

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02F 1/065 (2006.01)

G02F 1/035 (2006.01)

H04B 10/12 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03803385.2

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1322357C

[22] 申请日 2003.1.13 [21] 申请号 03803385.2

[30] 优先权

[32] 2002. 2. 8 [33] EP [31] 02290319.9

[86] 国际申请 PCT/EP2003/000225 2003. 1. 13

[87] 国际公布 WO2003/067314 英 2003. 8. 14

[85] 进入国家阶段日期 2004. 8. 6

[73] 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

[72] 发明人 帕特里克·拉贝

让-诺埃尔·帕迪隆

达维德·巴特曼 埃里克·图萨尔

[56] 参考文献

US 5459800 A 1995.10.17

CN 1052837 C 2000.5.24

US 5044725 A 1991.9.3

CN 1094552 A 1994.11.2

审查员 尉小霞

[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 谢丽娜

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

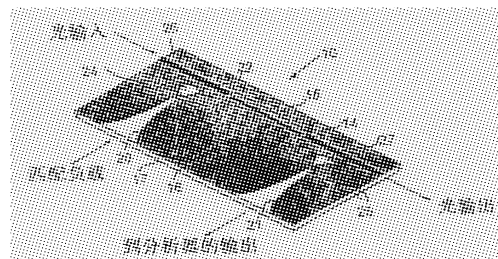
[54] 发明名称

光和射频信号之间的转换

[57] 摘要

一种用于在光和射频信号之间转换的检测器或调制器，包括用于传播具有频率差是对应射频频率的量的两个光信号分量的光波导(11 到 14)，以及用于在射频传播无线信号的微带无线信号波导(15, 16)，该微带无线信号波导和光波导的交互/一个(14)行波耦合，光导包括在其内光信号分量和无线信号发生交互的材料。微带无线信号波导元件(15, 16)包括导电带(15)，其在交互区域一侧和交互区域(14)并列并沿该区域延伸，并且该微带无线信号波导元件(15, 16)还包括导电地平面(16)，其在交互区域的另一侧和交互区域(14)并列并沿该区域延伸。过渡无线信号波导元件(20, 21)是延伸穿过微带(15)的 Vivaldi 天线的形式，将微带无线信号波导元件(15, 16)和矩形部分波导(18)及匹配负载连接。过渡无线信号波导元件(20, 21)的每一

个都包括在微带波导的导电地平面(16)内形成的宽度逐渐变化的开口。射频信号谐振器(24 到 27)延伸微带(15)的末端以及 Vivaldi 天线的小端。



1. 一种用于在光和射频信号之间进行转换的设备，其包括光波导（11到14），用于传播具有对应射频频率的一定量的差别的频率的两个光信号分量，该设备还包括第一无线信号波导元件（15，16），用于以所述射频传播无线信号，所述第一无线信号波导元件和所述光波导的交互区域耦合，所述光波导包括在其内发生所述光信号分量和所述无线信号之间的交互的材料，

其特征在于，第二无线信号波导元件（20，21）将所述第一无线信号波导元件（15，16）和第三无线信号波导元件（18）连接，所述第二无线信号波导元件（20，21）具有逐渐变化的横截面，该横截面与所述第一（15，16）和第三（18）无线信号波导元件的传播特性相适应，并且射频信号谐振器装置（24到27）和所述第一及第二无线信号波导元件连接。

2. 如权利要求1的所述设备，其中，所述第一无线信号波导元件（15，16）和所述光波导的所述交互区域是行波耦合的。

3. 如权利要求2的所述设备，其中，所述交互区域和所述第一无线信号波导元件（15，16）的所述行波耦合在所述光波导上至少延伸和所述第一无线信号波导元件（15，16）内的所述无线信号波长一样的长度。

4. 如权利要求1的所述设备，其中，在所述交互区域内的所述光信号分量的传播速度和在所述第一无线信号波导元件（15，16）内的所述无线信号的传播速度相等。

5. 如权利要求1的所述设备，其中，所述第一无线信号波导元件（15，16）包括拉长部件（15），该部件的至少一部分和所述交互区域并列，并且所述谐振器装置包括在所述拉长部件（15）的每一端末

端处的阻抗匹配放大元件（24，25）。

6. 如权利要求1的所述设备，其中，所述谐振器装置包括在所述第二无线信号波导元件（20，21）的一端末端处的阻抗匹配放大元件（26，27）。

7. 如权利要求1的所述设备，其中，所述第二（20，21）和第三（18）无线信号波导元件横向延伸到所述第一无线信号波导元件（15，16）。

8. 如权利要求1的所述设备，其中，所述光波导（11到14）包括在所述交互材料内、在不同传播特性材料的界面（11）上形成的脊，所述交互材料具有使得引导所述光信号分量沿所述脊传播的尺寸。

