



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03824118.8

[43] 公开日 2006年1月11日

[11] 公开号 CN 1720679A

[22] 申请日 2003.9.8 [21] 申请号 03824118.8

[30] 优先权

[32] 2002.9.10 [33] US [31] 10/238,835

[86] 国际申请 PCT/US2003/028095 2003.9.8

[87] 国际公布 WO2004/025877 英 2004.3.25

[85] 进入国家阶段日期 2005.4.12

[71] 申请人 哈里公司

地址 美国佛罗里达

共同申请人 埃里克·G·约翰逊

[72] 发明人 雷蒙德·C·朗夫

埃里克·G·约翰逊

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

代理人 董 莘

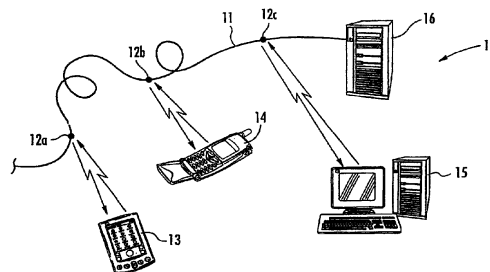
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 4 页

[54] 发明名称

提供混合式光学/无线通信的通信系统及相关方法

[57] 摘要

一种通信系统(10)包括:至少一个与光纤(11)的纵向侧耦合的光学-无线装置(12)。该光学-无线装置(12)包括:用于将光功率转换为电功率的光纤功率单元(20),以及由该光纤功率单元供电的无线通信单元(25)。该光学-无线装置(12)包括:安装该光纤功率单元(20)和无线通信单元(25)到光纤(11)的纵向侧的基片(19, 43)。该无线通信单元(25)包括射频发射机(27),和将发射机与光纤(11)的纵向侧耦合的信号光栅(22)。射频发射机(27)在一些实施例中可包括超宽带发射机。也可提供偶极子天线(34),其包括在沿光纤(11)的纵向侧的相反方向上延伸的第一和第二部分(34a, 34b)。



- 1、一种通信系统，包括：
光纤，和
5 与所述光纤的纵向侧耦合的至少一个光学-无线装置，其包括：
与所述光纤耦合的光纤功率单元，用于将其中的光功率转换为电
功率，以及
由所述光纤功率单元供电并与所述光纤耦合的无线通信单元。
- 10 2、根据权利要求 1 的通信系统，其中所述光纤功率单元包括光
生伏打装置以及耦合所述光生伏打装置到所述光纤的纵向侧的功率光
栅。
- 15 3、根据权利要求 1 的通信系统，其中所述无线通信单元包括射
频发射机，以及耦合所述射频发射机到所述光纤的纵向侧的信号光栅。
- 4、根据权利要求 3 的通信系统，其中所述射频发射机包括超宽
带发射机，所述超宽带发射机包括：
具有与所述信号光栅耦合的输入端，并具有输出端的光学检测
20 器；
具有与所述光学检测器的输出端相连的输入端，并具有输出端的
放大器；
具有输出端的伪随机码生成器；
具有与所述放大器和伪随机码生成器的输出端相连的输入端，并
25 具有输出端的乘法器；
具有与所述乘法器的输出端相连的输入端，并具有输出端的脉冲
生成器，以及
与所述脉冲生成器的输出端相连的天线。

5、根据权利要求 1 的通信系统，其中所述至少一个光学-无线装置包括在沿所述光纤纵向侧的多个分隔位置上与所述光纤耦合的多个光学-无线装置。

5 6、一种与光纤的纵向侧耦合的光学-无线装置，包括：
 用于与所述光纤的纵向侧耦合的基片；
 由所述基片携带的、与所述光纤耦合的光纤功率单元，用于将其中的光功率转换为电功率；以及
 由所述基片携带的无线通信单元，所述无线通信单元由所述光纤
10 功率单元供电，并与所述光纤耦合。

 7、一种用于与光纤耦合的光学-无线装置，包括：
 用于与所述光纤耦合的基片；以及
 由所述基片携带的、并与所述光纤耦合的超宽带无线通信单元。

15 8、一种用于光学-无线通信的方法，包括：
 将至少一个光学-无线装置与光纤的纵向侧耦合，所述至少一个光学-无线装置包括光纤功率单元和与之相连的无线通信单元；
 向所述光纤提供光功率；
20 利用所述光纤功率单元将所述光纤中的光功率转换为电功率；以及
 及
 利用从光功率转换的电功率，为所述无线通信单元供电，用于光学-无线通信。

25 9、根据权利要求 8 的方法，其中所述光纤包括纤芯和环绕所述纤芯的覆层；其中所述耦合包括将所述光纤功率单元和无线通信单元与所述纤芯耦合。

10、根据权利要求 8 的方法，其中所述无线通信单元工作于第一

光波长；其中所述提供光功率包括以不同于第一光波长的第二波长提供光功率。

提供混合式光学/无线通信 的通信系统及相关方法

5

背景技术

通信系统经常用于在用户之间路由数据、语音和/或视频信号。一种典型的通信系统是局域网（LAN），其将多个计算机工作站用户互连在一起。在 LAN 中计算机或其他装置连接在一起的最普通方式可能是通过电导线。例如，墙或地板连接器可定位在计算机工作站所连接的整个建筑物内，而且金属线从墙连接器延伸到一个或多个中心位置，在这些中心位置，金属线可以与诸如服务器的集中式计算装置相连。

一些缺点可能会伴随着有线网络的使用。例如，由于在电线上传输功率，电线的安装可能受电码的支配，这使得安装更难或更昂贵。此外，利用典型的金属线（例如，铜线）可得到的带宽对于一些应用可能决不理想。

