

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101401331 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 08

(21) 申请号 200680053835. 7

H04B 10/158 (2006. 01)

(22) 申请日 2006. 11. 09

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

11/376, 491 2006. 03. 15 US

US 6359716 B1, 2002. 03. 19, 说明书第 2 栏第 44 行至第 5 栏第 12 行, 图 2、图 4.

US 6359716 B1, 2002. 03. 19, 说明书第 2 栏第 44 行至第 5 栏第 12 行, 图 2、图 4.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2008. 09. 12

US 6304369 B1, 2001. 10. 16, 说明书第 1 栏第 61 行至第 2 栏第 49 行, 图 1、图 2、图 3A-3B.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2006/043782 2006. 11. 09

CN 2498797 Y, 2002. 07. 03, 全文.

(87) PCT 申请的公布数据

W02008/045103 EN 2008. 04. 17

JP 2006-40976 A, 2006. 02. 09, 权利要求 1-3.

(73) 专利权人 朗讯科技公司

地址 美国新泽西州

CN 1496031 A, 2004. 05. 12, 全文.

审查员 陈罡

(72) 发明人 D·M·吉尔 M·拉斯拉斯 K·Y·图

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 孟锐

(51) Int. Cl.

H04B 10/155 (2006. 01)

H04B 10/18 (2006. 01)

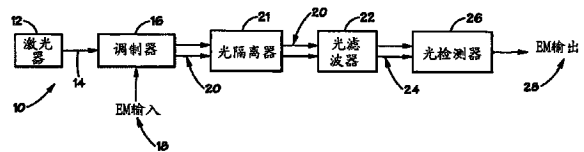
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于对通信信号进行光学滤波的方法和装置

(57) 摘要

提供了用于对通信信号进行光学滤波的方法和装置。更具体而言,在一实施例中,提供了包括具有第一和第二输入端口和第一和第二输出端口的光滤波器和第一和第二光电二极管的装置,该光滤波器被配置成响应于在第一输入端口接收光而将目标频率范围内的光传送至第一输出端口并且被配置成响应于在第二输出端口接收光而将目标频率范围内的光传送至第二输入端口,第一二极管被放置以被来自第一输出端口的光照射并且第二二极管被放置以被来自第二输入端口的光照射。



1. 一种用于光学滤波的装置,包括具有第一和第二输入端口以及第一和第二输出端口的光滤波器,及第一和第二光电二极管;

该光滤波器被配置成响应于在第一输入端口接收光而通过波导沿第一方向将目标频率范围内的光传送至第一输出端口,并且被配置成响应于在第二输出端口接收光而通过所述波导沿与第一方向相反的方向将目标频率范围内的光传送至第二输入端口;所述第一光电二极管被放置以被来自第一输出端口的光照射并且第二光电二极管被放置以被来自第二输入端口的光照射。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其中光电二极管被电连接以产生代表第一光电二极管接收的光强和第二光电二极管接收的光强之间的差的组合电信号。

3. 如权利要求 2 所述的装置,其中所述光电二极管包括一对基本平衡的光电二极管。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的装置,其中所述装置被置于硅衬底上。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的装置,其中光滤波器包括马赫-曾德尔滤波器。

6. 一种用于光学滤波的方法,包括用通信信号调制光束,及

把经调制的光束分束成第一经调制的光束和第二经调制的光束,其中第一光束的调制是第二光束的调制的互补;所述方法进一步包含:

将第一经调制的光束引导至光滤波器的输入端口;

将第二经调制的光束引导至光滤波器的输出端口;并且

对目标窄带频率范围的第一和第二经调制的光束进行滤波;其中滤波所述第一和第二经调制的光束包含通过波导沿相反的方向传送该两光束。

7. 如权利要求 6 所述的方法,包括:

检测经滤波的光束;并且

将经检测光束转换成第一电信号和第二电信号。

8. 如权利要求 7 所述的方法,包括对第一电信号和第二电信号执行减法操作。

9. 如权利要求 6 或 8 所述的方法,其中调制光束包括用马赫-曾德尔调制器调制光束。

10. 如权利要求 6 或 8 所述的方法,其中调制光束包括用微波频率输入调制激光束。

## 用于对通信信号进行光学滤波的方法和装置

[0001] 政府资助研究声明

[0002] 美国政府具有本发明及权利的已支付许可,在受限的情况下,要求专利所有者依据合理条款许可其他人,如由美国高级研究计划局(Defense Advanced Research Projects Agency)的MicrosystemsTechnology Office授予的项目号为HR0011-05-C-0027的条款所提供的。

