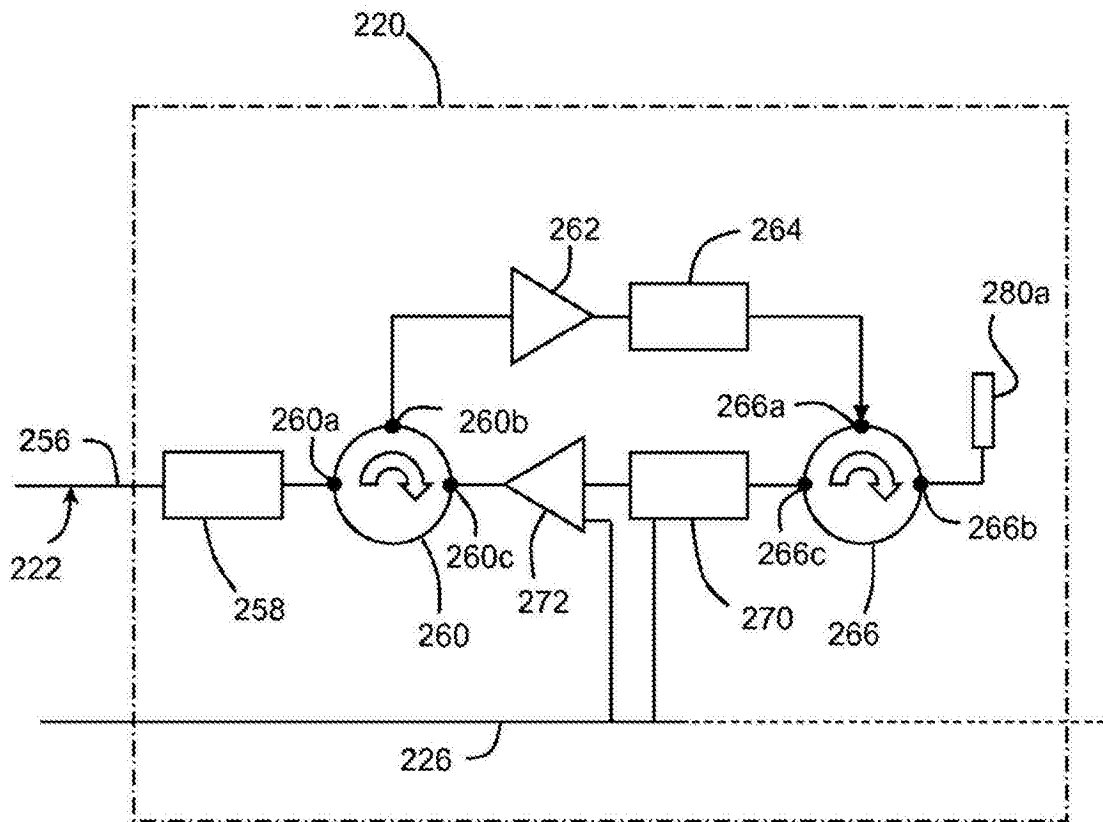


图9

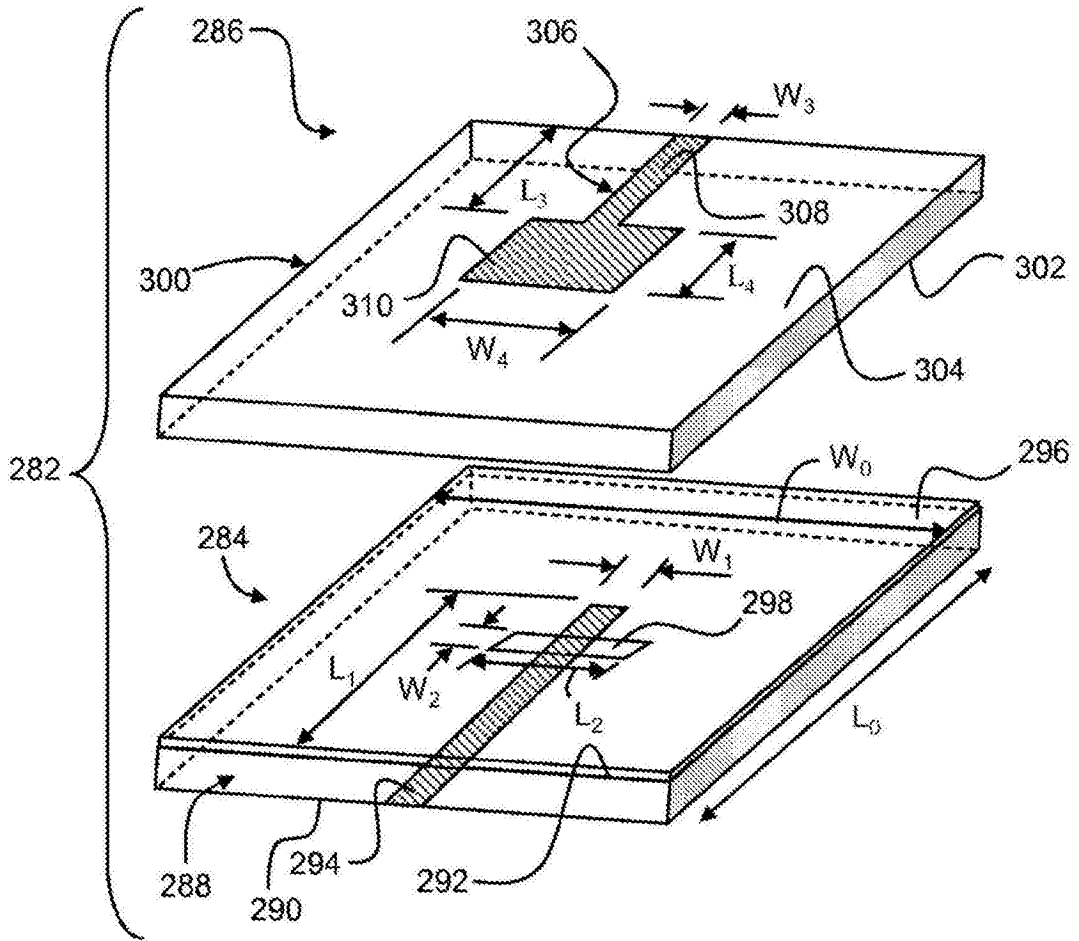


图10

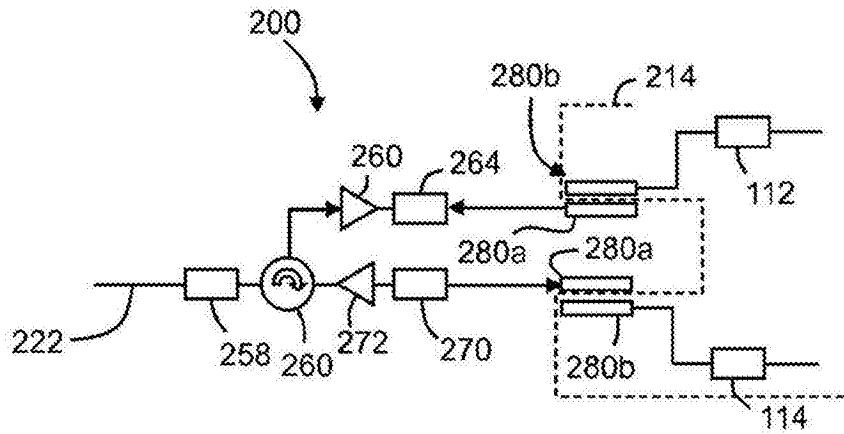