由于这些限制的结果，已经利用其他类型的互连以试图提供“无铜”网络。例如，光纤线路允许对应于电信号的光信号以极高的速率和带宽在计算机或其他装置之间传输。然而，光纤通信经常比电线更昂贵，因此将光纤线路延伸到多个墙连接器可能在某些情况下造价昂贵。

此外，从光纤提取信号可能比从电线提取信号更难。结果，开发了各种方案用于解决从光纤提取信号的困难。一种这样的方案在美国专利 No.6,265,710 中公开，其中从光纤引出的光被位于光电检测器处或位于另一玻璃纤维的输入面处的聚焦元件引导。另一方案是使用光栅，光栅被物理配置以捕获特定波长的光。该方案的一个例子在 Patterson 等人的美国专利 No.6,304,696 中公开。

将 LAN 中的一个或多个装置互连在一起的另一种方式是使用无线通信链路。例如，LAN 中的每个装置可包括无线射频（RF）收发

信机，用于利用一种或多种指定频率将数据信号发送到其他装置和从其他装置接收数据信号。虽然该方案具有比有线或光纤网络需要更少的（如果有的话）墙连接器的优势，但随着装置移动到各个位置，无线通信链路可能受到干扰、信号失真或信号损失的影响。

5

发明内容

鉴于上述的背景技术，本发明的目的因此为提供一种有效地利用光纤和无线通信的优势的通信系统。

根据本发明的上述和其他目的，特征以及优势是通过一种包含光纤，和至少一个与光纤耦合的**光学-无线装置**的通信系统提供的。举例来说，所述至少一个**光学-无线装置**可通过标准纤维连接器，该光纤内的光栅结构的微加工，用作电子基片的表面磨光的纤维等与该光纤耦合。此外，该**光学-无线装置**可包括与该光纤耦合的光纤功率单元，用于将其中的光功率转换为电功率，以及被该光纤功率单元供电并与该光纤耦合的无线通信单元。该**光学-无线装置**可包括安装该光纤功率单元以及该无线通信单元到光纤的纵向侧的基片。

15

光纤功率单元可包括光生伏打（**photovoltaic**）装置和耦合该光生伏打装置到光纤纵向侧的功率光栅。无线通信单元可包括射频发射机，以及耦合发射机到光纤的纵向侧的信号光栅。

20

根据本发明的另一个重要方面，射频发射机可以是超宽带发射机。该超宽带发射机又包括具有与信号光栅耦合的输入端的光电检测器；具有与光电检测器的输出端连接的输入端的放大器；伪随机码生成器；具有与放大器和伪随机码生成器的输出端连接的输入端的乘法器；以及具有与乘法器的输出端相连接的输入端的脉冲生成器。

25

该超宽带发射机也可包括与该脉冲生成器的输出端相连接的天线。举例来说，该天线可以是偶极子天线。对于特定的紧凑和高效结构来说，该偶极子天线优选包括在沿光纤的纵向轴的相反方向延伸的第一和第二部分。

该光纤可包括纤芯和围绕该纤芯的覆层。因此，光纤功率单元和

无线通信单元可与光纤的纤芯耦合。

在无线通信单元包括无线发射机的这些实施例中，该系统可另外包括与无线发射机分隔并从无线发射机接收信号的至少一个无线接收机。相反，在无线通信单元包括无线接收机的那些实施例中，该系统还可包括与无线接收机分隔并向无线接收机发射信号的至少一个无线发射机。当然，在其他实施例中，可以提供双工通信。

该通信系统特别适用于无铜网络。在这些实施例中，所述至少一个光学-无线装置可以是在沿光纤的纵向侧的分隔位置处与该光纤耦合的多个光学-无线装置。在一些情况下，多个光学-无线装置可以与该光纤耦合。

不同光波长可以用于光学-无线装置中的供电（powering）和信号。具体地说，无线通信单元可工作于第一光波长，而该系统可以包括与该光纤耦合的光功率源，用于给光纤功率单元供电并工作于不同于第一光波长的第二波长。另外，光学-无线装置还能工作于不同模式、偏振、代码，而不是不同光波长，或相反区分光学-无线装置之间的信号和功率。

本发明的方法一方面用于光学-无线通信。该方法可包括将至少一个光学-无线装置与光纤的纵向侧耦合，其中所述至少一个光学-无线装置可包括光纤功率单元和与之连接的无线通信单元。该方法还可包括向光纤提供光功率，利用光纤功率单元将光纤中的光功率转换为电功率，以及利用从光功率转换的电功率给无线通信单元供电以用于光学-无线通信。另外，外部功率能通过诸如太阳电池的方式、矫正天线，或通过例如电线提供。

附图说明

图 1 是根据本发明的通信系统的原理图，其中所述通信系统包括与光纤耦合的多个光学-无线装置。

图 2 是详细示意图 1 的光学-无线装置和光纤的一个实施例的部分截面视图。

图 3 是用于图 2 的光学-无线装置的超宽带发射机和功率生成电路的原理框图。

图 4 是示意在光纤上安装图 2 的光学-无线装置的可选布置的透视图。

5 图 5 是示意包括超宽带发射机和接收机的根据本发明的光学-无线装置之间的通信的原理框图。

图 6 是示意包括超宽带接收机的根据本发明的发射机和光学-无线装置之间的通信的原理框图。

图 7 是示意根据本发明的方法的流程图。

10

具体实施方式

下面参照附图详细描述本发明，在附图中示出了本发明的优选实施例。然而，本发明可以以多种不同形式体现，而且不应被认为受在此陈述的实施例的限制。相反，这些实施例的提供将使本公开内容彻底和全面，并将向本领域的技术人员充分地传达本发明的范围。在全
15 文中相同的附图标记表示相同的部件，并且基本符号被用于表示可选实施例中的相同部件。

