



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101237283 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 24

(21) 申请号 200710307153. 0

(22) 申请日 2007. 12. 27

(30) 优先权数据

11/701, 742 2007. 02. 02 US

(73) 专利权人 昂科公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 约翰·扬内利

(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 10/25(2013. 01)

H04N 7/22(2006. 01)

审查员 丁玲

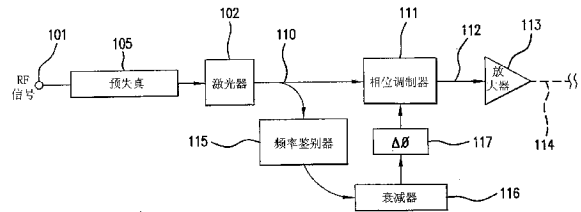
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

具有前馈噪声消除的直接调制或外部调制激光器光学传输系统

(57) 摘要

本发明提供一种用于产生经调制光学信号以经由光纤链路传输到远程接收器的光学发射器，其包括：激光器；耦合到所述激光器的输入端，其用于用 RF 信号对所述激光器进行直接振幅调制，以产生包括含有经振幅调制信息的分量的光学信号；以及相位调制器，其耦合到所述激光器的输出端以用于降低或消除所述激光器中产生的噪声信号。



1. 一种用于产生经调制光学信号以经由光纤链路传输到远程接收器的光学发射器,其包括:

激光器,其用于产生包括频谱上的噪声扩展的基带光学信号;

调制器,其用于用模拟 RF 信号对所述激光器进行直接调制,以产生包括含有经振幅调制信息的分量和相位调制分量的光学信号;

相位调制器,其耦合到所述激光器的输出端以接收所述光学信号的一部分,并且操作以接收相位调制消除信号以用于降低与所述光学信号相关联的相位噪声;以及

相位校正电路,其耦合到所述激光器的所述输出端以接收所述光学信号的另一部分,所述相位校正电路的输出耦合到所述相位调制器,所述相位校正电路操作以产生所述相位调制消除信号,

其中,所述相位校正电路包含具有耦合以接收从所述激光器输出的所述光学信号的所述另一部分的输入端的频率鉴别器,以便将所述光学信号中的相位调制分量转换为用于偏置所述相位调制器的偏置电信号以发生有效的噪声消除,

其中所述相位校正电路包含耦合到所述频率鉴别器的光电二极管。

2. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中所述激光器是半导体激光器,且所述相位调制器是与所述半导体激光器隔开的外部组件。

3. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中所述相位调制器增加所述远程接收器处所接收的光学信号的 SBS 阈值。

4. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中从所述激光器输出的所述光学信号的波长在 1530 到 1570nm 范围内。

5. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中所述 RF 信号为宽带模拟信号,其具有大于一个倍频程的带宽且包括多个相异信息携带信道。

6. 根据权利要求 1 所述的发射器,其进一步包含预失真电路,其用于修改施加到所述激光器的所述 RF 信号以补偿所述激光器的影响在所述远程接收器处接收的接收光学信号的非线性响应。

7. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中分接到所述相位校正电路的较多功率将以所述发射器的光学输出功率为代价来改进最终噪声消除。

8. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中所述激光器的所述调制为正交幅度调制。

9. 根据权利要求 1 所述的发射器,其中所述相位校正电路包括耦合到所述频率鉴别器的输出端的信号调节电路。

10. 一种用于产生用于经由光纤链路传输到远程接收器的调制光学信号的光学发射器,其包含:

激光器,其用于产生包括频谱上的噪声扩展的基带光学信号;