### 技术领域

[0003] 本发明一般涉及通信信号的滤波。

### 背景技术

[0004] 本部分意在给读者介绍可能与本发明的各方面相关的技术的各方面,在以下对本发明进行描述和要求专利保护。相信本讨论有助于给读者提供背景信息以促进对本发明各方面的更好理解。因此,应当理解,这些声明将从这个角度来阅读而不作为对现有技术的承认。

[0005] 从Nikola Tesla一百多年前建立第一个无线电起,例如电磁(“EM”)信号和/或射频(“RF”)信号的通讯信号被广泛用于无线地将信息和/或数据从一位置传送到另一位置。对于二十世纪的大部分时间,EM波的主要应用是使用了低频(在1吉赫兹以下)信号,例如无线电、电视等等。在过去几年中,例如微波传输的高频(1+吉赫兹)波在通讯应用场合中变得渐渐普遍。

[0006] 除具有携带大量数字信息的能力之外,这些高频EM波还尤其服从于被组合并作为单个“宽带”EM信号从点被传送到点。更具体而言,信息和/或数据可以被调制成多个信号,该多个信号中的每一个使用跨频率范围的多个载波频率之一。例如,采用在1吉赫兹(gigahertz)至10吉赫兹之间的频率范围,一个载波频率可使用1吉赫兹频段,另一载波频率使用2吉赫兹频段,等等。这些单个频段传输(也称为“窄带”传输)可以被聚结在一起并作为宽带信号从一位置被一起传送到另一位置。在接收端,无线接收器可以将宽带信号划分(例如,滤波)回多个窄带传输,每个窄带传输可被解调制和被解码。

[0007] 存在多种不同的技术,用于将宽带信号划分或滤波成一个或多个窄带信号。一种技术涉及在光学载波(例如,激光器)上调制EM宽带信号并随后采用光滤波器从光学信号中滤出所期望的窄带区域。然而,光学地携带宽带信号可能引入相对强度噪声(“RIN”)。该RIN可能降低窄带信号的信噪比,因而使得解调和/或解码窄带信号更加困难。一些系统试图通过将光信号分束成两部分并随后使用一对光滤波器以对信号滤波来抑制RIN的效果。不利地,两个光滤波器通常不得不经复杂的平衡和调谐过程以有效地工作在一起。此外,滤波器对也会占据大量空间和消耗大量功率。

[0008] 希望得到用于对通信信号进行光学滤波的改进的系统或方法。

### 发明内容

[0009] 以下阐述了范围上与所公开实施例范围相当的特定方面。应当理解,这些方面仅被呈现用于给读者提供发明可能采取的特定形式的简要介绍,并且这些方面不意在限制本发明的范围。确实,本发明可包括没能在以下阐述的多个方面。

[0010] 提供了用于对通信信号进行光学滤波的方法和装置。更具体而言,在一实施例中,提供了包括具有第一和第二输入端口和第一和第二输出端口的光滤波器和第一和第二光电二极管的装置,该光滤波器被配置成响应于在第一输入端口接收光而将目标频率范围内的光传送至第一输出端口并且被配置成响应于在第二输出端口接收光而将目标频率范围内的光传送至第二输入端口,第一二极管被放置以被来自第一输出端口的光照射并且第二二极管被放置以被来自第二输入端口的光照射。

### 附图说明

[0011] 依据阅读所附详细说明和参见附图,本发明的优点可变得显而易见,其中:

[0012] 图 1 是依据一实施例的示范性光滤波器组件的方框图;

[0013] 图 2 是依据一实施例示出对通信信号进行光学滤波的示范性技术的流程图;

[0014] 图 3 是依据一实施例的图 1 示范性光滤波器组件的更详细方框图;以及

[0015] 图 4 是依据一实施例的示范性光信道形成器 (channelizer) 的方框图;

### 具体实施方式

[0016] 将在以下描述本发明的一个或多个具体实施例。致力于提供这些实施例的简明描述,实际实施方式的所有特点并非都在说明书中描述。应当理解,在任何这种实际实施方式的开发中,例如在任何工程或设计方案中,应当进行大量具体实施方式的决定以达到开发者的具体目标,例如符合系统相关的和商业相关的约束,该约束可从一实施方式到另一实施方式变化。此外,应当理解这种开发努力可能是复杂和耗时的,但对于受益于本发明的普通技术人员来说,仍然只是设计、制造和加工的例行任务。

[0017] 以下描述的实施例可涉及用于对例如电磁 (“EM”) 信号的通信信号进行光学滤波的系统和方法。更具体而言,在此描述的一个或多个实施例可以涉及示范性的光滤波器组件,其包括调制器,该调制器被配置为把光束分束成两束,该两束光束通过 EM 输入采用互补的方式进行调制。示范性的光滤波器组件还可包括被配置用于对目标频带的经调制的光束进行滤波的光滤波器,以及光检测器,其被配置用于将经滤波的光束转换成一个或多个 EM 输出。