9. 如权利要求1的所述设备，其中，所述第一无线信号波导元件（15，16）包括导电微带（15），该导电微带在交互区域一侧与所述交互区域并列并沿其延伸，所述第一无线信号波导元件（15，16）还包括另一个导电元件（16），在交互区域另一侧与所述交互区域并列并沿延伸。

10. 如权利要求9的所述设备，其中，所述另一个导电元件（16）也横向延伸到所述交互区域，并且所述第二无线信号波导元件（20，21）包括在所述另一个导电元件（16）上形成的、具有逐渐变化的宽度的开口。

11. 如权利要求10的所述设备，其中，所述开口包括具有从第一端向第二端宽度逐渐增加的宽度的第一部分（20，21），所述第一端和与之存在耦合关系的所述第一无线信号波导元件（15，16）并列，并且所述谐振器装置包括在所述第一端末端处的所述第一部分的扩展部分（26，27）。

12. 如权利要求 11 的所述设备，其中，所述开口的所述第一部分（20，21）是喇叭形状。

13. 如权利要求 1 的所述设备，其中，所述第三无线信号波导元件（18）包括一拉长波导，具有基本平行的导电墙，并且所述第二无线信号波导元件（20，21）突出到与之有耦合关系的所述拉长波导内。

14. 如权利要求 1 的所述设备，其中，所述交互材料对所述光信号的传播呈现二阶非线性光偏振特性。

15. 如权利要求 14 的所述设备，其中，所述交互材料包括双极材料，该材料对所述光信号呈现非中心对称交互特性。

16. 如权利要求 14 的所述设备，其中，所述交互材料包括重氮苯发色团材料，该材料在主基体聚合物材料中具有定向电特性。

17. 一种光到射频检测器，其包括权利要求 1-16 任意之一所述的设备，还包括用于提供所述两个光信号分量到所述光波导（11 到 14）的装置（1 到 10），以及耦合到所述第一无线信号波导元件（15，16）用于接收所述无线信号的装置。

18. 一种调制光信号的调制器，其包括如权利要求 1 到 16 中任何一项所述的设备，还包括用于提供所述光信号到所述交互区域的装置（1，2），以及用于提供所述无线信号到所述第一无线信号波导元件（15，16），从而在所述交互区域内调制所述光信号，并产生在所述光波导（11 到 14）内传播的所述两个光信号分量的装置。

## 光和射频信号之间的转换

### 发明领域

本发明涉及射频调制光辐射，更具体的说，涉及用于产生调制光信号的设备以及用于检测调制为光信号的无线信号的设备。

### 发明背景

射频调制光纤系统，例如在美国专利说明书 5917636 号中公开的，能够建立覆盖广大区域的移动网络。这些系统能够接受关于数据速率和自由频谱范围方面的需求引起的连续增长，还能扩展已安装的仪器和基础结构。这些系统频率的增加导致天线尺寸以及用在网络的射频部分中的装置的减少，以及整个系统带宽的增加。对于 155Mbps 或更高的数据速率，已经在 NBS 项目 (RACE 2067) 框架内将 ITU 仍未分配的两个频谱范围 62-63GHz 以及 65-66GHz 确定为特别适于此类系统。

本发明可应用于这些频率范围以及其他频率，特别是但不排除所谓的毫米射频范围，在此范围中，自由空间内的无线信号的波长量级是 1 到 10 毫米。此种无线信号易受大气和普通建筑材料的强吸收，因此将无线信号调制为在光纤内引导的光信号进行传输是特别有利的，其中光纤是从源到所谓的微微蜂窝小区的，并且在微微蜂窝小区处检测无线信号，如果需要的话，还可在相对较短的距离上辐射该无线信号。

为了最小化由于光纤内的色散引起的问题，优选的通过组合两个相位相关的光载波获得产生的调制光信号，在具有和无线载波信号的期望微波频率相等的频率偏移的双频激光发射机内产生上述光载波。然后通过光纤传输两个光信号，并在检测器恢复无线信号。此种系统在例如 IEEE 微波理论和技术学报，第 44 卷第 10 期，1716 页到 1724

页“Chromatic dispersion in fiber-optic microwave and millimetre wave links(在光纤微波和毫米波链路中的色散)”论文中以及 IEEE 微波理论和技术学报, 第 46 卷 458 页到 468 页“Multifunction fiber-optic microwave links based on remote heterodyne detection(基于远程外差检波的多功能光纤微波链路)”论文中都有所描述。