调制器,其用于用模拟 RF 信号对所述激光器进行直接振幅调制,以产生包括含有经振幅调制信息的分量和相位噪声的光学信号;及

相位调制器,其耦合到所述激光器的输出端以接收所述光学信号的第一部分,所述相位调制器用于降低与所述光学信号相关联的相位噪声;以及

偏置电路,其耦合到所述激光器的所述输出端以接收所述光学信号的第二部分,以便将所述光学信号的所述第二部分转换为电信号,并且耦合到所述相位调制器以基于所述电

信号来控制所述相位调制器,由此降低在远程接收器处所接收的经接收光学信号中的相位噪声,

其中,所述偏置电路含有耦合到所述激光器的输出端以接收所述光学信号的所述第二部分的频率鉴别器,以便将所述光学信号中的相位调制分量转换为用于偏置所述相位调制器的偏置电信号以发生有效的噪声消除。

11. 根据权利要求 10 所述的发射器,其中所述激光器是半导体激光器,并且其中所述激光器的噪声特性引入所述相位噪声。

12. 根据权利要求 10 所述的发射器,其中所述相位调制器增加所述远程接收器处接收的接收光学信号的 SBS 阈值。

13. 根据权利要求 10 所述的发射器,其中所述偏置电路含有耦合到所述频率鉴别器输出端以便调节所述频率鉴别器输出端的振幅的衰减器、及用以使提供给所述相位调制器的所述光学信号的所述第二部分相对于所述光学信号的所述第一部分的时滞同步的相位偏移元件。

14. 根据权利要求 10 所述的发射器,其中从所述激光器输出的所述光学信号的波长在 1530nm 至 1570nm 之间。

15. 根据权利要求 10 所述的发射器,其中所述 RF 信号为宽带模拟信号,其具有大于一倍频程的带宽且包含多个不同的携带信息的信道。

16. 根据权利要求 10 所述的发射器,其进一步包含预失真电路,其用于修改施加到所述激光器的所述 RF 信号以补偿所述激光器的影响在所述远程接收器处所接收的所述经接收光学信号的非线性响应。

17. 根据权利要求 10 所述的发射器,其中所述偏置电路可控的调节与所述光学信号相关联的相位噪声的降低。

具有前馈噪声消除的直接调制或外部调制激光器光学传输系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于模拟信号的光学传输系统,且更明确地说,涉及一种直接调制或外部调制的固态激光器。此外,本发明涉及消除由半导体激光器内例如电荷载体的布朗运动等许多可能来源产生的白噪声分量(白噪声)或由激光器的偏压电流或热环境中的波动产生的噪声(其与频率相反地变化,且因此通常称为“1/f”噪声)。

背景技术

[0002] 用电信号直接调制发光二极管(LED)或半导体激光器的模拟强度被认为是此项技术中已知的用于在光纤上传输例如语音和视频信号等模拟信号的最简单方法。尽管此类模拟传输技术的优点在于与例如数字脉冲代码调制或者模拟或脉冲频率调制等数字传输相比具有显著较小的带宽要求,但使用振幅调制通常对发射器的噪声和失真特征提出较为严格的要求。

[0003] 由于这些原因,在应用于采用具有零散射的光纤链路的短传输链路的情况下,已经结合 1310nm 激光器使用直接调制技术。对于应用于城域和长距离光纤传输链路,链路低损耗要求使用外部调制的 1550nm 激光器,通常越过非常长的距离(100km)和高频率(超过 900MHz)。此类链路的限制因素可能是来自激光器的残余相位噪声的转换,所述残余相位噪声经由光纤链路中存在的散射而转换成振幅噪声。本发明因此专注于提供用于与激光器的相位噪声相关联的噪声消除的简单且低成本系统的问题,使得模拟光学输出可用于城域和长距离光学网络,尤其是用于宽带 RF 信号的模拟传输。

[0004] 激光器的直接电流调制已知用于数字光学传输系统,例如密集波分复用(DWDM)系统。参看(例如)Kartalopoulos的“DWDM Networks, Devices, and Technology”(IEEE Press, 2003, 第 154 页)。

[0005] 除了对 1550nm 模拟光学传输系统所要求的低噪声特征以外,所述系统还必须为高度线性的。特定模拟发射器中所固有的失真阻止线性电调制信号被线性转换为光学信号,而是致使所述信号失真。这些影响对于多信道视频传输特别有害,所述多信道视频传输要求极好的线性以防信道彼此干扰。高度线性化的模拟光学系统广泛适用于商用模拟系统,例如广播 TV 传输、CATV、交互式 TV 和视频电话传输。