[0018] 现在转向图 1,依据一实施例的示范性光滤波器组件的方框图被示出并一般由标号 10 代表。如图 1 所示,滤波器组件 10 可包括激光器 12、调制器 16、光隔离器 21、光滤波器 22 和光检测器 26。在一实施例中,光滤波器组件 10 可以是无线接收器的一部分。例如,光滤波器组件 10 可以构建在无线接收器中使用的硅衬底或半导体上。在可选实施例中,光滤波器组件 10 还可用于其它合适类型的无线设备或其它合适类型的接收器。

[0019] 激光器 12 可包括适合于产生例如激光光束或其它合适的相干光束的、如以下所述地可用 EM 输入 18 调制的光束 14 的任何装置或元件。在一实施例中,激光器 12 可包括一个或多个激光二极管。在其它实施例中,可使用激光生成装置和光束生成装置的替换合适形式。

[0020] 如图 1 所示,激光器 12 可将光束 14 投射至例如调制器 16 的可调干涉仪,其被配置来响应于在 EM 输入 18 接收的调制信号对光束 14 进行调制。例如,在一实施例中,光束 14 可以是具有数百太赫兹 (terahertz) 频率的激光束,并且 EM 输入 18 可以是携带在一兆赫兹和几百吉赫兹之间的频率 (即微波或毫米范围的频率) 的宽带信号。在这种情况下,可以配置调制器 16 以将 EM 宽带信号 (包括其中包含的所有单个频段或窄带信号) 调制在光束 14 上。例如,在可选实施例中,EM 输入 18 可以是例如毫米波形的任何其它合适频率的载波。

[0021] 一旦经调制,还可配置调制器 16 以将光束分束成一对互补调制的光束 20。例如,在一实施例中,调制器 16 包括  $1 \times 2$  马赫-曾德尔 (Mach-Zehnder) 调制器,该  $1 \times 2$  马赫-曾德尔调制器被配置以调制光束 14 和把经调制的光束分束成两个经调制的光束 20,该两个经调制的光束 20 中的每一个具有原光束 14 的约一半的平均功率。例如,在一实施例中,配置调制器以产生具有理想地相同平均功率的两个经调制的光束。更具体而言,本领域的普通技术人员应当理解调制器 16 可包括被配置以生成两个经调制的光束 20 的两个调制“臂 (arm)”,该两个经调制的光束 20 具有与它们的调制相反的极性 (即,每个光束携带与另一个互补或相反极性的信号)。例如,调制器 16 的臂之一可生成与 EM 输入 18 同相位的、在光束 14 的平均功率的约 50% 的光束;而另一臂可生成另一光束 (也在约 50% 的平均功率),该光束是 EM 输入 18 的互补 (即,与 EM 输入 18 约 180 度的反相位)。换句话说,当光束 20 之一是“开 (on)”时,另一个是“关 (off)”,并且反之亦然。

[0022] 可配置调制器 16 以把两个经调制的光束 20 传送至光隔离器 21。如将在以下进一步描述的,配置光隔离器 21 以防止光滤波器 22 将光引导回调制器 16。然而,在可选实施例中,光隔离器 21 可以是光滤波器组件 10 的另一元件、光滤波器 22 或调制器 16 的一部分。

[0023] 如图 1 所示,光束 20 可穿过光隔离器 21 进入光滤波器 22。如将在以下针对图 2 和 3 更详细描述,可配置光滤波器 22 以对宽带光束 20 内的所选“目标”窄带频率范围 (也称为“通带”) 的两个经调制的光束 20 进行滤波并且将携带通带频率范围的两个光束 24 引导至光检测器 26。在一实施例中,光滤波器 22 是极点 / 零点滤波器。可选地,可配置光滤波器 22 以阻止 (block) 目标窄带频率 (称为“阻带 (stopband)”) 而允许光的其它非阻带频率通过滤波器。换句话说,光滤波器将选择非阻带频率。

[0024] 随后可配置光检测器 26 以将窄带光束 24 转换成 EM 输出 28。在一实施例中,光检测器 26 可包括一对平衡跨阻抗放大器 (transimpedance amplifier) 和光电二极管,其被配置以接收两个光束 24 并将已接收的光束转换成电信号。在一实施例中,可配置光检测器 26 以对代表光束 24 的电信号执行减法操作。如针对图 2 和 3 进一步描述的,对光束 24 执行减法操作可有助于从代表光束 24 的电信号中去除 RIN。

[0025] 图 2 和 3 提供了光滤波器组件 10 的一实施例的更详细描述。例如,图 2 是依据一实施例示出对 EM 信号进行光学滤波的示范性技术 40 的流程图。为便于描述,将连同图 3 一起描述图 2 所示的技术 40,图 3 示出了图 1 所示的示范性光滤波器组件 10 的更详细的方框图。此外,为简单起见,使用类似的标号来表示图 3 的先前针对图 1 描述的那些特征。

