



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1992563 B

(45) 授权公告日 2012.06.06

(21) 申请号 200610168741.6

US 2002159131 A1, 2002.10.31, 说明书第
0052 段、附图 5.

(22) 申请日 2006.12.19

审查员 孟文婷

(30) 优先权数据

05301084.9 2005.12.20 EP

(73) 专利权人 阿尔卡特朗讯公司

地址 法国巴黎

(72) 发明人 E·布兰登 L·拉布吕尼

P·布瑟莱

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 杨晓光 李峥

(51) Int. Cl.

H04B 10/18 (2006.01)

H04B 10/16 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2004091205 A1, 2004.03.13, 说明书第
0024 段-0032 段、附图 2.

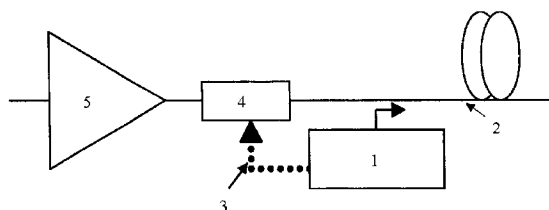
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

为波分复用传输系统自动调整色散补偿的设备、系统和方法

(57) 摘要

用于 WDM 光传输系统的色散补偿调整的系统和方法。可调色散补偿模块 (4) 被放置在或者基本上接近于光传输线 (2) 的发送端并且具有拉曼泵浦 (1) 的至少一个分布式拉曼放大器, 所述拉曼泵浦 (1) 耦合到传输线 (2)。色散补偿通过从拉曼泵浦 (1) 中获得的信号来控制, 此信号经由控制回路 (3) 馈送到可调色散补偿模块 (4)。



1. 一种用于光传输系统的色散补偿调整设备,所述系统包括波分复用结构并具有光传输线 (2),该设备包括:可调色散补偿模块 (4) 和至少一个包括拉曼泵浦 (1) 的分布式拉曼放大器,所述拉曼泵浦 (1) 耦合到所述传输线 (2),其特征在于:所述可调色散补偿模块 (4) 被设置在或者基本上接近于所述光传输线 (2) 的发送端,并且所述可调色散补偿模块 (4) 的响应通过从所述拉曼泵浦 (1) 中获得的信号来控制,所述信号表示由所述拉曼泵浦生成的信号的信号功率,并且,其中所述拉曼泵浦 (1) 经由控制回路 (3) 耦合到所述可调色散补偿模块 (4),所述控制回路 (3) 被布置在所述可调色散补偿模块 (4) 和所述拉曼泵浦 (1) 之间的反馈结构中。

2. 根据权利要求 1 的色散补偿调整设备,其中,所述拉曼泵浦 (1) 被布置在相对于所述光传输线 (2) 的同向泵浦结构中。

3. 根据权利要求 1 的色散补偿调整设备,其中,所述拉曼泵浦 (1) 被布置在相对于所述光传输线 (2) 的反向泵浦结构中。

4. 根据权利要求 1 的色散补偿调整设备,其中,光放大器 (5) 被布置在所述可调色散补偿模块 (4) 的上游。

5. 一种包括根据权利要求 1 的色散补偿设备的光传输系统。

6. 一种为光传输系统调整色散补偿的方法,所述系统包括波分复用结构并具有光传输线 (2),包括可调色散补偿模块 (4) 和至少一个包括拉曼泵浦 (1) 的分布式拉曼放大器,所述拉曼泵浦 (1) 耦合到所述传输线 (2),其特征在于包含以下步骤:把所述可调色散补偿模块 (4) 设置在或者基本上接近于所述光传输线 (2) 的发送端,从所述拉曼泵浦 (1) 中获得表示所述拉曼泵浦生成的信号的信号功率的信号,并且通过从所述拉曼泵浦 (1) 中获得的所述信号来控制所述可调色散补偿模块 (4) 的响应,其中经由控制回路 (3) 把所述拉曼泵浦 (1) 耦合到所述可调色散补偿模块 (4),所述控制回路 (3) 被布置在所述可调色散补偿模块 (4) 和所述拉曼泵浦 (1) 之间的反馈结构中。