[0006] 对光学和其它非线性发射器的线性化的研究已经有一段时间了,但所提议的解决方案在实践中具有缺点。上文论述的大部分应用所具有的带宽对于许多实际实施方案来说过大。用于线性化的前馈技术需要复杂的系统组件,例如光功率组合器和多个光源。准光学前馈技术遭受类似的复杂性问题,且另外需要匹配得极好的零件。然而,如下文论述,用于相位噪声消除的前向技术是可使用许多开发良好的技术来实施的实用技术。

[0007] 如上文提到的,已知在现有技术中在光学传输系统中使用外部调制器。第 5,699,179 号美国专利描述一种用于降低光纤诱发复合二次(CSO)失真分量的外部调制且前馈线性化模拟光学发射器。

[0008] 在本发明之前,尚未应用耦合到直接(电流)调制激光器的相位调制器以用于消除由激光器的半导体结构中的各种噪声源产生的相位噪声分量的目的。应注意,半导体激光器在其振幅(通常称为相对强度噪声)和其相位两者中展现噪声。这些噪声特性基本上与激光波长无关,但噪声可在单模式光纤传输中在不同波长处以不同方式出现。导致相位和振幅噪声的主要内部机制是激光器的作用区内的自发发射。由于自发发射的光子与经由受激发射产生的那些光子没有特定相位关系,因而所得光场的振幅和相位两者均受到影响。自发发射过程是众所周知的,且已经展示为由布朗运动过程描述,其中噪声频谱在操作频率内基本上是恒定的(白噪声)。在激光器外部,例如微音效应、温度波动和偏压电流噪声等环境影响还可在光场中产生相位噪声。这些事件通常导致光相位噪声,其展现具有“ $1/f$ ”相关性的噪声频谱。本发明设法通过前馈消除最小化来自半导体激光器的固有相位噪声而不管噪声的驱动机制如何。

发明内容

[0009] 1. 发明目的

[0010] 本发明的目的在于提供一种使用直接调制激光器的改进光学传输系统。

[0011] 本发明的另一目的在于补偿用于模拟光学传输系统的激光器中的噪声。

[0012] 本发明的再一目的在于提供一种用于 1550nm 模拟光学传输系统以改进相位噪声降低的外部 Mach Zender 调制器。

[0013] 本发明的又一目的在于提供一种适用于长距离分散光纤媒体且使用具有相位校正电路的直接调制激光器的高度线性模拟光学传输系统。

[0014] 本发明的又一目的在于提供一种用于在适用于长距离分散光纤媒体的模拟光学传输系统中降低来自激光器的残余相位噪声的相移电路。

[0015] 本发明的目的还在于提供一种宽带模拟光学传输系统中的相位噪声补偿过程。

[0016] 2. 发明特征

[0017] 简要地说且概括地说,本发明提供一种用于产生调制光学信号以供经由分散光纤链路传输到远程接收器的光学发射器,其具有:输入端,用于接收宽带模拟射频信号输入;半导体激光器,其用于产生具有相关联相位噪声的光学信号;以及噪声消除电路,其包括光学相位调制器以用于降低光学发射器输出中的相位噪声且进而降低光纤链路的接收器端处所呈现的由于相位调制噪声分量引起的信号失真。

[0018] 在另一方面,本发明提供一种供经由分散光纤链路使用的光学传输系统,其包括:具有模拟信号输入的光学发射器;半导体激光器;调制电路,用于直接调制所述激光器;以及相位偏移电路,用于针对由半导体激光器产生的光学信号噪声消除与外部调制器相关联的光学相位调制分量。

[0019] 在另一方面,本发明进一步提供一种低成本直接调制技术,其优选地包括用于控制光学相位调制器的电路,所述光学相位调制器用于降低激光器所产生的相位噪声分量。