[0026] 首先参见图 2,技术 40 可开始于调制器 16 采用 EM 输入 18 来调制光束输入 14,如方框 42 所示。例如,如上所述,调制器 16 可采用吉赫兹频率范围内的 EM 输入 18 来调制具有太赫兹范围内的频率的相干光束。当调制器 16 将 EM 输入 18 调制在光束 14 上时,它可

将光束 14 分束成两个单独的经调制的光束：与 EM 输入 18 具有相同相位的第一经调制的光束 62 和具有与 EM 输入 18 相反（互补）相位的第二经调制的光束 64，如图 2 所示。为便于图示和描述，第一经调制的光束 62 及其后代（progeny）在图 3 中采用实线来描绘，并且第二经调制的光束 64 及其后代在图 3 中采用虚线来示出。

[0027] 如图 3 所示，第一经调制的光束 62 和第二经调制的光束 64 可从调制器 16 分别通过光波导 65 和 66 传播至光隔离器 21。在一实施例中，波导 65 和 66 可以是光管或光纤电缆。在另一实施例中，波导 65 和 66 可以构建在硅衬底上。在其它实施例中，波导 65 和 66 可以被省略或被其它合适的光传输机构代替。

[0028] 光束 62 和 64 通过波导 65 和 66 传播至光隔离器 21。如本领域普通技术人员应当理解的，光隔离器 21 允许来自调制器 16 的第一经调制的光束 62 和第二经调制的光束 64 通过它，但阻止来自光滤波器 22（如下所述）的光从光滤波器 22 照射回到调制器 16 中。换句话说，光隔离器 21 有效地担任“单向镜”，允许第一经调制的光束 62 和第二经调制的光束 64 通过它而阻止任何光在相反方向上通过它传回。

[0029] 如所示，光束 62 和 64 从光隔离器出来并且它们沿着波导 68 和 70 传播至滤波器 22。正如波导 65 和 66 和在此描述的其余波导一样，波导 68 和 70 可以是光管、光纤电缆、构建在硅衬底上的元件或任何其它合适形式的光传输机构。

[0030] 接下来将描述滤波器 22 的操作。为便于描述，将首先描述第一经调制的光束 62 的行进并且将随后描述第二经调制的光束 64 的行进。光束 62 可沿着波导 68 前进并通过耦合器 74 的输入端口 72 进入滤波器 22。在一实施例中，耦合器 74 包括耦合比为 0.5 的三分贝（“3dB”）定向倏逝耦合器（directional evanescent coupler）。在可选实施例中，耦合器 74 可使用另一合适的 dB 额定值和 / 或使用另一合适的从 0.01 至 1.0 的耦合比。此外，在一实施例中，输入端口 72 可以是包括输入端口 72 和第二输入端口 104（以下进一步描述）的耦合器 74 的一部分。本领域普通技术人员应当理解，如针对输入端口 72 和 104 所使用的术语“输入端口”是应用于标记使光能射入和射出光滤波器 22 的端口的命名约定。同样，输入端口 72 和 104（以及在以下描述的输出端口）实际上是如在此描述的可被使用以将光引入光滤波器 22 或允许光传播出光滤波器 22 的双向端口。换句话说，可以通过输入端口 72 和 104 或在以下描述的输出端口输入光或从光滤波器 22 输出光。

[0031] 耦合器 74 将近一半的光（光束 76）通过耦合器 74 耦合至波导 78 并且将一半的光（光束 80）跨越耦合器 74 耦合至波导 82，如通过耦合器 74 内所示的内部箭头所表示的。接下来，光束 76 传播通过两个频率相关的（frequency dependent）移相器 84 和 86，其用频率相关的方式改变光束 76 的相位。同时，光束 80 传播通过两个频率相关的移相器 88 和 90，其用频率相关的方式改变光束 80 的相位。在一实施例中，频率相关的移相器 84、86、88 和 90 包括把非线性相位响应引入光束 76 和 80 的环形谐振器。例如，图 3 示出了四阶滤波器，因为它具有四个频率相关的移相器。在可选实施例中，光滤波器 22 可包括不同数目的移相器 84、86、88 和 90。例如，光滤波器 22 可以是八阶滤波器（八个移相器）、六阶滤波器（六个移相器）等等。

[0032] 光束 76 和 80 随后进入耦合器 92。由于光束被耦合器 92 耦合到一起，因此光束 76 和 80 相互干涉。这种部分地通过频率相关的移相器 84、86、88 和 90 由对光束 76 和 80 进行的相位变化确定的干涉，生成离开耦合器 92 的输出端口 96 进入波导 98 的通带 94。更