可用在根据本发明的系统中的此种通信系统的一个例子显示在图 1 中, 其包括在发射机端的主激光器 1, 由光纤 2 将其连接到射频调制器 3, 射频调制器 3 又由光纤 4 连接到电子束分裂器 5。来自电子束分裂器 5 的两个光信号由光纤 6 连接到两个从激光器 7, 将两个从激光器 7 调谐到与无线信号频率等距间隔的频率上, 并用作滤波器以产生高相位相关度和高光谱纯度的光信号。在光纤输出线 9 之上传输之前, 将从激光器 7 的输出连接到复合装置 8。在接收机端, 系统包括接收光纤线 9 内的光信号并解调无线信号的检测器 10。

对于调制器 3 和检测器 10, 提供射频调制光信号的高效产生和检测是很重要的。基于光和无线波在其内交互的半导体材料的使用提出了许多建议。比如, 美国专利说明书 5917636 公开了包括 InGaAsP 的多量子井结构的电吸收层的使用, 这个吸收层的物理尺寸远远小于使用的无线信号的波长。

IEEE 微波理论和技术学报第 47 卷 1265 到 1281 页的论文“Ultrawide-band/high frequency photodetectors(超宽带/高频光电检测器)”中公开了用于和射频信号的不同波导以及行波结构一起协同交互的光电检测器材料。检测器材料的尺寸再次远远小于射频波长。

在 IEEE 光子学技术通讯, 第 11 卷 54 到 56 页论文“(High frequency polymer modulators with integrated finline transition and low  $V_{\pi}$  (具有集成翼性过渡和低  $V_{\pi}$  的高频聚合物调制器)”中公开了在用于光信号的射频调制器中非线性光聚合物材料的使用, 该材料被放置在射频微带

波导的两个末端的电极之间。在此论文中描述的无线信号检测器是光电检测器。

在已知的系统中，由于系统效率和为光电二极管以及光电晶体管装置提供稳定电压的要求而出现问题，在较高频率，特别是例如高于100GHz，其效率会进一步降低。

我们发现在设计用于此类系统的适当的射频调制器和检测器装置，特别是无源装置中的关键因素和电吸收材料的选择有关，并且还和装置的不同部分之间的耦合有关。

#### 发明内容

本发明提供一种用于在光和射频信号之间进行转换的设备，其包括光波导（11到14），用于传播具有对应射频频率的一定量的差别的频率的两个光信号分量，该设备还包括第一无线信号波导元件（15，16），用于以所述射频传播无线信号，所述第一无线信号波导元件和所述光波导的交互区域（14）耦合，所述光波导包括在其内发生所述光信号分量和所述无线信号之间的交互的材料，其特征在于，第二无线信号波导元件（20，21）将所述第一无线信号波导元件（15，16）和第三无线信号波导元件（18）连接，所述第二无线信号波导元件（20，21）具有逐渐变化的横截面，该横截面与所述第一（15，16）和第三（18）无线信号波导元件的传播特性相适应，并且射频信号谐振器装置（24到27）和所述第一及第二无线信号波导元件连接。

本发明还提供一种光到射频检测器，其包括前面所述用于在光和射频信号之间进行转换的设备，还包括用于提供所述两个光信号分量到所述光波导（11到14）的装置（1到10），以及耦合到所述第一无线信号波导元件（15，16）用于接收所述无线信号的装置。

本发明还提供一种调制光信号的调制器，其包括前面所述用于在

光和射频信号之间进行转换的设备，还包括用于提供所述光信号到所述交互区域（14）的装置（1，2），以及用于提供所述无线信号到所述第一无线信号波导元件（15，16），从而在所述交互区域（14）内调制所述光信号，并产生在所述光波导（11到14）内传播的所述两个光信号分量的装置。

#### 附图简要说明

图 1 是根据本发明的一个实施例的通信系统的示意性框图，

图 2 是在根据本发明的优选实施例的检测器内的组件的简化透视图，

图 3 是图 2 的检测器的横截面，

图 4 是用在图 2 检测器内主基体中的双极重氮苯(dipolar diazobenzene)材料的化学式，

图 5 是图 2 检测器的透视图，

图 6 是图 2 检测器内的组件的平面图，

图 7 是简化的透视图，和图 2 类似，是根据本发明另一优选实施例的检测器内的组件。

#### 具体实施方式

附图显示了根据本发明的一个实施例的用于在光和射频信号之间转换的设备。显示在图 2 到图 6 中的设备是光到射频检测器，并且通过参考检测器描述本发明的实施例；然而，应当理解，类似的设计原理也可应用到以射频信号调制光信号的调制器上。该设计原理还可用于收发机，也就是说接收由第一无线信号调制的光信号并检测第一无线信号，然后以被传送到别处的第二无线信号调制光信号的装置。

更具体的说，附图 1 显示了如上所述的通信系统，其包括调制器 3 和检测器 10。根据本发明的这个实施例，系统检测器 10 是在附图 2 到 6 中显示的那种类型的检测器。在本发明的优选实施例中，调制器同样也是在附图 2 到 6 中显示的那种类型，但具有单一的光输入信号