图11

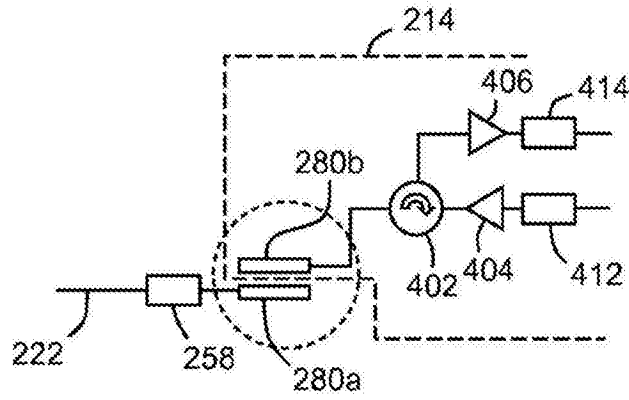


图12

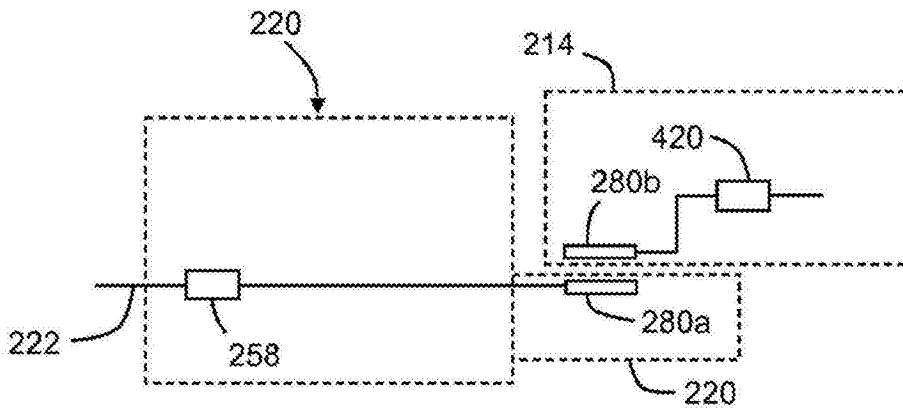


图13