具体而言,频率相关的移相器 84 和 86 把一相移引入光束 76 而频率相关的移相器 88 和 90 对光束 80 引入另一相移。然后当光束 76 和 80 在耦合器 92 内重组时,两个光束产生频率相关干涉,并且取决于光束 76 和 80 内的独立频率,光通过滤波器(通带 94)。没有通过滤波器的光频率 100 通过输出端口 102 和波导 70 可被传播回光隔离器 21,如图 3 所示。

[0033] 接下来回到作为第一经调制的光束 62 的互补的第二经调制的光束 64,光束 64 通过光隔离器 21 并进入波导 70(图 2 的方框 48)。随后第二经调制的光束 64 通过波导 70 并进入耦合器 92 的输出端口 102。如上所述,输出端口 102 可被配置以作为光滤波器 22 的双向端口。随后耦合器 92 可将第二经调制的光束 64 分束成光束 106 和光束 108(如通过耦合器 74 内所示的内部箭头所表示的)。

[0034] 一旦被分开,正如上述光束 76 和 80 一样,光束 106 传播通过两个频率相关的移相器 84 和 86 而光束 108 传播通过两个频率相关的移相器 88 和 90。光束 106 和 108 随后进入耦合器 74。由于光束被耦合器 74 耦合到一起,光束 106 和 108 相互干涉。这种部分地通过频率相关的移相器 84、86、88 和 90 由对光束 106 和 108 进行的相位变化确定的干涉,生成离开耦合器 92 的输入端口 104 进入波导 112 的通带 110。没有通过滤波器的光频率 114 通过输入端口 72 和波导 68 可被传播回光隔离器 21,如图 3 所示。

[0035] 应当理解,在多个实施例中,可配置滤波器 22 以模拟例如巴特沃思(Butterworth)、切比雪夫(Chebyshev)和椭圆函数(Elliptical)的多种合适滤波器类型的响应。有利地,滤波器 22 采用相对低阶的滤波器来获得相对窄的、箱形(box-like)、带通响应。

[0036] 接下来关注通带 94 和 110,通带 94 和 110 将分别跟随波导 98 和 112 到光检测器 26。光检测器 26 被配置以检测通带光束 94 和 110(方框 52)并将通带光束 94 和 110 从光束转换成电信号,例如基于电压的 EM 信号,如方框 54 所示。在所示的实施例中,光检测器 26 包括两个检测器:第一光电二极管 116 和第二光电二极管 118,它们耦合在一起作为平衡对(balanced pair)。更具体而言,第一光电二极管 116 被配置以将通带 110 转换成第一电信号并且第二光电二极管 118 被配置以将通带 94 转换成第二电信号。

[0037] 光电二极管 116 和 118 也可被电连接以产生代表光电二极管 116 接收的光强和光电二极管 118 接收的光强之间的差的组合电信号。例如,用图 3 所示的方式把光电二极管 116 和 118 耦合在一起使得光电二极管 116 和 118 能够对第一电信号和第二电信号执行减法运算,如方框 56 所示。有利地,对电信号执行这种减法运算有助于 RIN 的去除。

[0038] 更具体而言,如上所述,调制器 16 产生彼此互补的两个光束(第一经调制的光束 62 和第二经调制的光束 64)。因而,本领域普通技术人员应当理解,分别源自第一经调制的光束 62 和第二经调制的光束 64 的第一电信号和第二电信号将电学上彼此相位相差近似 180 度。相反,在第一经调制的光束 62 和第二经调制的光束 64 上的 RIN 是同步的(即,不互补,电学同相位)。因此,对第一电信号和第二电信号执行电学减法将减少 RIN 噪声的信号强度。换句话说,由于每个信号中的 RIN 信号强度近似相同,减去 RIN 值将减少或消除 RIN。但是,如本领域的普通技术人员应当理解的,由于第一和第二电信号彼此不同相,减去第一和第二电信号将生成信号强度大于或等于第一电信号或第二电信号的信号强度的窄带输出(EM 输出 28),如方框 58 所示。因而,平衡检测器 26 可以提高 EM 输出 28 的信噪比。

[0039] 用这种方式,光滤波器组件 10 可以产生与来自 EM 输入 18 的窄带频率范围相对应

的低噪声 EM 输出 28。此外,由于光滤波器组件 10 可采用单个光滤波器 22 来操作,光滤波器组件 10 可以比使用一对光滤波器的常规光滤波器费用更少、更易校准、消耗更低功率和占据更少板或芯片空间。例如,有利地,光滤波器组件 10 比常规系统更易校准,因为不需要校准两个不同光滤波器的响应特性以相互匹配。