首先参照图 1，根据本发明的通信系统 10 示意性地包括光纤 11，与沿该光纤的纵向侧的一点（多点）耦合的至少一个光学-无线装置
20 12。在 LAN 环境中，例如，光纤 11 可与诸如个人数字助理 13、蜂窝电话 14 和/或个人计算机（PC）15 的电子装置要求接入的服务器 16 或其他中央数据源/节点相连。当然，本领域的技术人员将理解，本发明的通信系统 10 可用于除 LAN 外的多种其他应用，以及可与其他类型的电子装置一起使用。

25 因此，本领域的技术人员将理解，通信系统 10 特别适用于无铜网络。在这些实施例中，多个光学-无线装置 12a, 12b, 12c 在沿光纤 11 的纵向侧的分隔位置处可与光纤 11 耦合。光学-无线装置 12a, 12b, 12c 分别用于为无线通信提供个人数字助理 13, 蜂窝电路 14 以及个人计算机（PC）15。如同下面将更充分地讨论的，光学-无线装置 12 可

有利地用于将在光纤 11 上发送的光信号（例如，通过服务器 16）转换为无线信号并将其发送到各自的电子装置。相反，光学-无线装置 12 也可将从各自的光学装置发送的无线信号转换为相应的光信号，并在光纤 11 上发送它（例如，给服务器 16），如图 1 中的箭头所示。

5 由于本发明的光学-无线装置 12 的作用结果，通信系统 10 可有利地实现光学和无线通信二者的某些优势，同时避免一些它们各自的缺陷。具体地说，一个或多个光纤 11 可用于将来自服务器 16 或其他中央数据源的信号在整个物理网络区域（例如，建筑物的地板，船只，等）内路由，而不必将光纤延伸到多个工作站连接点。

10 此外，由于光信号能以最小的降质在光纤上传输相对长的距离，通信系统 10 所扩展的范围可能要比纯无线网络的大得多，而且甚至可在建筑物等之间扩展，而不需要无线信号转发器。加上，由于在光学-无线装置 12 和相应的电子装置之间传输的无线信号一般不必像在纯无线网络那样传输那样远（即，他们只需传播到附近的光纤 11，而不必一路到达服务器 16），因此干扰和信号降质也可能潜在地降低。

15 现在特别参照图 2-4，详细描述光学-无线装置 12。光纤 11 可包括纤芯 23 和环绕该纤芯的覆层 24，这一点将被本领域的技术人员理解。光学-无线装置 12 可包括与纤芯 23 耦合的光纤功率单元 20，用于将其中的光功率转换为电功率，这将在下面作进一步说明。

20 此外，无线通信单元 25 也可与光纤 11 的纤芯 23 耦合并由光纤功率单元 20 供电。在一些实施例中，如在图 2 所示的实施例中，光纤功率单元 20 以及无线通信单元 25 的部分可体现在单个集成装置中。因此在图 2 显示一条虚线以帮助示意这两个分离功能在同一个光学-无线装置 12 中执行，尽管不需要对各种电路组件作特殊分割或布置。

25 光纤功率单元 20 可包括一个或多个光生伏打装置 21，和专门设计用于从光纤 11 的纤芯 23 提取光以用于功率生成的相应的功率光栅 22。因此，功率光栅 22 优选被“调谐”到从纤芯 23 中提取具有特定光学波长 λ_1 的光，该光被转换为无线通信装置 25 的电功率。本领域的技术人员将理解，用于提取光以生成功率率的微光结构可被“调谐”到特定

波长，偏振，模式等等。光纤功率单元 20 可选地包括需要的附加功率调节电路，这一点将被本领域的技术人员理解，这在图 5 和 6 中也简要示出。

5 举例来说，可以被使用的一种特殊类型的光生伏打装置 21 是相对大面积的平面散射的 InGaAs 光电二极管，其中在光敏表面上有宽带防反射涂层。这种二极管对本领域的技术人员是已知的。好几个这种光生伏打二极管 21 可以串行连接（图 5 和 6 示意）以产生必要电压来激励无线通信单元 25 和将其光信号检测器 26 反向偏压（下面进一步讨论）。光电二极管 21 优选以优化照明效率的方式放置在各自的光栅 22 上。

本领域的技术人员将理解，为了优化光电二极管的照明效率，使从纤芯 23 提取的光的最大量在光电二极管 21 的耗尽区被吸收很重要。从纤芯 23 提取且没有在耗尽区被吸收的光表示损失和效率降低。损耗可由反射，被误导或散焦的光，以及在耗尽区外部吸收光子引起。在 15 特定的设计应用中可以设计防反射涂层、接合（junction）定向，以及光束聚焦使损失降到最小，这一点也会被本领域的技术人员理解。

用于照明光电二极管 21 的一种示例性方案是使入射光与光电二极管结（junction）垂直。一种可选的方案是使入射光与光电二极管 21 结平行。后一种方案具有沿纤芯 23 的长度使结对齐的优点。这可为 20 较长的光栅 22 提供例如，增强的功能。也可潜在地使用其他方案，这一点会被本领域的技术人员理解。

还将理解的是，为了使最大功率从功率源传送到负载，优选地使负载电阻和等效源电阻相等。在光照下，与开路负载相连的光电二极管将产生光生伏打 V_{oc} 。同样，与短路负载相连的光电二极管将产生 25 光电流 I_{sc} 。光电二极管的等效源电阻 REQ 于是近似为 V_{oc}/I_{sc} 。为了优化到光学-无线装置 12 的功率传送，源电阻和负载电阻应优选在每个特定的应用中进行设计以实现最佳匹配，这一点将被本领域的技术人员理解。