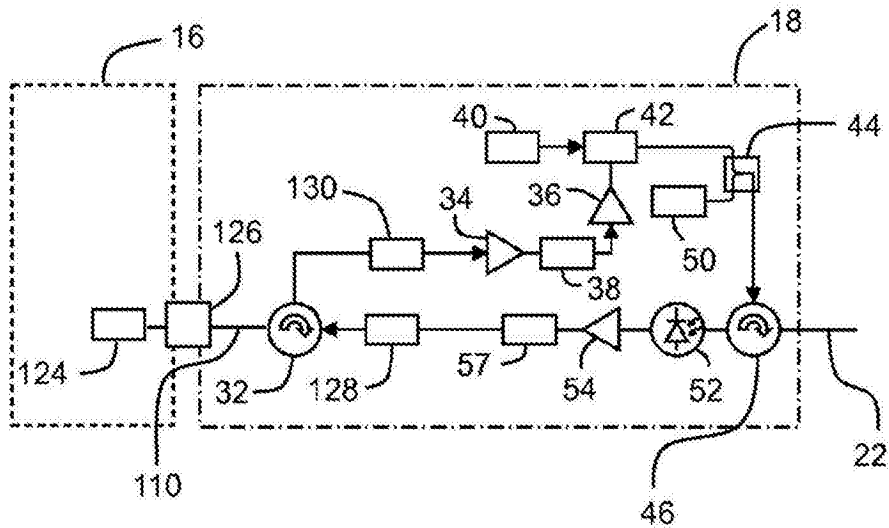


图14

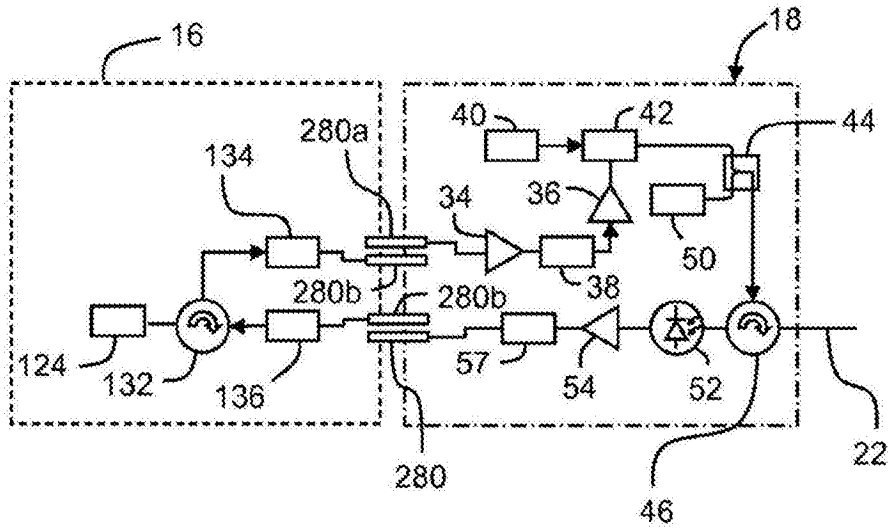


图15

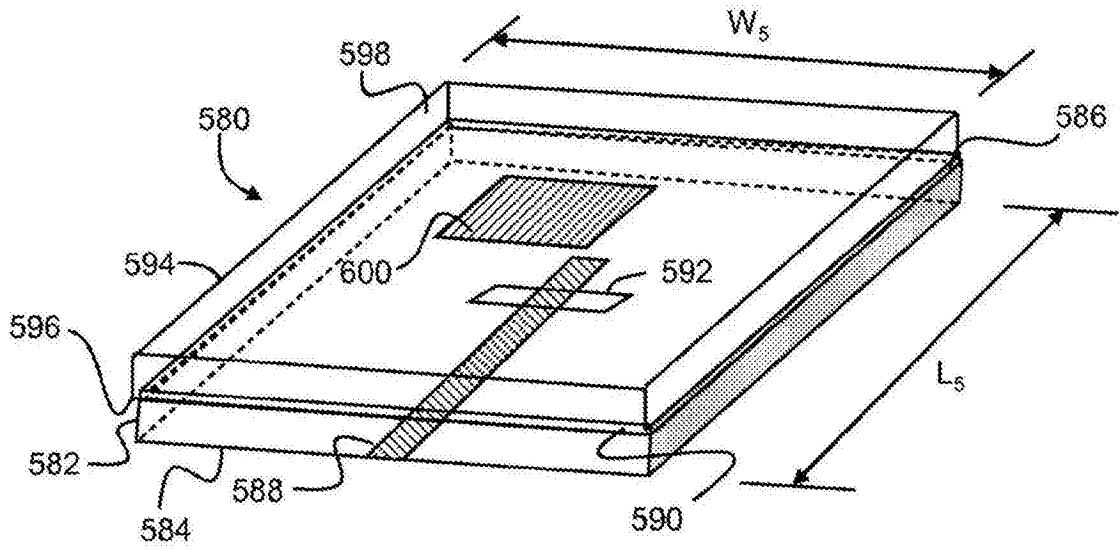