7. 根据权利要求 6 的调整色散补偿的方法,其中,所述拉曼泵浦 (1) 执行相对于所述光传输线 (2) 的光信号的同向泵浦。

8. 根据权利要求 6 的调整色散补偿的方法,其中,所述拉曼泵浦 (1) 执行相对于所述光传输线 (2) 的光信号的反向泵浦。

9. 根据权利要求 6 的调整色散补偿的方法,其中,对于所述可调色散补偿模块 (4) 的响应的控制被用来克服所述拉曼泵浦 (1) 的功率中的波动。

10. 根据权利要求 6 的调整色散补偿的方法,其中,对于所述可调色散补偿模块 (4) 的响应的控制被用来克服信号功率中的变化的影响。

11. 根据权利要求 6 的调整色散补偿的方法,其中,根据预先建立的准则选择色散补偿电平的设置点。

12. 根据权利要求 11 的调整色散补偿的方法,其中,从预定义的查找表中选择色散补偿电平的设置点。

为波分复用传输系统自动调整色散补偿的设备、系统和方 法

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请基于 2005 年 12 月 20 日提交的欧洲专利申请 05301084.9,并要求其优先权,此申请在此引入作为参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及 WDM 传输系统中的系统性能。更具体地说,本发明涉及色散补偿的自动调整,其中使用了优选地具有同向泵浦的拉曼分布式系统。

背景技术

[0004] 波分复用(WDM)是一种在光通信系统中被广泛使用的通过光纤传输光信号的技术。基本上,在 WDM 传输系统中,多个波长的光信号(或信道)无干涉地同时在一根光纤上传送。

[0005] 与 WDM 的使用相关的一个问题是所谓的色散。这个问题出现大体上是因为信号的每个波长分量以稍微不同的速度穿过光纤,导致在到达点脉冲变宽。所期望的是把色散的影响尽可能保持在最低水平。

[0006] 因此,可以证明 WDM 传输系统的性能高度依赖于传输线上产生的色散的影响。具体地说,已经证明,当使用诸如 10Gb/s 或更高的相对高信道比特率时,产生更严重的色散影响。

[0007] 在这点上,映射在非线性门限上的色散影响以及发射机/接收机对累积色散的允许误差是有意义的。非线性阈值是预先确定的光信号功率电平,超过此非线性阈值,在光纤中发生可以影响信号传输性能的非线性光学效应。

[0008] 目前,特定的色散映射被用于已部署的系统以便将性能损害减到最少。这些映射通常取决于使用在传输线中的光纤的类型(这些光纤类型的例子是符合 G.652 或 G.655 的公知标准)以及取决于发射机/接收机接口的特性。这些与接口相关的特性的示例是调制器的啁啾声或者电再生的性能。

[0009] 一种被广泛使用的方法是借助于具有相反色散特性的光纤线轴来补偿线路光纤的色散。相反色散的影响在这种情况下被用于所期望的补偿。光纤的补偿线轴可以位于发射机的输出处(预补偿),位于传输线的中间点中(线中补偿)或者位于接收机的输入处(后补偿)。

[0010] 图 1 示意性地示出了使用补偿线轴解决方案的 WDM 传输系统 100。如图所示,耦合到复用器 102 的发射机 101 显示在发射端,耦合到解复用器 108 的接收机 109 显示在接收端。光传输线通过附图标记 104 和 106 表示。在发射端生成的光信号从复用器 102 输出,并被馈送到光放大器 103 中。光放大器 103 耦合到光纤线轴 103a,与光传输线 104 中的那些光纤相比,其具有部分相反的色散特性,因此局部色散补偿由光纤线轴 103a 提供。因为这个色散补偿在传输的起始点被提供,它通常被称为预补偿。类似的色散补偿被提供于传

输系统的一个或多个中间点中,通常被称为线中补偿。这在图中由光放大器 105 和线轴光纤 105a 表示,线轴光纤 105a 具有与传输线光纤 104 的那些相反的色散特性。最后,另一类类似的补偿被提供于传输线的接收点处。这由光放大器 107 和光纤线轴 107a 表示。这种补偿被称为后补偿。