[0040] 接下来转到另一实施例,多个光滤波器 22 和光检测器 26 还可以被联合使用以形成可以对来自宽带信号 18 的多个不同窄带 EM “信道”滤波的光信道形成器。例如,在携带在 1 吉赫兹和 200 吉赫兹之间的某处范围内的频率的宽带 EM 信号中,信道形成器可以生成包括在 1 吉赫兹和 2 吉赫兹之间的频率的一个信道,用于在 2 吉赫兹和 3 吉赫兹之间的频率的另一信道,等等。

[0041] 更具体而言,图 4 是依据一实施例的示范性光信道形成器 120 的方框图。为简单起见,使用类似的标号来代表先前针对图 1 和 3 描述的那些特征。正如光 EM 滤波器 10 一样,信道形成器 120 包括被配置以将光束 14 对准调制器 16 的激光器 12。另外,如上所述,调制器可被配置以将 EM 输入 18 调制在光束 14 上以产生一个或多个经调制的光束 20。为便于图示,对于图 4,假定例如光隔离器 21 的光隔离器建立于调制器 16 中,如上所述。

[0042] 随后,经调制的光束 20 可被引导至分束器 122,该分束器 122 被配置以将经调制的光束 20 分束成多组经调制的光束 124。在一实施例中,该分束器 122 被配置以产生“n”对不相交的经调制的光束 124,其中 n 是信道形成器 120 被配置所产生的 EM 信道的数目。

[0043] 分束器 122 可以把该多个经调制的光束 124 投射至如上所述可被配置以对特定“目标”窄带频率的光束 124 进行滤波的多个光滤波器 22a-22n。把经滤波的光束 24 随后对准被配置以检测经滤波的光束 24 和将光束转换成电信号的多个光检测器 26a-26n,如上所述。最后,如上所述,信号检测器 26a-26n 可被配置以去除或减少 RIN(如上所述)并生成与 n 个频带对应的一个或多个 EM 信道 28。

[0044] 尽管本发明能够容许多种修改和替换形式,具体实施例已经在附图中借助实例被示出并且在此被详细描述。然而,应当理解,本发明不意在受限于所公开的具体形式。相反地,本发明将覆盖落入由所附权利要求限定的本发明的精神和范围内的所有修改、等价物和替换方案。