[0020] 在本发明的另一方面,提供一种用于在模拟信号传输中降低相位噪声的噪声消除电路,其将来自半导体激光器的输出光学信号分裂成两个路径,一个通往相位调制器且另一个通往频率鉴别器。在振幅和相位上调整所述相位调制消除信号以匹配激光器产生的相位噪声的频率或相位相依性。所述信号的相位通过所述路径的一者中的延迟或相位调整元

件同步。接着通过光学相位调制器重组主要和次要信号以产生只具有振幅调制的单个光学信号。因此,相位调制器以最小化所得相位噪声的方式调制来自半导体激光器的主要信号,从而使得模拟信号适于经由分散光纤链路传输。

[0021] 根据此揭示内容(包括以下详细描述在内)以及通过实践本发明,所属领域的技术人员将了解本发明的额外目的、优点和新颖特征。当下文参看优选实施例来描述本发明时,应当了解本发明并不限于此。能够得到本文教示的所属领域的技术人员将认识到其它领域中的额外应用、修改和实施例,所述额外应用、修改和实施例属于在本文中揭示和主张的本发明范围内,且本发明可相对于其具有显著效用。

附图说明

[0022] 通过结合附图参看以下详细描述,将更好地了解并更全面地理解本发明的这些和其它特征及优点,其中:

[0023] 图 1(a) 是现有技术中已知的外部调制光学传输系统的高度简化方框图;

[0024] 图 1(b) 是现有技术中已知的直接调制光学传输系统的高度简化方框图;

[0025] 图 2 是根据本发明的光学传输系统的高度简化方框图。

[0026] 在所附权利要求书中陈述本发明的新颖特征和特性。然而,可通过结合附图参看对具体实施例的详细描述来最佳了解本发明本身以及其它特征和优点。

具体实施方式

[0027] 现将描述本发明的细节,包括其示范性方面和实施例。参看附图和以下描述,相同参考标号用于识别相同或功能相似的元件,且希望以高度简化的图解方式说明示范性实施例的主要特征。此外,不希望附图描绘实际实施例的每个特征或所描绘元件的相对尺寸,且附图不是按比例绘制的。

[0028] 图 1(a) 是如第 5,699,179 号美国专利展现的利用外部调制器的现有技术光学发射器的方框图。所述发射器(通常用 10 展示)经由光纤路径 30 向接收器 60 发射光学信号。发射器 10 包括半导体激光器 12,其产生连续波(CW)输出。此类激光器的典型实例是分布式反馈(DFB)激光器和/或 Fabry-Perot 激光器,其以 1,550nm 的波长产生输出光束。来自激光器的未调制光学信号通过光纤 14 耦合到调制器 16。调制器 16 可以是例如 Mach-Zehnder 调制器的单个调制器、级联 MZ 调制器或例如前馈线性化电路中的一个以上调制器。调制器 16 还经由端子 18 和线路 20 接收宽带 RF 信号,例如振幅调制残留边带(AM-SDB)有线电视(CATV)或视频信号。此外,当使用前馈线性化电路时,经由端子 22 和线路 24 向调制器 16 提供去偏振信号。所述去偏振信号用于在调制器 16 中对误差校正调制器(未图示)的光学输入进行去偏振。

[0029] 携带视频数据的经调制光学信号通过光纤链路 26 耦合到放大器 28。放大器 28 通常是铒掺杂光纤放大器(EDFA)。经放大的光学信号耦合到通往接收器 60 的光纤传输线路 30。所述光纤传输线路 30 可以是延伸经过几千米的长距离链路。在此情况下,可沿着所述线路在其中以间隔距离提供例如 EDFA 28 等线路放大器,以便将所述信号升压到所需电平。在接收器 60 处,还可提供放大器(未图示)以升压传入的光学信号。接着将经升压的信号施加到光电检测器且在接收器 60 处将其解调制为电信号,所述电信号代表线路 50 处