图16

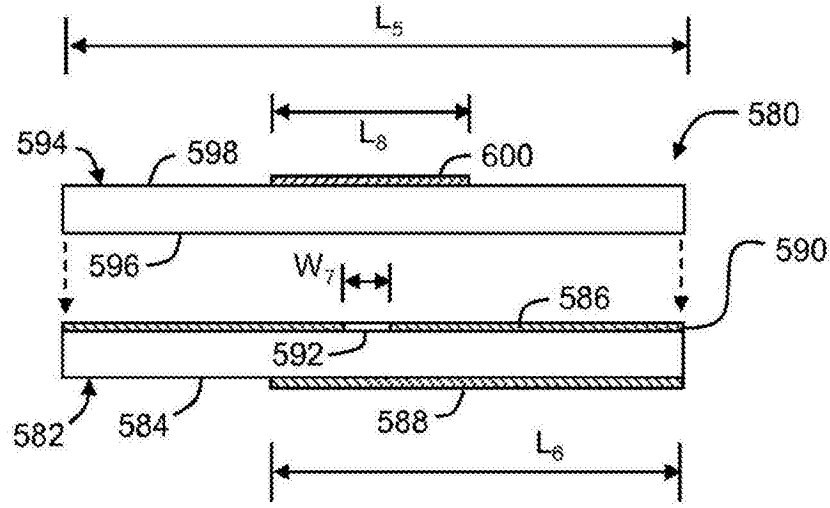


图17

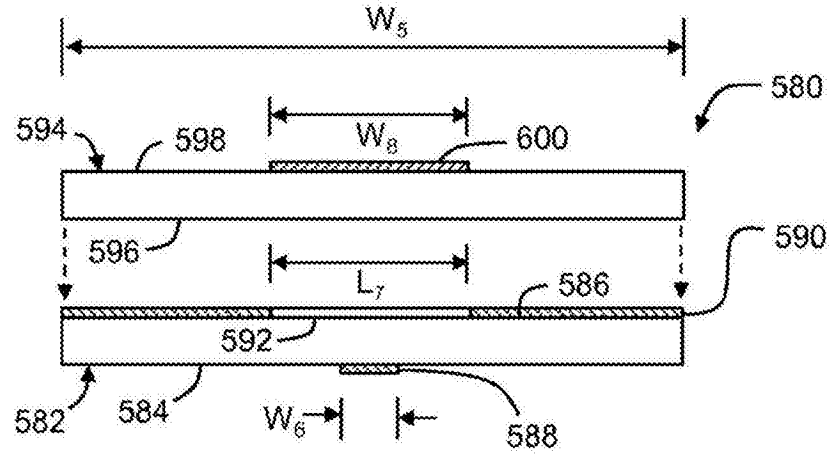


图18