和射频输出信号，而不是检测器的两个光输入信号和射频输出信号。

在图 2 中还显示了检测器是无源检测器，其包括脊形光波导。例如，在光波技术杂志第 16 卷 1851 到 1853 页论文题为“The single-mode condition for semiconductor wave-guides with large cross-section(用于具有大横截面的半导体波导的单模式条件)”中描述了脊形光波导的结构。

使用光波导的原理是基于在不同折射率的两种介质之间界面上的全反射。如图 3 所示，脊形光波导包括上部和下部缓冲层 11 和 12。电光核心位于在上部以及下部缓冲层 11 和 12 之间和其密切接触的位置，电光核心 10 包括厚度实际上小于光辐射波长的层 13 以及厚度可和光辐射波长相比、且宽度大于光辐射波长的脊 14。在当前例子中，光辐射的波长是 1.55 微米，层 13 的厚度是 0.2 微米，脊 14 的厚度是 1.5 微米，脊的宽度是 4 微米。

在本发明的此实施例中，电光导 13, 14 的交互材料对光信号分量的传播呈现出二阶非线性光偏振特性，更具体的说是双极材料在主基体聚合材料内呈现出非中心对称的交互特性。此种类型的合适的交互材料包括电定向重氮苯。在优选实施例中，电定向重氮苯是活性发色团“分散红 1”，被移植到有机玻璃中作为主基体（“PMMA-DR1”）。PMMA-DR1 的化学式显示在图 4 中，化学式左手侧是活性双极 DR1，并且右手侧是主 PMMA。放在电场中的此类分子以和电场对准的方式定向。从非晶材料开始，可以获得一种定向材料，其中极性分子在统计上指向类似方向，从而给出二阶非线性光偏振特性，具体的说是非中心对称特性。

存在对红外辐射透明的其他非中心对称材料。除了其他定向双极材料外，可以使用生产的多层铈酸锂和多数 III-V 和 IV-VI 材料并使其具有适当的二阶非线性光偏振特性。然而，在优选实施例中，在 PMMA-DR1 中形成电光核心 13, 14。

在制造装置的优选方法中，在添加金属层（下面描述）之后，加热该组件到电光核心聚合物的玻璃过渡点（vitreous transition point），大约 120°C。将强电场加到作为电极的金属层。随后保持该电场，同时将温度降低到环境温度。

在本发明的优选实施例中，以氟化聚合物“AV014”和“AV001”生产缓冲层 11 和 12，上述物质在 1998 年的第 7 届国际塑料光纤大会会议论文集第 316 到 323 页的论文“Fabrication of low refractive index low loss fluorinated self-cross linking polymer waveguides for optical devices(用于光装置的低折射率低损耗氟化自我交叉链接聚合物波导的制造)”中进行了描述。因为它们的折射率而选择这些材料，折射率低于电光核心的折射率。在当前例子中光辐射波长是 1.55 微米，PMMA-DR1 的折射率是 1.5965，AV001 的折射率是 1.4466，并且 AV004 的折射率是 1.4009。

电光核心脊 14 分别通过线性锥形（未示出）连接到输入和输出光纤（未示出），线性锥形使得光纤（通常直径是 10 微米）的形状和大小和光电核心 14 的形状（矩形横截面）和大小（近似 4 微米）相适应，同时降低了插入和拔出的损耗。

在附图中显示的装置还包括行波无线信号波导，和由电光核心 10 形成的光波导耦合。可以使用不同的无线信号波导，例如其中带在两个地平面之间延伸的带状线，或其中带在相同平面内伸展，作为两条侧向接地带的共面波导，或其中共面波导相对于接地平面平行延伸的接地共面波导。然而，在优选实施例中，无线信号波导是微带波导，和光波导电光核心脊 14 的大约 4 微米的宽度相比，包括宽度是大约 15 微米的带，并且该带和在电光核心脊 14 另一侧的地平面金属层 16 并列。选择带 15 和地平面层 16 的间距和宽度，使得微带在无线信号频率（此例子中是 60GHz）的阻抗和比如 WR15 波导（500HMS）的标准

波导兼容。WR15 波导的标准尺寸如下：

带宽	频率	内部尺寸 (mm)		外部尺寸 (mm)		截止频率	损耗 (dB/m)
		宽度	高度	宽度	高度		
V	50-75Ghz	0.3759	0.1879	0.579	0.391	39.9GHz	0.188