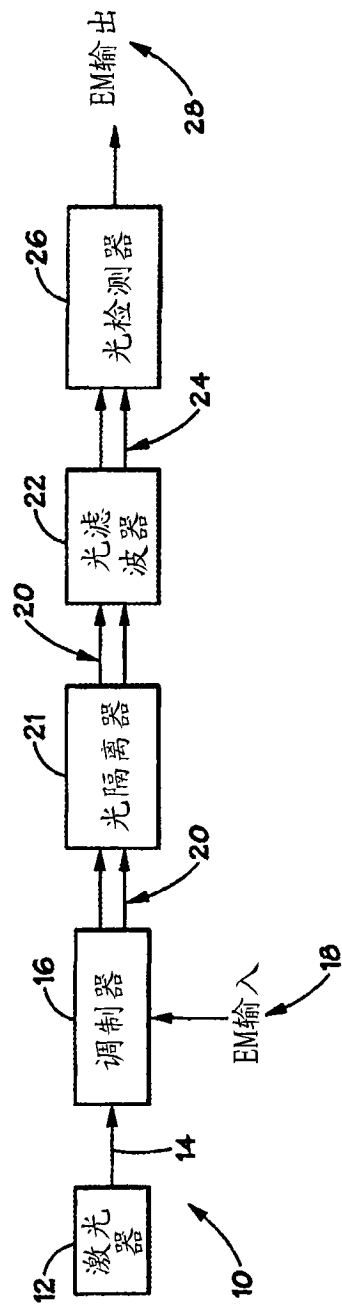


图 1

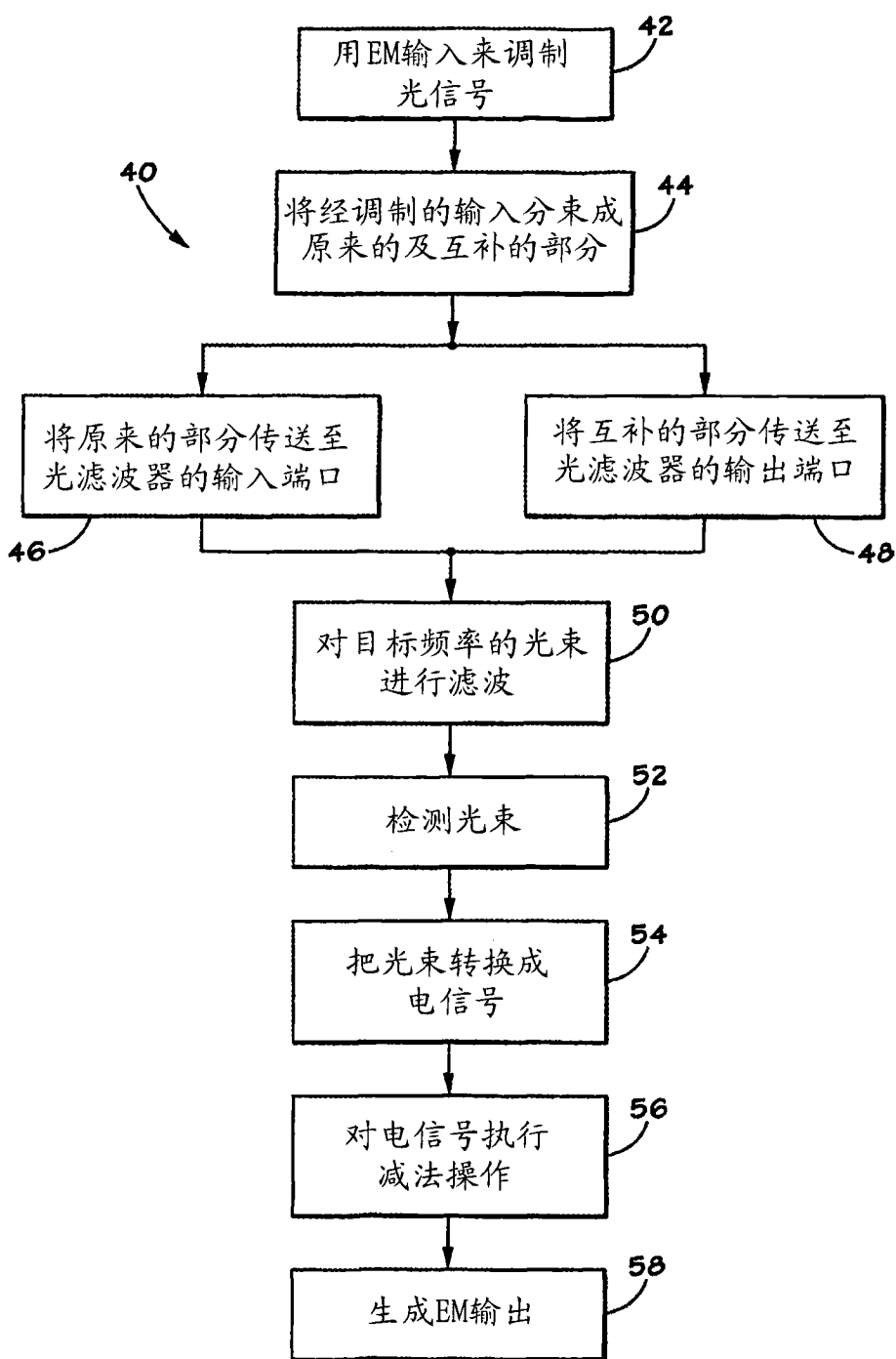


图 2