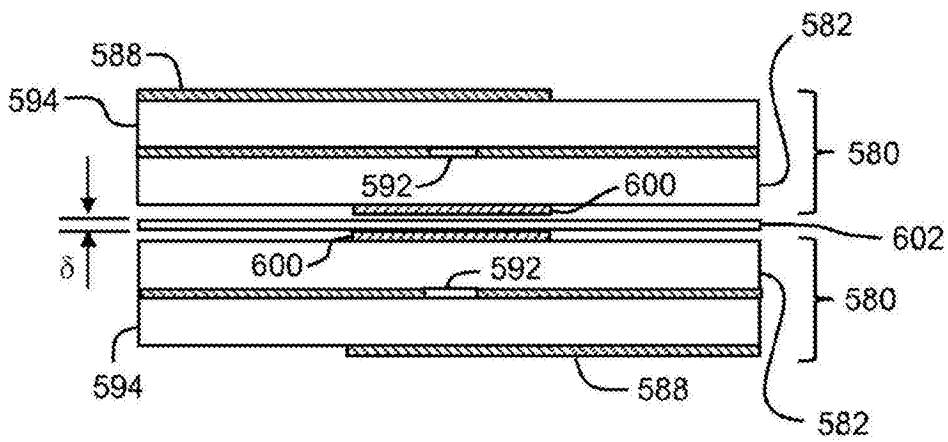


图19

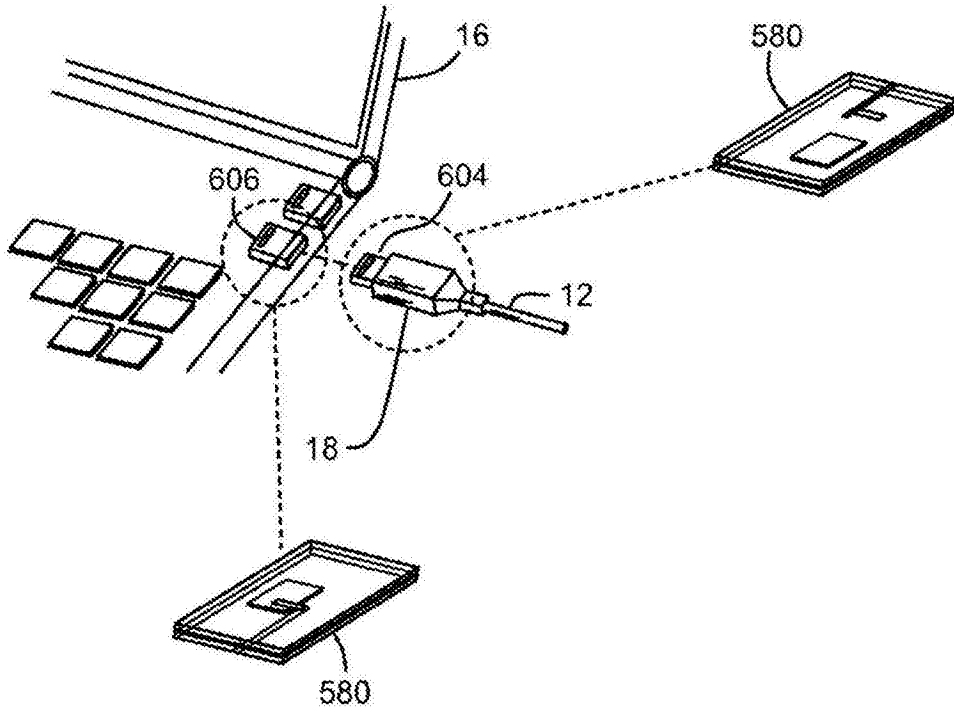


图20

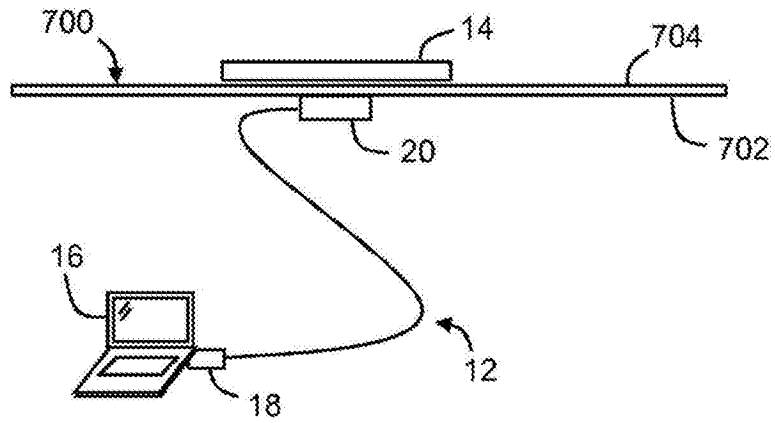