除了优化光电二极管的照明，由封装到电互连内引入的寄生电阻

应优选保持为最小。功率源导体中的寄生电阻将降低功率转换效率，这一点将被本领域的技术人员理解。还需要注意确保发射机 27 和天线 34 之间的寄生阻抗(图 3)不会过度地限制辐射脉冲的带宽和/或形状。根据本发明可以使用各种互连，而且对于其选择的潜在标准为，它们应该简单，便宜和适合大规模生产。

用于形成该电互连的这样一种方案是使用导电的环氧树脂。通过这种方式形成互连在本技术领域是众所周知的，其比引线接合法具有较低的寄生电感，并比其他常规互连占据更小的物理空间。形成互连的同一环氧树脂也能永久地固定该装置。另外，可以使用添加剂来改变环氧树脂的传导率以形成用于偏压信号检测二极管 26 的电阻器 39 (图 3)。由于在信号检测器电路中对偏压电阻器 39 的极低功率需求，这是可能的。另外，非导电环氧树脂 44 可用于将光电二极管从信号检测二极管 26 中分离开来。

环氧树脂的多功能用途可以降低包装难度，尺寸，组装所需的处理步骤数，以及成本。在引线接合被更适当使用的情况下，与之相关的寄生优选保持最小。如果不注意的话，引线接合能很容易地将毫微亨级别电感引入到包装中。降低引线接合的寄生的一种方法是向着包装 19 或基片 43 将该接合按平(图 4)。这限制了引线曲率以降低通量连接(flux linkage)，并使引线靠近地平面，从而更多地用作具有受控阻抗的传输线路。

特别是，引线接合 40 可用于如上所述串联耦合光电二极管 21，而且引线接合 41 可用于将光纤功率单元 20 与无线通信单元 25 耦合。另外，引线接合 42a, 42b 可用于将无线通信单元 25 与偶极子天线元 34a, 34b (图 1) 耦合。

无线通信单元 25 可包括射频(RF)发射机 27，和优化用于从光纤 11 提取光学数据信号的光信号光栅 28。当然，光信号光栅 28 和功率光栅 22 可以被不同样地优化。根据本发明的一个重要方面，RF 发射机 27 可以是超宽带(UWB)发射机。UWB 在很宽的频带内为极低的功率谱密度提供无线通信扩频。通过调制和辐射 RF 能量的离散脉

冲传输数据。结果，UWB对于在通信系统10中使用尤为有利，这是因为它可与许多现有的连续波窄带系统共存，而没有干扰。此外，UWB的宽谱特性和/或低频内容使得其比其他现有技术更适合于穿透墙和障碍。当然，本领域的技术人员将理解，根据本发明也可使用其他形式的无线通信。

如图3所示，例如，超宽带发射机27可以包括光信号检测器26，其具有与信号光栅（图2）耦合的输入端。信号检测器26也可以是光电二极管，如上述的InGaAs光电二极管。上述关于光电二极管21的位置，效率等的相同考虑也可适用于光电二极管26，因此，除了指出通常只需要一个光电二极管26用于信号检测（虽然可以使用多个）外，不要对此作进一步讨论。另外，可选的信号调节电路（未示出）也可以包含在一些实施例中，在无线通信单元25利用半导体技术实现的那些实施例中，这些实施例可以利用相同技术实现。

放大器30具有输入端，与光学检测器26的输出端连接。该发射机进一步包括伪随机码生成器31，具有与放大器30和伪随机码生成器的输出端相连的输入端的乘法器32，以及具有与乘法器的输出端相连的输入端的脉冲生成器33。其他的UWB发射机电路安排也是可能的，这一点将被本领域的技术人员理解。

超宽带发射机27也可包括与脉冲生成器33的输出端相连的天线34。举例来说，天线34可以通过引线接合42a，42b（图1）与超宽带发射机27（或其他适当的RF装置）相连的偶极子天线。对于特别的紧凑和高效结构来说，偶极子天线34优选包括第一和第二部分34a，34b，二者在沿光纤11的纵向侧的相反方向上延伸，如图2所示。

为了维持低分布（profile），优选使用宽带偶极子天线34，其可集成到光纤侧。然而，本领域的技术人员将理解，大部分的偶极子天线具有固有的窄带，因为它们为支持驻波的谐振结构。因此，各种方案可用于增大偶极子天线34的带宽以更有效地支持超宽带传输。一种这样的方案就是行波方案，其中天线中的电流分布被修改以支持行波。

具体来说，通过利用阻性材料形成偶极子，使电流波的幅度下降，

距离远离输入端。天线 34 可以在电流分布变得可以忽略不计的点处截短，而不会严重地影响天线的性能。由于只有很小的电流从偶极子端点反射，因此能避免谐振并且该结构支持行波。这种方案改善了带宽，但可能以效率为代价，因为在天线 34 有耗散性损耗。本领域的技术人员将理解，天线 34 的电阻分布可能需要沿其长度改变以优化在一些应用中在效率和带宽之间的折衷。有关这种方案的进一步的信息可以在 Tonn 等人的“Travelling Wave Microstrip Dipole Antennas”，IEEE, Electronics Letters, Volume 31, issue 24, 1995 年 11 月 23 日，第 2064-2066 页找到。

而另一种方案是阻抗负载，其有意引入寄生以通过使偶极子的有效长度依赖频率来加宽频率响应。这是通过防止较高频率具有多个谐振和将它们局限于偶极子的较小部分实现的。再一次，这个方案可以以效率为代价改善带宽，因为在寄生负载中有耗散性损耗。因此，天线 34 的阻抗分布需要沿其长度改变以优化在一些应用中在效率和带宽之间的折衷。关于这个方案的进一步的信息可在 Austin 等人的“Numerical modeling and design of loaded broadband wire antennas”，IEEE, Fourth International Conference on HF Radio Systems and Techniques, 1988，第 125-129 页中找到。