如在附图 3 所显示的，带 15 和上部缓冲层 11 的上表面并列且非常接近，并且地平面 16 和下部缓冲层 12 的下表面并列且非常接近。选择在其上微带 15 和光波导紧耦合的长度为至少近似等于无线信号的波长，就是说，在此例子中，在 60GHz 无线信号频率时至少是 5 毫米；在本发明的优选实施例中，此频率的光/无线交互长度是 1.3 厘米。以这种方式，获得了对于装置效率非常有用的行波耦合。

选择装置元件的尺寸以及使用的材料的特性，使得光波导内光信号分量的传播速度以及无线信号波导内无线信号的传播速度实质上相同。在此，发现此特性对于检测（在调制器的例子中是调制）效率是非常重要的。

三种波混合交互的行为可表示如下。首先，使用麦克斯韦方程的非线性表达式描述三种波之间的交互：

$$\begin{cases} \text{rot}\vec{E}(\omega_i, \vec{r}) = j\omega_i\mu_0\vec{H}(\omega_i, \vec{r}) \\ \text{rot}\vec{H}(\omega_i, \vec{r}) = -j\omega_i\epsilon_0\epsilon(\omega_i)\vec{E}(\omega_i, \vec{r}) - j\omega_i\vec{P}^{NL}(\omega_i, \vec{r}) \end{cases} \quad \text{公式 (1)}$$

E 和 H 分别是电场和感应(磁电)场， $P^{NL}$  代表非线性偏振并由下面的表达式定义：

$$\begin{aligned} \vec{P}^{NL}(\omega_k) &= \epsilon_0 [x^{NL}(\omega_k)] \otimes \vec{E}(\omega_i) \otimes \vec{E}^*(\omega_j) \\ \omega_k &= \omega_i - \omega_j \end{aligned} \quad \text{公式 (2)}$$

$\omega_{i,j,k}$  代表不同频率， $x$  是传播介质的非线性磁化系数。为解方程

(1)，使用波导模形式，其中在由本地模式构成的正交基础上分离不同的场，如以下方程所显示的：

$$\begin{cases} \bar{E}_v(x, y, z) = \sum_{i=1}^n a_i \bar{E}_v^i(x, y) e^{j\beta_i z} + \sum_{i=1}^n a_{-i} \bar{E}_v^{-i}(x, y) e^{-j\beta_i z} + \bar{E}_v^{rad}(x, y, z) \\ \bar{H}_v(x, y, z) = \sum_{i=1}^n a_i \bar{H}_v^i(x, y) e^{j\beta_i z} + \sum_{i=1}^n a_{-i} \bar{H}_v^{-i}(x, y) e^{-j\beta_i z} + \bar{H}_v^{rad}(x, y, z) \end{cases}$$

公式 (3)

具有正上标和负上标的场分别是传播和逆传播场。 $E^{rad}$  和  $H^{rad}$  是电磁场的辐射部分。之后，使用该分解的正交特性，可从 (1) 和 (3) 推出每一波长的幅度变化：

$$\begin{cases} \frac{dA_1}{dz} = j\tilde{\eta}_1 x^{eff} A_3 A_2^* e^{-j\Delta k z} \\ \frac{dA_2}{dz} = j\tilde{\eta}_2 x^{eff} A_3 A_1^* e^{-j\Delta k z} \\ \frac{dA_3}{dz} = j\tilde{\eta}_3 x^{eff} A_1 A_2 e^{j\Delta k z} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \tilde{\eta}_1 &= \eta_1 \frac{\langle E_3^1 E_2^1 * | E_1^1 \rangle}{\langle E_1^1 | E_1^1 \rangle} \\ \tilde{\eta}_2 &= \eta_2 \frac{\langle E_3^1 E_2^1 * | E_2^1 \rangle}{\langle E_2^1 | E_3^1 \rangle} \\ \tilde{\eta}_3 &= \eta_3 \frac{\langle E_1^1 E_2^1 | E_3^1 \rangle}{\langle E_3^1 | E_3^1 \rangle} \end{aligned}$$

公式 (4)

$\eta$  系数代表三个场的重叠。最后在处理系统 (4) 中通过引入用于  $\Delta k$  的复值考虑传播介质的吸收。

在本发明的优选实施例中，地平面 16 由放置在钛层上的金层形成，并且钛层本身又被放置在用作支撑的硅层 17 上。

如附图 2, 5, 6 和 7 中所显示的, 平行于光波导 14 延伸并和其并列的微带无线信号波导 15 和 WR15 型 (用于 50 到 75GHz 无线频率的标准波导) 的外部无线信号波导 (其中之一在图 5 和 6 的 18 显示) 连接。在本发明的优选实施例中, WR15 波导垂直于微带无线信号波导 15 以及光波导 14 的长度延伸, 并和地平面 16 平行。