图21

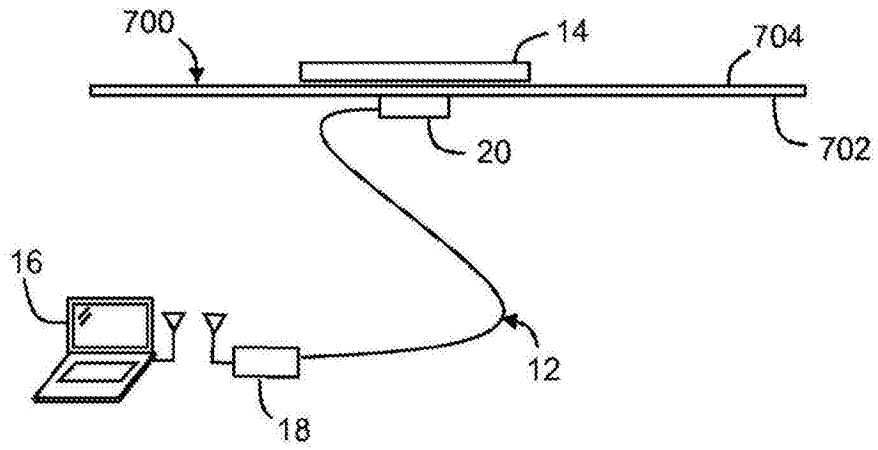


图22

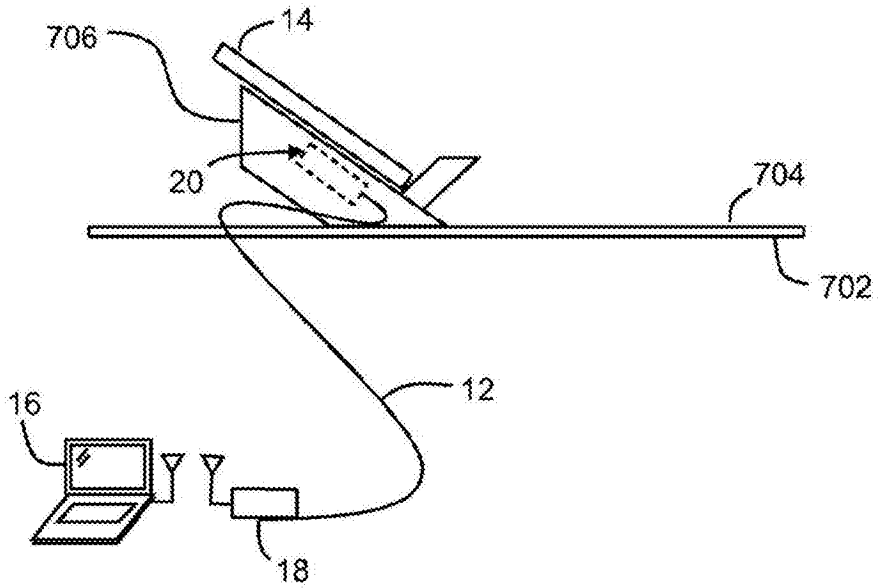


图23