的原始视频或数据信号。

[0030] 图 1(b) 是利用激光器的直接电流调制的现有技术光学发射器的方框图。将宽带 RF 模拟信号直接施加到激光器 12。来自激光器 12 的调制光学信号通过光纤链路 26 耦合到放大器 28, 例如 EDFA。经放大的光学信号耦合到通往接收器 60 的光纤传输线路 30。在接收器处, 将光学信号转换成电信号, 所述电信号代表线路 50 处的原始视频或数据信号。

[0031] 图 2 是根据本发明的光学传输系统 100 的高度简化的方框图。图中展示模拟 RF 信号输入源 101 (例如包括多个信道的宽带信号) 和预失真电路 105。通过使用预失真电路 105 来恰当地对施加到激光器 102 的 RF 信号进行预失真, 如现有技术中已知, 以用于修改施加到激光器的 RF 信号以补偿激光器的影响远程接收器处的信号的非线性响应。将预失真电路 105 的输出施加到激光器 102 来对其进行调制。本发明中的激光器 102 的调制可以是 AM-VSB 调制器或正交振幅调制器。将激光器的光学信号输出 110 分裂成两个部分: 一个部分施加到相位调制器 111; 另一部分施加到频率鉴别电路 115。

[0032] 图 2 系统中所使用的边缘发射半导体激光器优选地是分布式反馈激光器 (DFB), 但同样可以使用 Fabry-Pertto (FP) 激光器。DFB 激光器是优选途径, 因为其光学输出主要包含在单个激光模式中, 而 FP 激光器的光学能量散布在许多模式中间。

[0033] 在优选实施例中, 所述激光器是激光器光输出波长在 1530 到 1570nm 范围内的外腔激光器。此外, 宽带模拟信号输入具有大于一个倍频程的带宽且包括多个相异信息承载信道。

[0034] 将频率鉴别 115 的输出施加到信号调节电路 103, 所述电路 103 由对频率鉴别器的输出 RF 信号执行相异操作的串联序列电路组成。将 RF 信号施加到衰减器 116 以恰当地调整所述信号的振幅, 以与激光器 102 的相位噪声特征所引入的相位偏移分量的振幅相称。

[0035] 衰减器的输出接着连接到相位偏移电路 117。电路 117 校正施加到电路元件 115、116、117 的信号输出的与施加到调制器 111 的所述信号相比的时滞。在所关注的视频传输频带 (对于传统 CATV 系统为 50MHz-1000MHz) 中, 半导体激光器的相位噪声为“白”, 即噪声的频谱功率密度与频率无关。在此情况下, 相位校正路径将需要具有恒定 (可调整) 增益, 其延迟正好与主要路径的延迟匹配。需要说明的一个方面是频率鉴别器, 具体地说是相位校正路径中的光学到电学转换过程。当光电二极管检测到光学信号时, 观测到称为散射噪声的现象。此噪声是由在光电二极管中吸收光子以产生电子-空穴对的统计过程产生的。此噪声对于所有实践用途来说是不可避免的。因此, 散射噪声将对可实现的相位噪声消除量构成下限。

[0036] 接着将相位偏移电路 117 的输出施加到相位调制器 111, 以进而将相位校正引入到光学信号中以进而校正或补偿所产生的噪声。

[0037] 从光电二极管产生的光电流的频谱噪声密度给定为

$$[0038] \quad \langle i_n^2 \rangle = 2eI_p$$

[0039] 其中 e 是电子电荷且 I_p 是 DC 光电流。所属领域的技术人员将立即了解到这样的事实: 噪声功率对所接收的光学功率具有线性相关性, 且因此受散射噪声支配的过程的信噪比随着所接收功率的增加而得以改进。这代表所提议发明中的基本设计折衷。分接到相位校正路径中的较多功率将以发射器的光学输出功率为代价来改进最终噪声消除。