在地平面 16 的材料内形成过渡无线信号波导元件 20 和 21, 并呈现逐渐变化的横截面, 从而和具有 WR15 波导的微带的传播特性匹配。更具体的说, 波导元件 20 和 21 包括在地平面 16 内喇叭形状的“Vivaldi 天线”开口, 该开口较小的一端宽度和微带 15 的相似, 较大一端的宽度和例如 18 的波导 WR15 的对应宽度 (高度) 类似。Vivaldi 天线 21 连接到接收机电路元件 (例如到重发电路), 而 Vivaldi 天线 20 连接到给微带 15 提供匹配负载的  $n$  元件, 以确保它工作在平衡条件下。

微带元件 15 穿过 Vivaldi 天线 20 和 21 的小端, 和它们距离堆叠缓冲层 11 和 12 以及电光层 13, 14 的厚度。在图 2, 5 和 6 所示的本发明的实施例中, 微带 15 包括扩展部分 22 和 23, 其平行于微带 15, 但在和光波导 14 的无线信号耦合关系上, 又和微带 15 的一部分交错。VIVALDI 天线 20 和 21 的小端也相对于光波导 14 隔开。然而, 在图 7 所示的本发明的另外的实施例中, 将 Vivaldi 天线 20 和 21 的小端直接放置在光波导 14 的下面, 并且微带线 15 完全和光波导 14 一致, 并与之存在无线信号耦合关系。

为提高装置的频率范围, 形成四分之一圆周 (或“扇形”) 形状的无线信号频率谐振器 24, 25, 作为在微带 15 末端的扩展部分, 并在 Vivaldi 天线 20 和 21 小端形成谐振器 26, 27 作为开口的扩展部分。设计谐振器尺寸, 从而它们分别在操作射频上提供和微带 15 以及 Vivaldi 天线 20 和 21 的阻抗相匹配的终端阻抗。它们有效减少了相应元件中无线信号传播平面内的终端反射系数。

如图 6 所示, 在本发明优选实施例中, 对于 60GHz 无线载波信号, 优选的, Vivaldi 天线 20 和 21 在小端是 7.8 微米宽, 在宽端是 1.879mm 宽, 长是 3mm。Vivaldi 天线的谐振器 26 和 27 优选地具有半径 0.56mm, 微带的谐振器 24 和 25 优选地具有半径 1.62mm。

在图 2 和图 7 所示的装置的操作中, 将具有频率差是对应无线信号载波频率的量的两个光信号分量加到光波导 14 的光输入。两个光分量在电光核心 14 的二阶非线性光偏振材料内交互。微带 15 以及地平面 16 和光波导 14 的紧耦合使得在微带线 15 中引起射频信号。在图 2 所示例子的情况中, 线 15 和它的扩展部分 22 和 23 一起传输射频信号到 WR15 波导 18, 并且如图 4 所示在 WR15 波导内延伸的 Vivaldi 天线 20 和 21 也传输射频信号到 WR15 波导 18, 并在该波导中接收该无线信号。

在类似结构的例如 3 的调制器装置中, 具有在光波导内传播的单一光分量的在 WR15 波导内传播的无线信号调制该光分量, 从而在光波导输出端传播两个光分量。

发现在附图所示的检测装置例子中, 电信号的输出功率和射频平方成正比, 因此实际上获得了比在其他效率随频率减小的装置中更高的效率。无线信号的输出也和交互链路的平方成正比, 并和光信号的输入功率成正比: 因此装置效率越高, 光信号越强烈, 但是考虑交互链路, 在光波导中光信号的吸收限制了最佳交互链路的长度。