因此，本领域的技术人员需要确定上述（或其他）哪个方案最适合本发明的特定实现。此外，除了带宽和效率以外的原因，可以设计天线的阻抗和/或电阻分布。可以为诸如脉冲整形和信号过滤的功能设计和优化该分布。

如上面所指出的，根据本发明的一个方面，功率光栅 22 用于从纤芯 23 提取光以激励无线通信单元 25，而且光学信号光栅 28 被用于或者从纤芯提取光（在从无线通信单元传输信号的情况下）或者将光引入纤芯（即，在无线通信单元接收信号的情况下）。当然，本领域的技术人员将理解，存在用于从光纤 11 提取光的其他方案，如消散耦合，功率分割，或甚至多个光纤。这些方案，以及本领域的技术人员已知的其他适当的方案也可包含到本发明的范围中。

优选地，使用不同光波长用于光学-无线装置 12 的供电和信号。具体地说，无线通信单元 25 可操作具有光波长 λ_2 的光，该光由光信号源 35 (图 5) 提供 (在无线通信单元传输的情况下)。在这种情况下，光信号光栅 28 被“调谐”到 λ_2 ，下面将对此作进一步讨论。此外，通信系统 10 可包括与光纤耦合的光功率源 36，以及更具体地，如上指出的，用于利用具有波长 λ_1 的光激励光纤功率单元 20 的纤芯 23。当然，在一些实施例中，可能从具有相同波长的单个光源中提取信号和功率。光功率源 36 和光信号源 35 可以是例如，服务器 16 内部的电路。

现在进一步详细地讨论光栅 22 和 28 的制造。为了便于制造加工，可有利地使用光纤座。光纤座是光纤的一部分，在此覆层 24 的一部分被磨光以形成极靠近纤芯 23 的平表面。本领域的技术人员将理解，在光纤座 29 上制造的表面光栅 22，28 可利用消散场执行各种功能，例如频谱过滤，色散补偿，模式匹配，去模，或光提取和注入。光栅 22，28 也可被设计成在所选择的波长 (例如， λ_1 和 λ_2) 或模式上执行这些功能，同时不影响其他功能。

以这种方式与光纤 11 连接具有低插入损耗，降低系统复杂度，增强功能，以及可能用于批量生产的优势。常规的接头可能在使用工作于不同波长的多个光学-无线装置 12 时遭受光纤 11 的较高损耗。光纤座 29 也可用作微小尺寸的基片，以在某些实施例中接纳诸如 MEMS，传感器 (例如，生物/化学，声，地震等) 或其他微系统的小型装置。

光纤座 29 可通过将光纤放入硅 V 型槽和以环氧树脂填充间隙形成。由于固化了环氧树脂，整个组件被磨光，直到光纤 11 的覆层 24 极接近纤芯 23。液滴测试测量于是可用于精确地控制光纤座 29 表面与纤芯 23 的接近。该过程可以自动执行，而且具有光纤座的系统可能以低成本大规模生产。对于光纤座的使用的进一步细节，参见，例如，Leminger and Zengerle, *Journal of Lightwave Technology*, Volume 3, 1985。

该方案的其余好处包括使用该装置的硅座 29 部分与检测器电子

装置集成的能力。此外，其余光学器件和/或天线元件（未示出）集成在光纤座 29 的硅部分上也是可行的，这一点将被本领域的技术人员理解。

液滴测试测量方法估计光纤座 29 表面与光纤 11 的纤芯 23 的接近。光被注入光纤 11 的一端，使得它能穿透光纤座 29 的区域并最终到达功率计。通过将液滴置于光纤座 29 表面，光在液体区域被外耦合（outcoupled），而且能通过功率计测量作为光损耗。损失的光部分可用于计算从座表面到光纤纤芯的距离。

一种用于制造光栅 22, 28 的方案涉及在纤芯 23 形成期间使纤芯倾斜。本领域的技术人员将理解，由于光栅的色散特性，光栅是固有地频谱选择的，而且可被设计成选择性重定向波长的频带到纤芯 23 外。利用在光纤 11 的平坦一侧制造的微光学元件，外耦合的光将被随后聚焦到光电二极管 21, 26 上。由于该方案需要光敏玻璃来产生与纤芯 23 相邻的光栅 22, 28，在指数（index）上的强烈变化很难实现。低指数调制需要长的交互作用长度来耦合大量光功率到光纤外。这可能使聚焦复杂化以及限制微封装选择权。

因此，可以利用标准平版工艺来通过蚀刻表面光栅 22, 28 到光纤 11 的磨光表面上来制造表面光栅 22, 28。为了降低交互作用长度，通过将较高指数的材料外涂层施加到光栅结构的表面上可以大大增强指数调制。

倾斜的表面光栅结构还可潜在地用于优化光提取和光电二极管照明效率。这可通过将光纤 11 放置在倾斜的夹具上并在光纤座 29 表面上使用各向异性蚀刻图形实现。该方案可以得到例如，从 0 到 30 度的倾斜角。为了避免需要额外的聚焦光学器件，光栅结构 22, 28 的交互作用长度优选不比它们各自的光电二极管 21, 26 的有效区域长。通过这种方式，外耦合的光将被固有地局限于该有效区域。如果附加的聚焦变成必需，可使用衍射光学器件来将光聚焦到光电二极管 21, 26 上，这一点将被本领域的技术人员理解。

上面用于提取光的方案基于重定向，或分接头，从特定波长或模

式引导到光纤 11 外的光，用于功率和信号提取。一种可选的方案将该问题视为频谱选择性定向耦合器。纤芯 23 和光电二极管基片表示光传播的两个区域。通过将这两个区域非常靠近，通过设计一种频谱选择性光栅以匹配这两个区域的传播常数，有效地形成定向耦合器，可能将来自光纤的光非常有效地耦合到光电二极管，这一点将被本领域的技术人员理解。