[0040] 调制器 111 的输出经由光纤 112 耦合到放大器 113, 所述放大器 113 接着连接到光

纤或链路 114。在远端处,光纤或链路 114 连接到接收器,所述接收器将所接收的光学信号转换为 RF 信号。

[0041] 在不脱离本发明的精神和范围的情况下,所属领域的技术人员将容易了解许多改变和修改。举例来说,尽管在 TV 信号调制激光器或发光二极管的上下文中进行描述和说明,但可在很大程度上通过此技术来消除例如放大器及其它非线性装置的固有失真。主要和次要路径中的信号的相对相位的精密调整在所说明的实施例中是在次要路径中,但这还可在具有粗略调整的主要路径中。次要路径是优选的,因为主要路径中的此类延迟可能对此路径具有不恰当的阻抗。

[0042] 本发明的技术和装置的各个方面可在数字电路、或计算机硬件、固件、软件或其组合中实施。本发明的电路可在计算机产品(其有形地实施于机器可读存储装置中以供可编程处理器执行)中实施或在位于网络节点或网站处的软件(其可自动地或根据需要下载到计算机产品)上实施。前述技术可由(例如)单个中央处理器、多处理器、一个或一个以上数字信号处理器、逻辑门的门阵列或硬连线逻辑电路执行,所述装置用于执行一序列信号或指令程序以通过对输入数据进行操作且产生输出来执行本发明的功能。所述方法可有利地在可在可编程系统上执行的一个或一个以上计算机程序中实施,所述可编程系统包括至少一个经耦合以从数据存储系统接收数据和指令且向数据存储系统传输数据和指令的可编程处理器、至少一个输入/输出装置和至少一个输出装置。每一计算机程序可视需要以高级程序或面向对象的编程语言或以汇编或机器语言实施;且在任何情况下,所述语言可以是编译或翻译语言。举例来说,适宜的处理器包括通用微处理器和专用微处理器两者。一般来说,处理器将从只读存储器和/或随机存取存储器接收指令和数据。适合于有形地实施计算机程序指令和数据的存储装置包括所有形式的非易失性存储器,举例来说包括:半导体装置,例如 EPROM、EEPROM 和快闪存储器装置;磁盘,例如内部硬盘和可移除盘;磁光盘;以及 CD-ROM 盘。任何前述装置可由特别设计的专用集成电路(ASIC)补充或并入在 ASIC 中。

[0043] 将了解,上述元件中的每一者或者两者或两者以上在一起还可有效应用于与上述类型不同的其它类型的构造。

[0044] 尽管已经将本发明说明并描述为在光学传输系统中实施,但不希望其限于所展示的细节,因为可在不以任何方式脱离本发明精神的情况下作出各种修改和结构变化。

[0045] 在不作进一步分析的情况下,前述内容将如此全面展现本发明的要点,使得其他人可通过应用当前知识来在不省略在现有技术立场上完全构成本发明一般或特定方面的本质特性的特征的情况下容易对其进行调适以用于各种应用,且因此此类调适应当且希望包含在所附权利要求书的等效意思和范围内。