[0011] 系统性能的一大部分由预补偿、线中补偿和后补偿的数量支配。为了达到最佳性能,这个数量必须根据光纤特性、发射机 / 接收机特性和信道功率电平来调整。

[0012] 在某些解决方案中,使用放置在光接收机的输入处的可调设备以便于细微地调整累积的色散,从而减少对于完美线中补偿的需要。这样的设备通常被称为可调色散补偿模块 (TDCM),并且可以在执行前向纠错 (FEC) 时手动地或者自动地使用,以便优化系统的误比特率 (BER)。应当指出,光补偿能够被接收机 (例如自适应接收机) 内的电补偿所替换或者被其增强。

[0013] 上述解决方案在消除具有不同波长的两个信道之间的累积色散的差别方面提供了令人满意的结果。具体地说,它帮助降低了对于完美线中补偿的需要,线中补偿对于某些光纤类型特别是对于 G. 653 或 G. 655 类型是很困难的,在有些情况下甚至是不可能的。

[0014] 上述解决方案还在系统内的信号电平发生变化时提供补偿方面的某些改善;例如在信道增加或撤销之后或者当放大器功率改变时。

[0015] 可是,上述解决方案不适于具有同向泵浦的拉曼分布式系统的情况。拉曼分布式同向泵浦是为了增加输入光信号的功率而被广泛使用的技术。高功率光束在与光信号的方向相同的传播方向被泵入传输光纤中,因此,由于光纤材料和泵浦光子之间的干涉,信号被放大。

[0016] 在使用拉曼分布式同向泵浦的系统中,信道功率取决于拉曼增益,因此当拉曼增益改变时,色散映射应该被修改。

[0017] 因此,所期望的是在使用拉曼泵浦时,提供一种用于自动调整 WDM 传输系统的色散补偿的解决方案,如此以克服如上所述的已知解决方案的缺点或难点。

发明内容

[0018] 通过使用本发明提出的解决方案来达到上述目的,根据本发明,依据拉曼增益调整预补偿量。

[0019] 优选地,本发明的解决方案实施在使用拉曼分布式同向泵浦的系统中。可是,本发明同样可以应用于在短跨距上使用拉曼反向泵浦的场合下,对此典型的应用是超长距离陆上或水下中继应用。在这种情况下,因为跨距短,拉曼泵浦也可以提高信号功率直到接近于非线性影响限制的电平。

[0020] 因此,本发明的一个目的是提供一种具有光传输线的光传输系统的色散补偿调整设备,该设备包括:可调色散补偿模块和至少一个包括拉曼泵浦的分布式拉曼放大器,所述拉曼泵浦耦合到传输线,其特征在于:可调色散补偿模块被放置在或者基本上接近于光传输线的发送端,并且所述可调色散补偿模块的响应通过从拉曼泵浦中获得的信号来控制。

[0021] 本发明的另一目的是提供一种包括本发明色散补偿设备的光传输系统。

[0022] 本发明的又一个目的是提供一种为具有光传输线的光传输系统调整色散补偿的方法,所述系统包括可调色散补偿模块和至少一个包括拉曼泵浦的分布式拉曼放大器,所

述拉曼泵浦耦合到传输线,其特征在于包含以下步骤:把可调色散补偿模块设置在或者基本上接近于光传输线的发送端,并且通过从拉曼泵浦中获得的信号来控制所述可调色散补偿模块的响应。