如同上面指出的，利用该波长选择性光栅 22, 28，用于信号和功率的光可以在不同波长 λ_1, λ_2 提供，因此能单独地提取功率和信号光。一种可选的方案是在不同传播模式下提供用于信号和功率的光。例如，已经开发了一种过程，其使用涡流透镜来激励适用于该目的的分级指数多模式的特定模式。该过程在 Johnson 等人的“**Diffraction Vortex Lens for Mode-Matching Graded Index Fiber**”*Optical Society of America, Topical Meeting on Diffractive and Micro-optics, 2000* 中描述。因此，使用衍射光学器件为功率和信号波长 λ_1, λ_2 专门将光射入不同空间模式是可行的，这一点将被本领域的技术人员理解。相应地，还将理解，衍射光学器件可潜在地被设计用于分别空间去复用功率和信号模式。

另一种方案是利用双工光纤组件，其中一个光纤专用于提供功率，而另一个光纤用于信号分配。这将具有一些优势：功率信道能在网络中的各个位置被放大或重提供，而不会中断信号光纤。通过这种方式，功率源能够被分配，这可使通信系统 10 更可靠和健壮。此外，光纤 11 可以与例如，波分复用 (WDM) 或密集 WDM (DWDM) 方案一起使用，这将被本领域的技术人员理解。这个方案能利用标准无源 WDM 技术和标准放大器技术为功率信道分配不同信号。然而，这种合并可能需要比上面公开的单个光纤方案更大量的不动产。当然，将理解，这两个实施例都包含在本发明的范围内，而且一根独立的导线甚至都能用于在一些实施例中提供功率。

如同上面指出的，光学-无线装置的各部分可能在具有封装 19(图 2) 的半导体装置中有利地实现。在这个实施例中，封装 19 可用作安

装光纤功率单元 20 和无线通信单元 25 到光纤 11 的纵向侧的基片。在图 4 所示的实施例中，独立的基片 43（例如，陶瓷基片）也可用于此目的。

图 4 中示意的一种可能的微封装方案涉及使各种硬件部分模块化。具体地说，一行光电二极管 21, 26 被固定到陶瓷基片 43 的前侧。基片 43 的后侧填充上述的 UWB 无线电硬件。电互连由电导和电阻性环氧树脂，陶瓷基片上的金属迹以及引线接合提供，这些在上面也指出来了。在这种配置中，陶瓷和硅基片能，例如，“咬合”在一起。

上面还指出，光学-无线单元 12 可同时发射和接收无线信号。在无线通信单元 12 包括无线发射机 27 的那些实施例中，通信系统 10 可另外包括与无线发射机分隔并从无线发射机接收信号的至少一个无线接收机 37（和相关天线 38）。相反，在无线通信单元 12 包括无线接收机的那些实施例中，该系统还可包括与无线接收机分隔并向无线接收机发射信号的至少一个无线发射机 60'（和相关天线 61'）。当然，在其他实施例中，可以提供双工通信，即，无线通信单元 12 可包括例如，收发信机。

现在转到图 7，描述用于光学-无线通信的本发明的方法方面。该方法以在框 71 将至少一个光学-无线装置 12 与光纤 11 的纵向侧耦合开始（框 70），所述至少一个光学-无线装置包括上述的光纤功率单元 20 和与之相连的无线通信单元 25。该方法还包括将光功率提供到光纤 11 中（框 72），利用光纤功率单元 20 将光纤中的光功率转换为电功率（框 74），以及利用从光功率转换的电功率（框 73）为无线通信单元 25 供电用于光学-无线通信，由此结束该方法（框 75）。其余的方法方面从上述说明将理解，因此在此不作进一步讨论。

因此本领域的技术人员将理解，本发明的通信系统 10 具有各种优点。特别地，这些优点包括：光学和无线域之间的无缝转换；可靠的，无束缚地，以及高容量地接入光链路；超宽带脉冲比的潜在利益；高度转换性；小波形系数；无光-电-光接头沿光纤 11 分配无线节点功能；由于冗余度增加而导致的生存力更强的系统；比常规光学-无线系

-
- 统更容易管理的更移动的系统；比常规的光学-无线转换器难度小的系统；布线最小化；以低成本快速部署的系统；比常规光学-无线系统更容易和快速安装的无铜 LAN；在“常规”UWB 链路和特制网络范围内的显著增加；等待时间和处理开销在光学/无线互连点被基本上消除；
- 5 旁路频率分配限制；以及可降低系统成本。