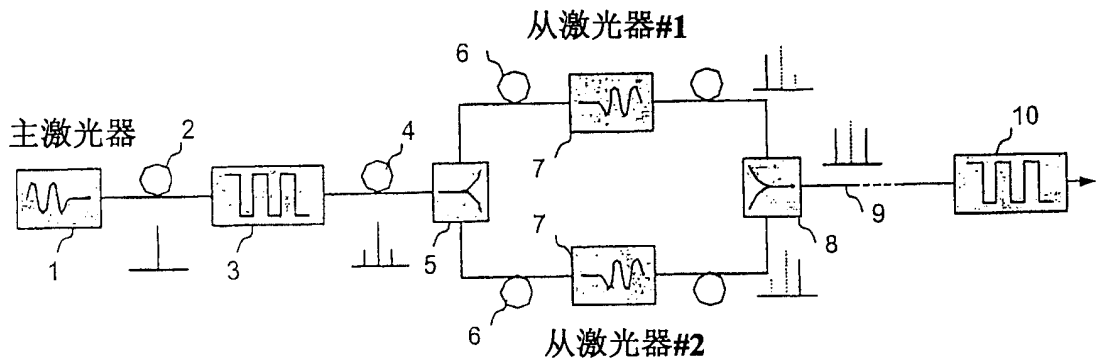


图1

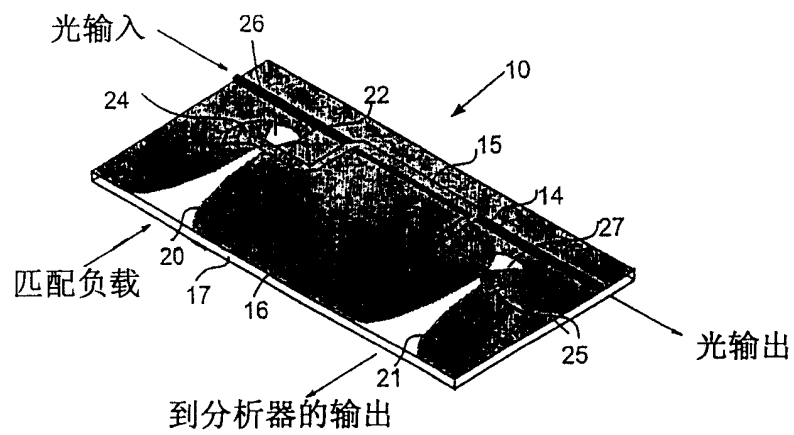


图2

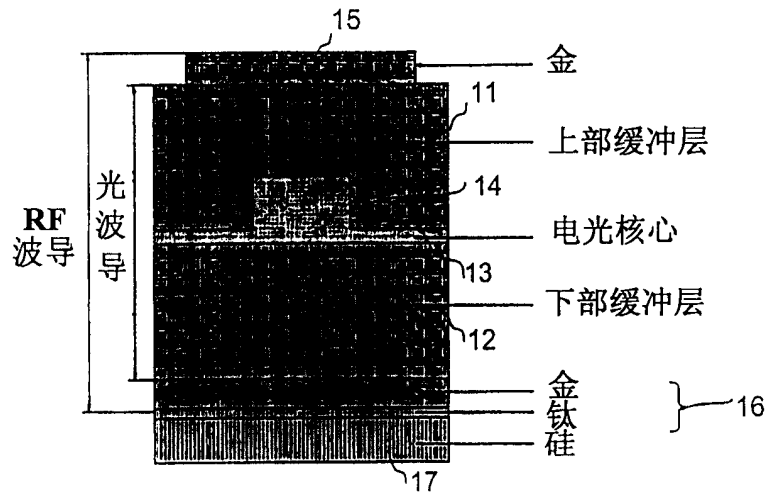


图3

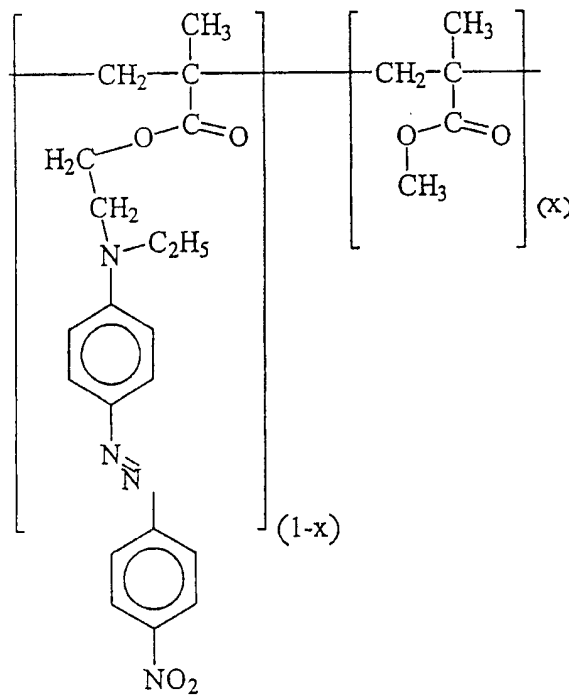