[0023] 借助于附图,本发明的这些以及其它优点在如下说明中以及在权利要求中被更详细地解释。

附图说明

[0024] 图 1 是根据传统的解决方案使用补偿线轴解决方案的 WDM 传输系统的示意性框图表示。

[0025] 图 2 是实验结果的图形表示,其示出了在拉曼分布式同向泵浦配置中通过使用不同电平的预补偿所获得的性能改善。

[0026] 图 3 是根据本发明的色散补偿系统的示意性框图表示。

具体实施方式

[0027] 在具有同向泵浦的拉曼分布式系统中(如上所述在某些情况下也使用反向泵浦),为了获得最佳性能的最重要的参数之一是执行的预补偿数量。

[0028] 可是,虽然应该理解的是本发明不被解释为仅仅局限于同向泵浦应用,但是为了描述的简化,如下讨论将相对于拉曼同向泵浦应用而被提供。

[0029] 图 2 示出了通过拉曼分布式同向泵浦所获得的性能改善相对于在单模式光纤(SMF)上处于 10Gb/s 的单跨距系统的开/关拉曼增益实验曲线图。

[0030] 图 2 中,横坐标以 dB 为单位表示拉曼增益,而纵坐标也以 dB 为单位表示相对于没有拉曼同向泵浦的配置的预算改善。虚线 A(为了比较用途而示出)对应于一个实验结果,其中,使用了拉曼同向泵浦但是预补偿不存在。应当指出:对于没有使用拉曼同向泵浦的单跨距系统,系统性能在没有预补偿时通常是最理想的。

[0031] 虚线 B 对应于 -1023ps/nm 预补偿电平,而实线 C 表示通过 -505ps/nm 预补偿电平获得的性能,在两种情况中拉曼同向泵浦都存在。

[0032] 由于以上是实验结果的表示,为了更好的理解之,应当注意,线 A、B 和 C 表示在每种情况下最理想的结果,在对于每个测量点都固定拉曼增益和预补偿的这个意义上来说,信号功率被调整以便获得最佳性能。

[0033] 因此,在此图中清楚地看到:对应于线 C 的预补偿电平表示当拉曼同向泵浦存在时的最佳性能改善。线 B 和 C 之间的比较进一步显示:其他条件都相同时,实际上就是所使用的预补偿的量对系统性能有重要的影响。

[0034] 基于以上讨论,本发明所建议的解决方案目的大体上是当使用拉曼同向泵浦时,控制光信号上的预补偿电平。这是考虑到如下事实而执行这种操作:在使用拉曼分布式同向泵浦的系统中,信道功率取决于拉曼增益,因此,当拉曼增益改变时色散映射应该被修改。

[0035] 特别是,本发明建议在预补偿阶段使用 TDCM,并且根据拉曼增益控制其响应,以便设置取决于开/关拉曼增益并因此取决于拉曼泵浦功率的预补偿值。

[0036] 图 3 示出了基于本发明的原理的具有拉曼同向泵浦的色散补偿设备的示意性框

图表示。拉曼泵浦 1 耦合到光传输线 2 并适于把光信号功率同向泵浦到光传输线 2 中。拉曼泵浦 1 还通过控制回路 3 耦合到 TDCM4。TDCM4 位于或者接近于光传输线的发送端（后者未在图中示出）并负责对被传输的光信号执行已调整的预补偿。

[0037] TDCM4 的调整经由控制回路 3 由从拉曼泵浦 1 中接收到的输入信号控制，控制回路 3 被布置在 TDCM4 和拉曼泵浦 1 之间的反馈结构中。TDCM4 从拉曼泵浦 1 中接收到的信号表示拉曼泵浦生成的并耦合到光传输线 2 的信号功率。

[0038] 以这种方式，TDCM4 提供的预补偿电平通过拉曼泵浦 1 产生的信号功率的电平来控制或调整，其中所述信号功率经由控制回路 3 被反馈给 TDCM。泵浦功率越高，拉曼增益越高，因此信号功率越高。信号功率电平因此被 TDCM4 检测并且要由后者执行的预补偿根据检测到的功率电平而被设置。在正常条件下，例如系统运行在非线性阈值下，拉曼增益越高，则需要越高的预补偿。这可以在图 2 中看到。例如，对于 7dB 增益，无论执行什么量的预补偿，则都获得相同的性能，对于这种情况，0ps/nm 是合宜的。可是，对于 15dB 增益，需要增加预补偿量到 -500ps/nm（线 C 表示）。预补偿量增加太多，那么性能降低（线 B 表示）。对于运行在接近于非线性极限的系统，TDCM 设置不怎么可预测。对于此类系统，建议采用控制回路以便控制补偿电平。

[0039] 应当指出：对于诸如每信道例如 15dBm 的相对大的信号功率电平，TDCM 必须被调整到与诸如每信道 0dBm 之类的小信号功率电平的相应值不同的数值。图 3 中，光放大器 5 被显示在 TDCM4 的上游。已知的光放大器 5 负责在 TDCM4 处的预补偿之前放大光信号。这种光放大器的示例是掺铒放大器。可是，光放大器的使用是任选的。