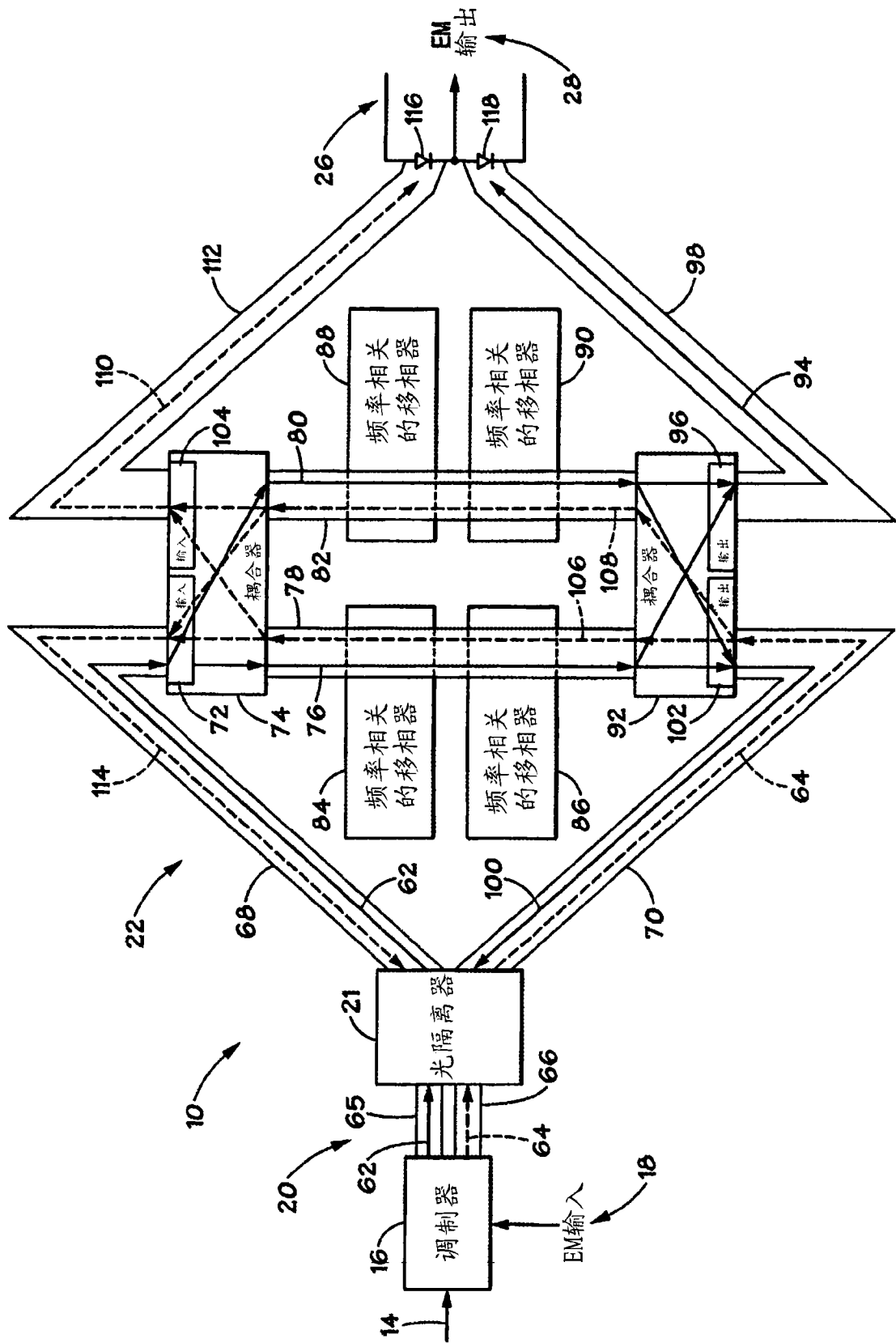


图 3

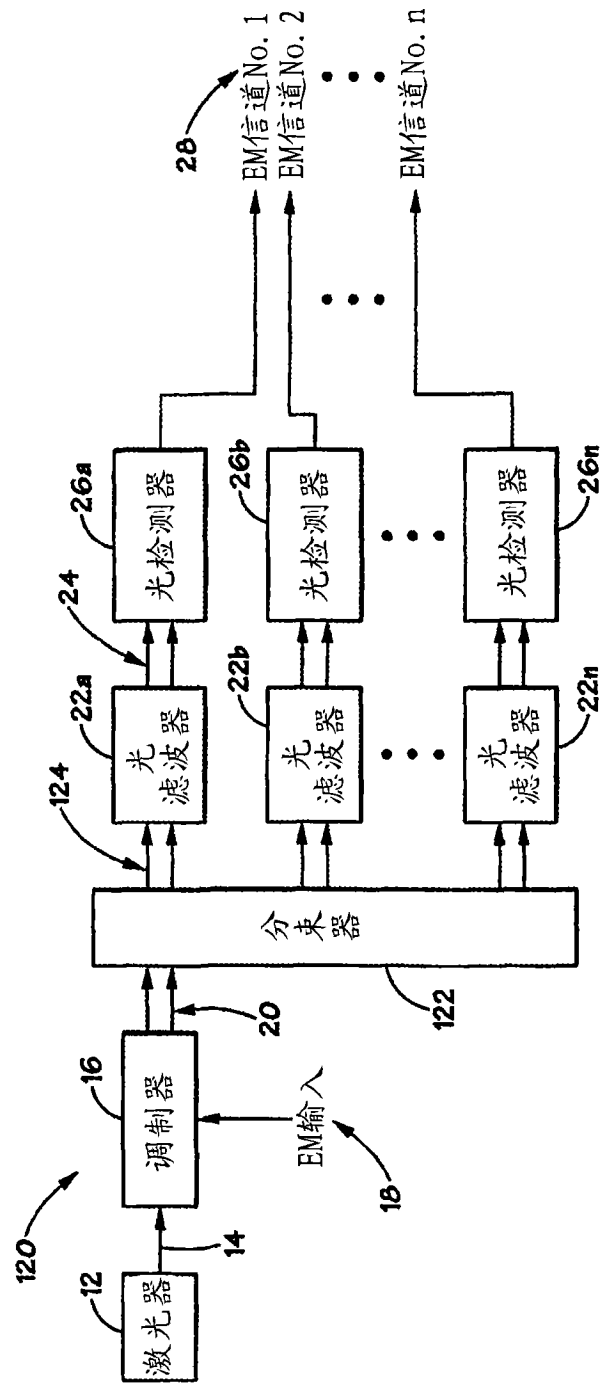


图 4