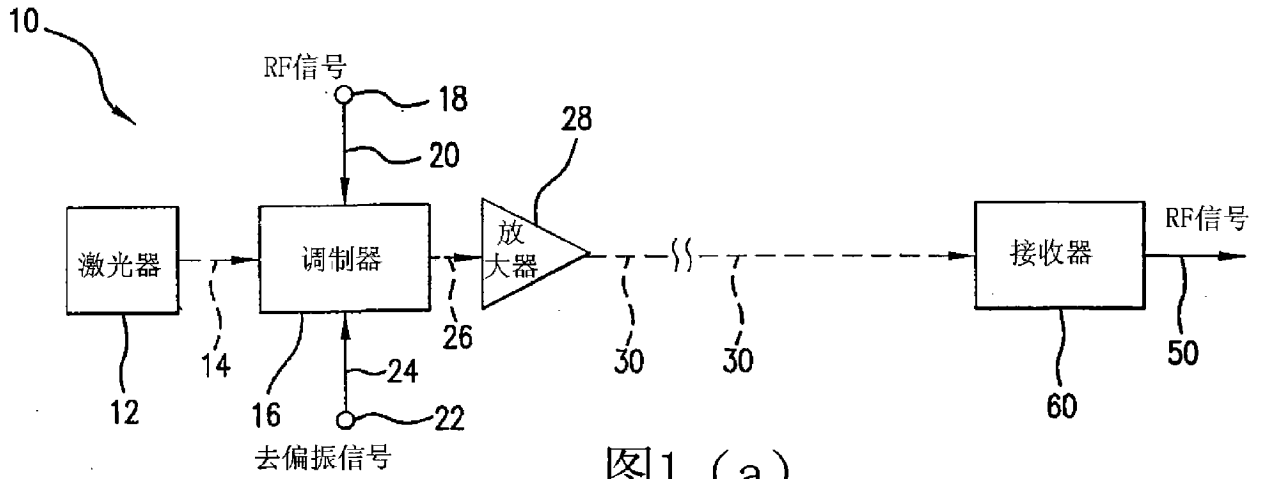


图1 (a)
(现有技术)

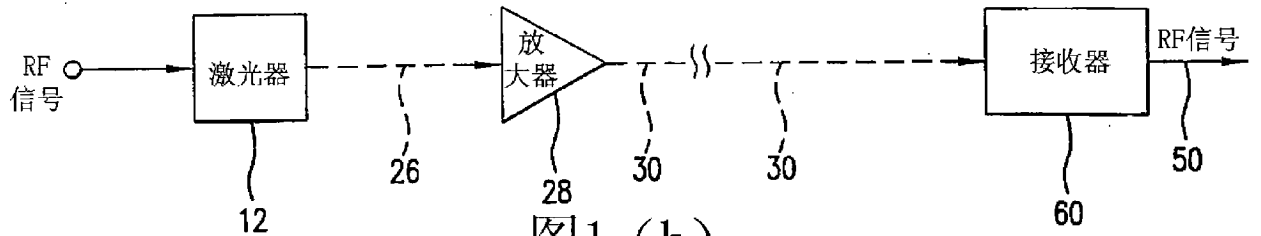


图1 (b)
(现有技术)

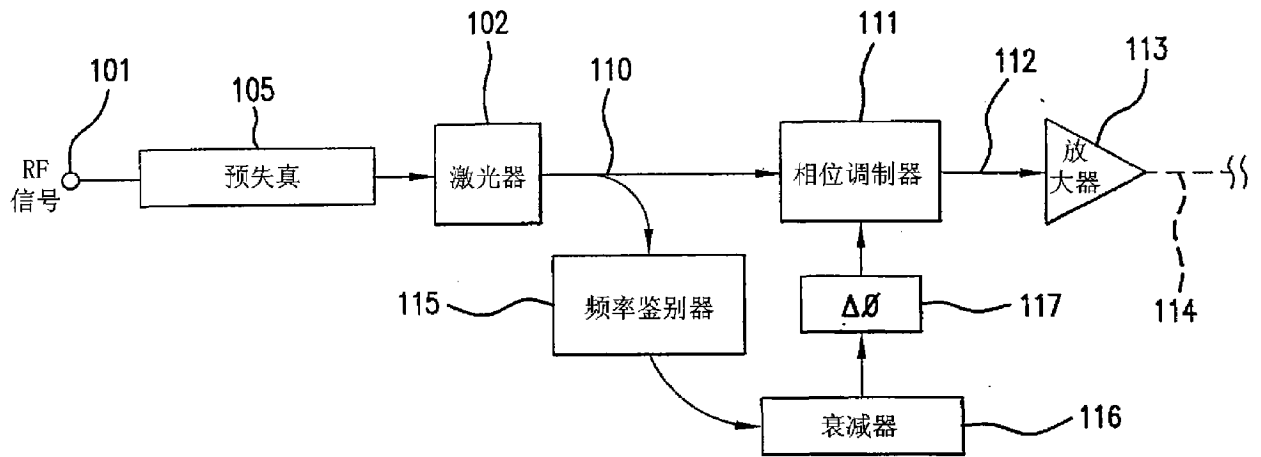


图2