[0040] 由于在拉曼同向泵浦中信号功率在线路光纤中被放大的事实，也许不容易测量信号的实际功率电平，这可能使得 TDCM4 处的预补偿电平的控制变复杂（在这种情况下，建议采用基于 FEC 信息的控制回路）。可是，基于诸如光放大器的输出功率电平的已知数值，拉曼泵浦的功率电平和线路光纤特性，计算所谓的“集成信号功率”，即传输线上呈现的总信号功率电平，是可能的，所述集成信号功率是系统性能的相关参数。这个数值可以妥当地用于控制 TDCM 响应。

[0041] 因此，基于本发明所提出的解决方案，预补偿电平可以首先设置在给定值上，然后此数值可以被动态地控制以避免在系统寿命期间性能的下降。有利地，这样的动态控制可以使其能够克服或者降低由于拉曼泵浦部件中泵浦老化所引起的泵浦功率中或者类似地在掺铒放大器 5 的老化期间的任何波动的影响。

[0042] 预补偿电平的动态设置还可以实现在信号功率中出现变化的情况下应变的能力。例如，这样的变化可能在由于保护、或者由于信道数量的提高或者由于业务路由引起系统负载的修改之后出现。

[0043] 预补偿电平的设置点可以根据预先建立的标准，或者通过其它装置来选择，例如通过搜索具有预定义值的查找表，其中 TDCM 设定值是泵浦功率的函数。

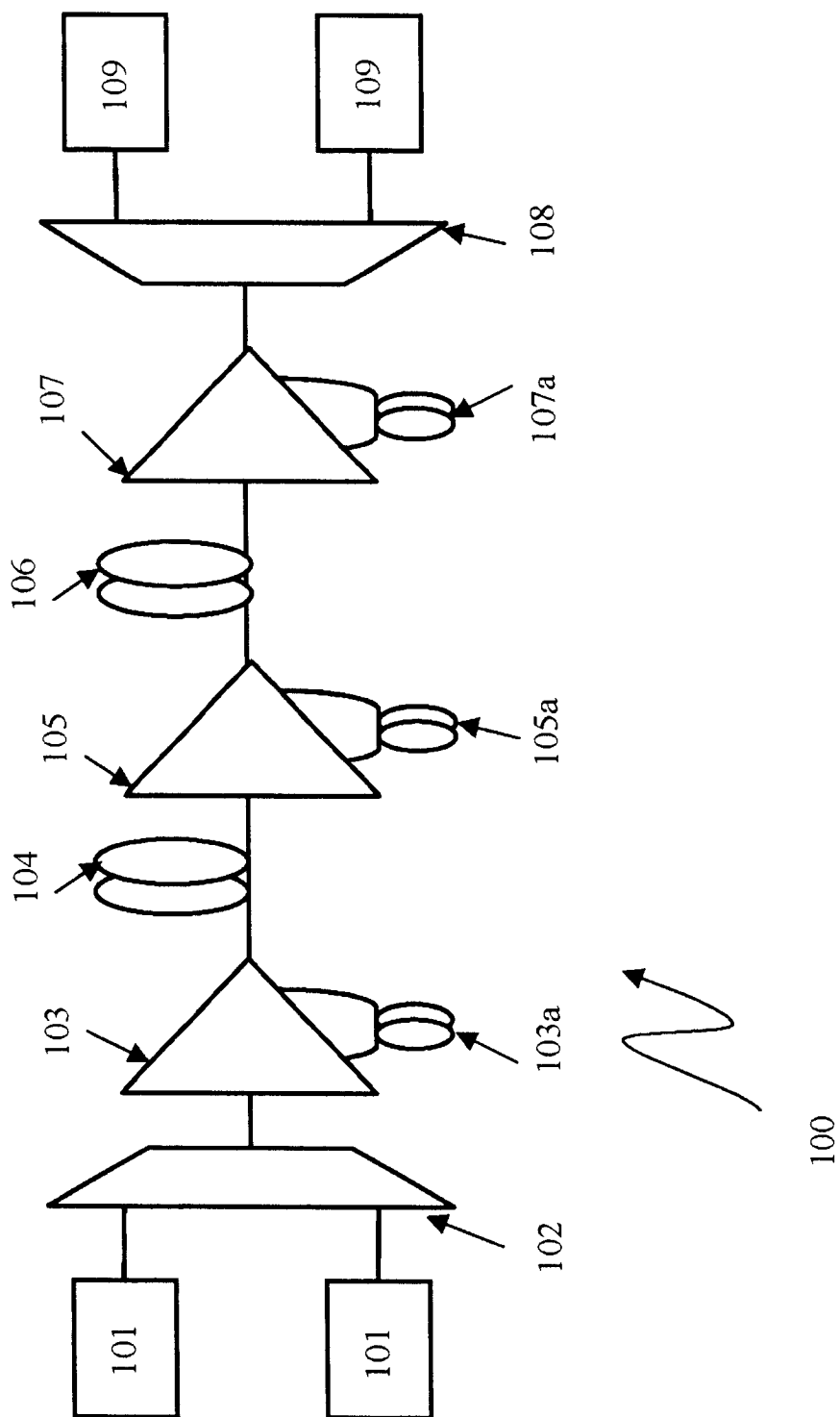


图 1

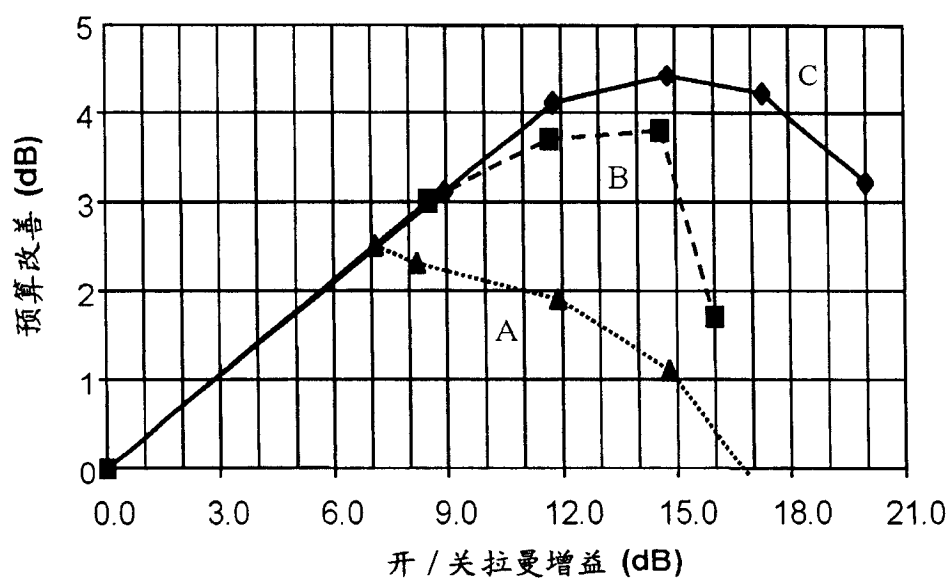


图 2

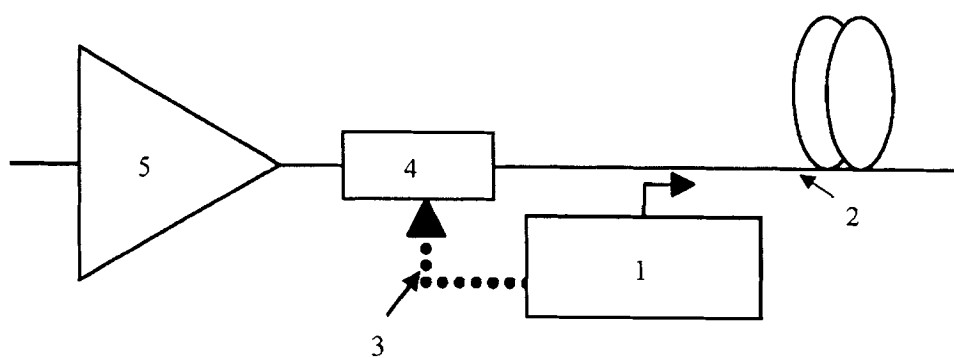


图 3