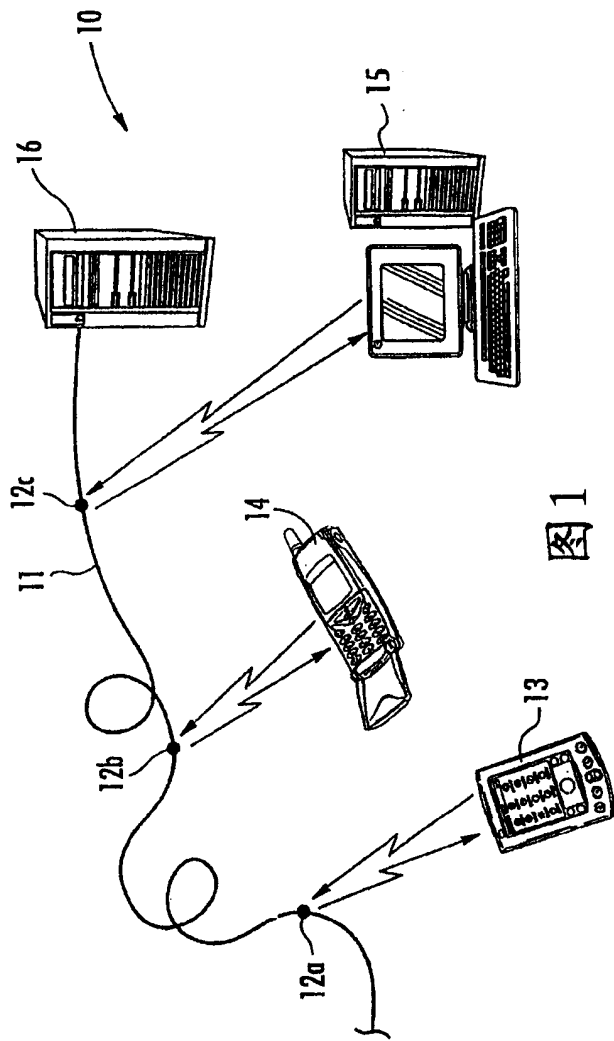


图1

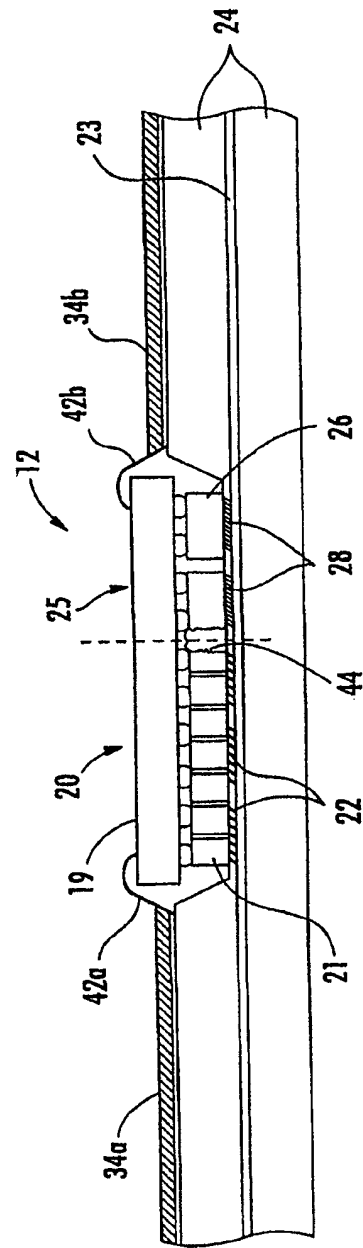


图2

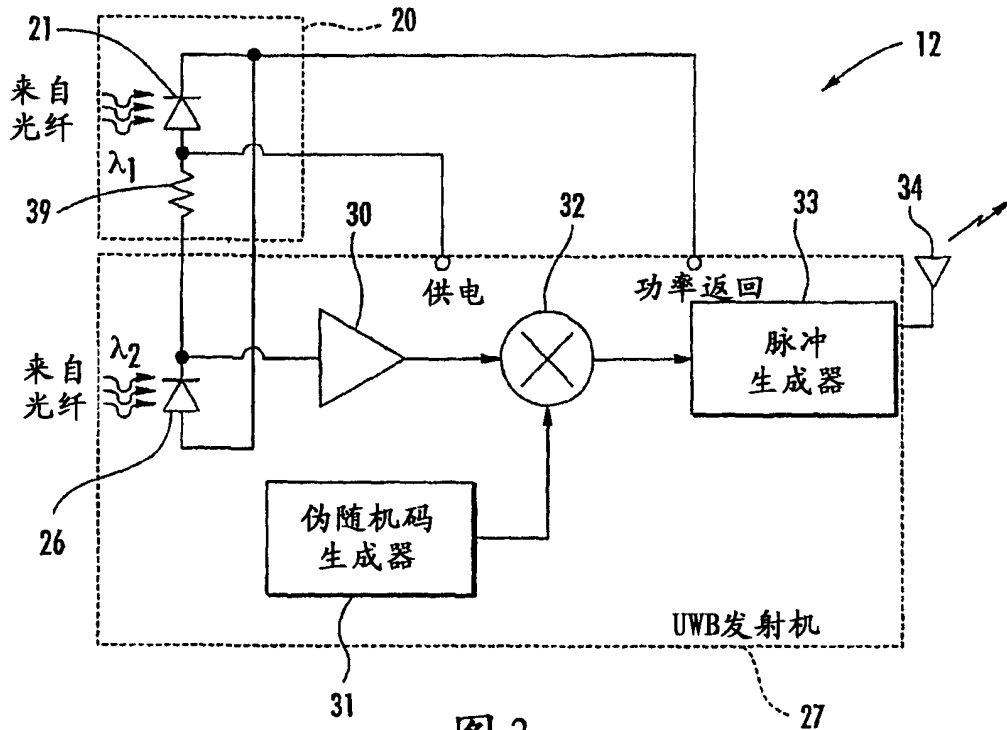


图 3

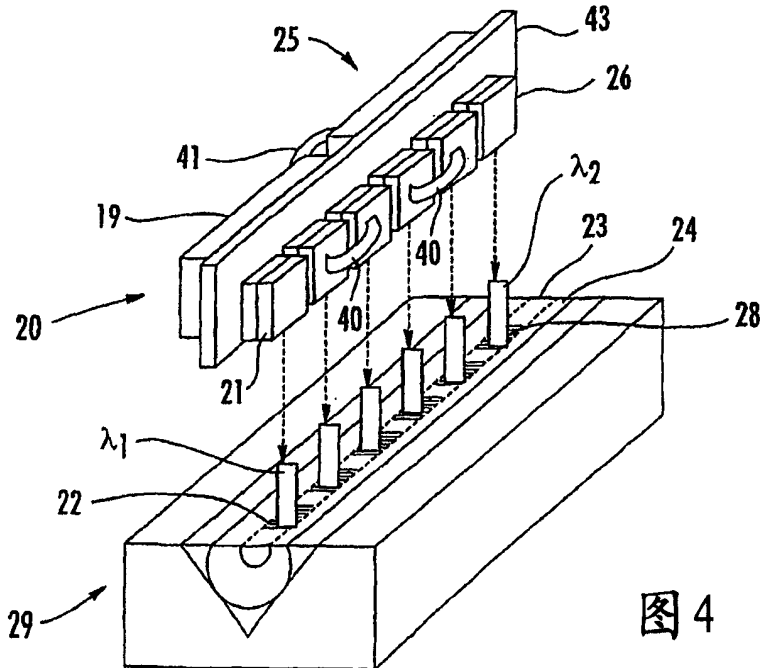