图4



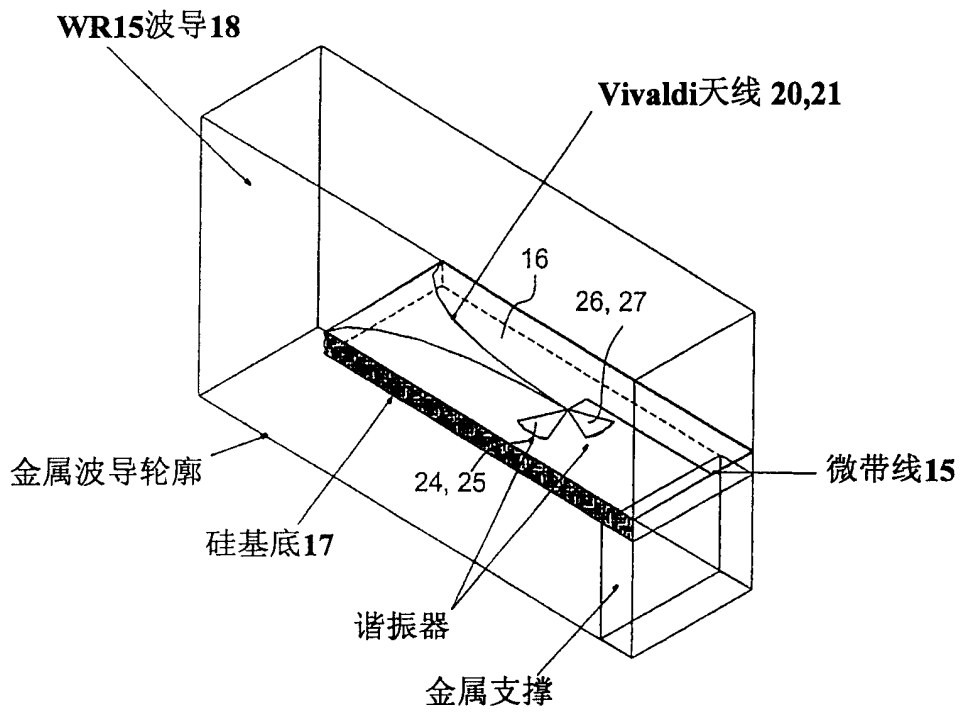


图5

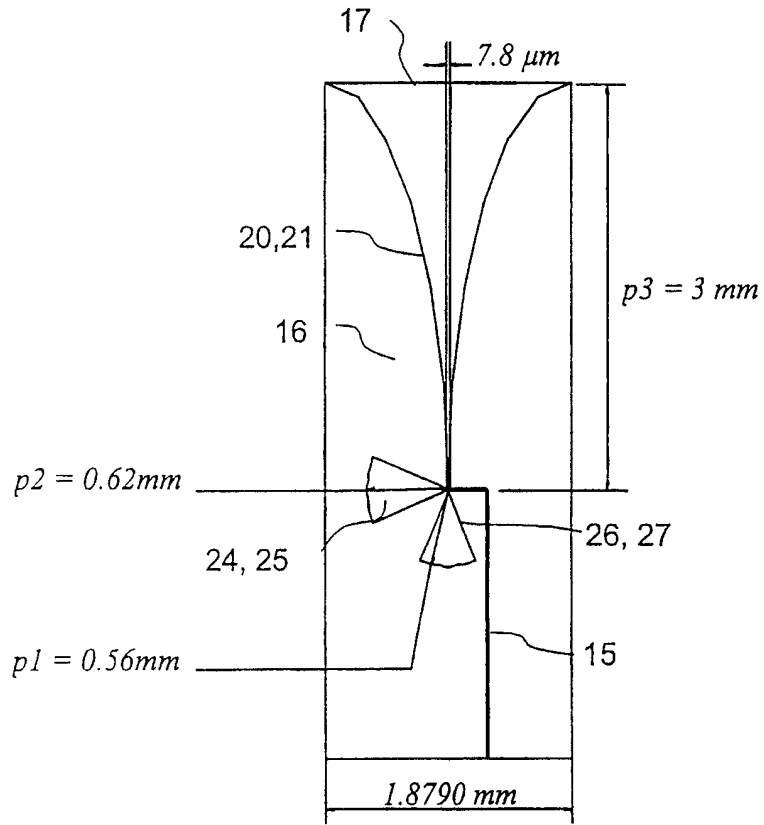


图6

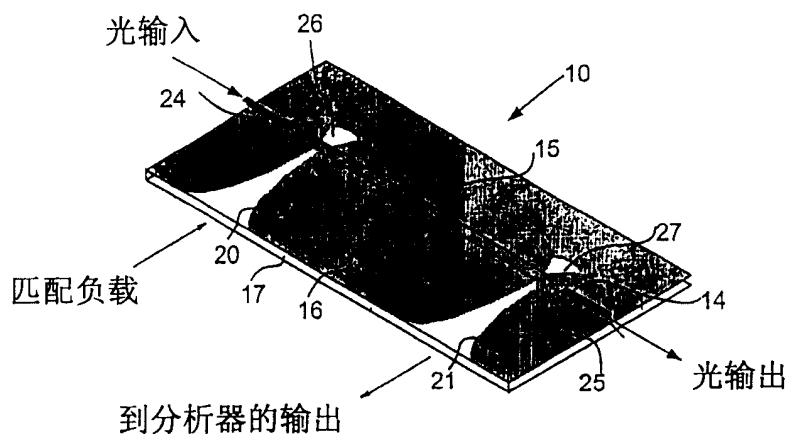


图7