图 4

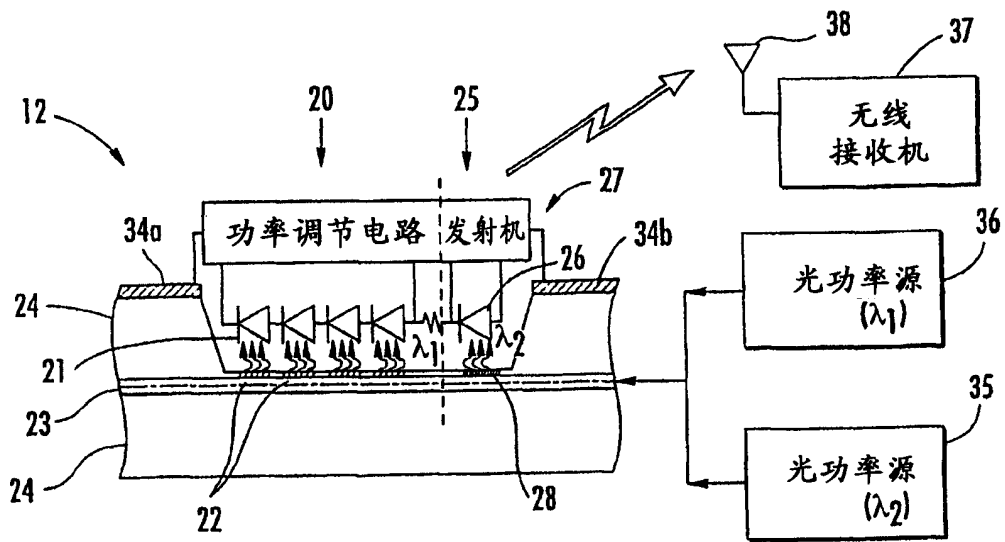


图5

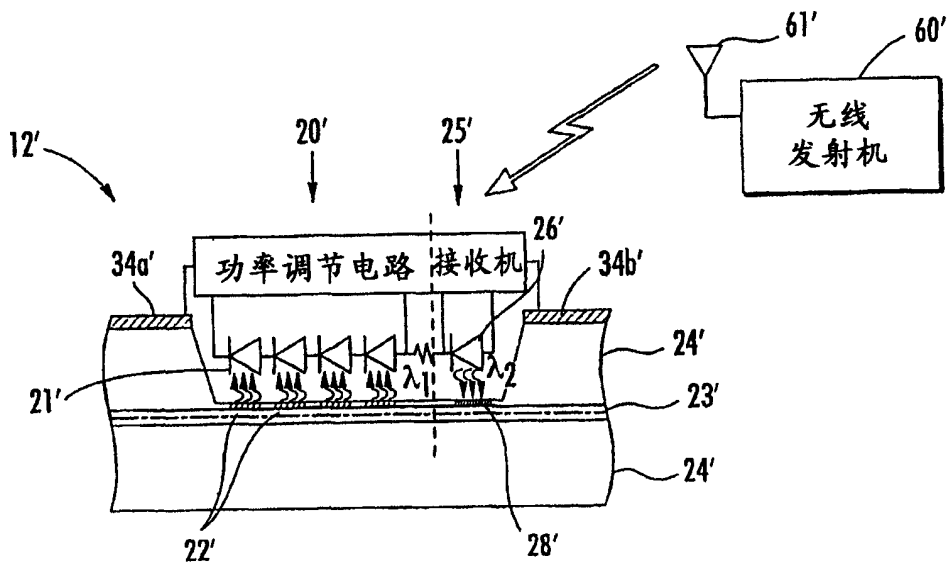


图6

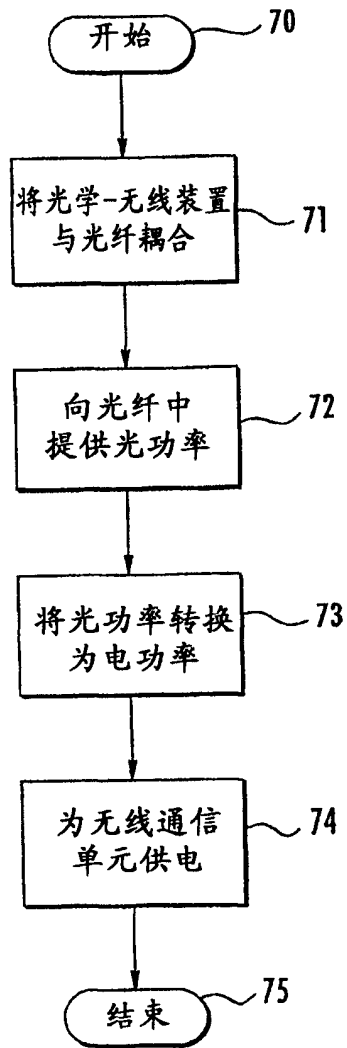


图7