

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

H04J 14/02

H01S 3/19

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97199566.4

[43]公开日 1999年12月1日

[11]公开号 CN 1237298A

[22]申请日 97.9.2 [21]申请号 97199566.4

[30]优先权

[32]96.9.4 [33]SE [31]9603219-8

[86]国际申请 PCT/SE97/01464 97.9.2

[87]国际公布 WO98/10544 英 98.3.12

[85]进入国家阶段日期 99.5.4

[71]申请人 艾利森电话股份有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72]发明人 O·扎尔恩

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

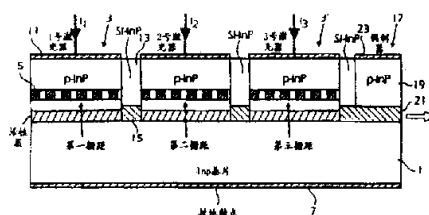
代理人 王 勇 李亚非

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 产生波长不同的激光

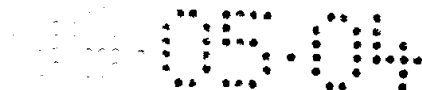
[57]摘要

在一个可调谐的激光器件中有多个基本上相同的激光器(3,3')被彼此相邻地成行或成列布置在一个共用的基片(1)上。激光器(3,3')可以是DFB型,并且具有通过不同的光栅(5)间隔所获得的不同的发射波长,用光栅来确定各个激光器的波长。通过向装在激光器顶面上的触点(11)提供电流就可以激励激光器彼此独立地发光。当一个激光器受到激励时,其他激光器受到偏置,让位于有效激光器一侧的那些激光器对发射的光透明,光从这些激光器和一个电光调制器(17)中通过,而位于该激光器另一侧的那些激光器则会吸收光。通过控制温度就可以精密地调节发射光的波长。这种激光器件具有紧凑的结构,对使用的驱动电流的变化并不是很敏感,并且能够用简单的方式调节到不同的工作状态,以及对老化的影响进行补偿。



专利文献出版社出版

ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种器件包括用来发光的激光器, 可以控制这种器件发射多种不同波长之一的光, 其特征在于至少有两个按照下述方式定位的激光器单元, 当至少两个激光器当中的一个受激发光时, 发光的方向穿过至少两个激光器单元中的至少一个其它激光器单元。

2. 按照权利要求1的器件, 其特征是至少两个激光器单元是这样布置的, 让至少两个激光器单元具有相同的发光方向。

3. 按照权利要求1-2之一的器件, 其特征是至少两个激光器单元被布置成一行, 至少两个激光器单元各自都具有纵向方向的激光腔, 其纵向方向是彼此对齐的。

4. 按照权利要求3的器件, 其特征是光吸收器件被布置在由至少两个激光器单元构成的行的一端。

5. 按照权利要求1-4之一的器件, 其特征是:

-至少两个激光器单元被构筑在同一个电路板上, 并且各自包括一个用来发光的激光腔,

-激光腔大体上具有矩形的形状, 让矩形的小边垂直于电路板的大面,

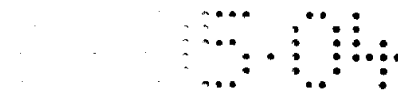
-在至少两个激光器之一被激活时, 光朝着与电路板的大面平行的方向在激光器单元的纵向方向上发射, 并且

-激光腔的位置是彼此对齐的, 当至少两个激光器单元中的第一个被激活时, 来自第一激光器单元的光通过另一个离第一激光器单元最近的第二激光器单元的激光腔, 在不同的第三激光器单元的位置挨着第二激光器单元的情况下, 进一步通过第三激光器单元的激光腔。

6. 按照权利要求1-5之一的器件, 其特征在于至少两个激光器单元具有不同的发射波长。

7. 按照权利要求1-6之一的器件, 其特征在于至少两个激光器单元中所包括的二个激光器单元包括一个光栅装置, 其光栅周期确定了该激光器单元的发射波长。

8. 按照权利要求1-7之一的器件, 其特征是用温度控制装置将至少两个激光器单元的温度控制在所需的值, 从而对至少两个激光器单元的发射波长进行精密的调节。



9. 按照权利要求1-8之一的器件,其特征是设有一个调制器,让至少两个激光器单元之一发出的光通过调制器。

10. 用来发射多种不同波长之一的光的一种方法,其特征是包括以下步骤:

- 5 -提供至少两个适合发射不同发光波长的光的激光器单元,
 -将至少两个激光器单元定位,当至少两个激光器单元中的一个受激发光时,光的发射方向穿过至少两个激光器单元中的至少另一个激光器单元,

- 10 -仅仅激励至少两个激光器单元中的第一个激光器单元发光,
 -偏置至少两个激光器单元中的另一个第二激光器单元,让第一激光器单元发出的光的方向从其中穿过,使其对第一激光器单元发出的光透明,或者是吸收从第一激光器单元发出的光。

15 11. 按照权利要求10的方法,其特征是对至少两个激光器单元组合中所包括的、并位于第一激光器单元一侧的所有激光器单元进行偏置,使其对第一激光器单元发出的光透明。

12. 按照权利要求10-11的方法,其特征是对至少两个激光器单元组合中所包括的并且布置在第一激光器单元一侧的所有激光器单元进行偏置,以吸收从第一激光器单元发出的光。

20 13. 按照权利要求10-12之一的方法,其特征是将至少两个激光器单元组合中所包括的所有激光器单元定位,让所有激光器单元发出的光具有相同的方向。

14. 按照权利要求10-13之一的方法,其特征是将至少两个激光器单元组合中的所有激光器单元布置成一行。

25 15. 按照权利要求10-14之一的方法,其特征是吸收第一激光器单元在一个方向上发出的光。

16. 按照权利要求10-15之一的方法,其特征是将至少两个激光器单元的温度控制在需要的值,以便对至少两个激光器单元的发射波长进行精密的调节。

30 17. 按照权利要求10-16之一的方法,其特征是对第一激光器单元发出的光进行调制。

说明书

产生波长不同的激光

本发明涉及到用来产生或是发射光的一种光源,可以利用电信号来控制光的波长,特别是涉及到一种可调谐地发射不同波长的光的激光器,以及产生或是发射不同波长激光的一种方法。

由于在光纤通信网络中采用了波长分隔多路复用(WDM)技术,网络的带宽以及由此而传输的信息量比以前大大提高了,不需要使用很高的传输速率。信息是在许多并列的信道上发送的,每个信道包括一个固定的独立波长范围或是波长带。目前采用的系统包括4-16个信道,每个信道的传输率或是比特率是2.5Gbits/s.为更远的将来着想,有可能需要使用更多的信道。因此,使用16-32个信道是完全可能的,并且使用128个信道的功能性传输系统已经在实验室条件下得到了论证。进而,按照相同的方式,当然也可以明显地将每个信道的比特率提高到例如10Gbits/s. 诸如20,30和40Gbits/s的速率等等更高的传输速率也已经在实验室条件下被使用,在未来很可能需要使用这些更高的速率。

对于波长多路复用传输中的每个信道和波长范围来说,必须使用诸如半导体激光器那样的独立光源,激光器发出的光还必须能够受到调制,以便获得携带有用信息的比特流。然而,一个主要的问题在于如何获得这种激光发射机,因为它必须具有狭窄的光线宽度,也就是具有小的线性调频脉冲。在其它方法中可以通过采用外部调制来实现,例如用恒定的电流驱动激光器,并且利用一个独立的强度调制器或是与激光器构成整体的一个强度调制器进行调制,例如是电吸附型的调制器。激光器应该是DFB型也就是具有分布式反馈的激光器,或者是DBR型的例如具有分布式Bragg反射器的激光器,以便保证在操作激光器时仅有一种纵向的电磁式激光。

波长多路复用中出现的最主要的波长范围是由1530-1560nm的范围构成的。它处在良好的光纤放大器的有效范围之内,例如是一种掺铒的光纤放大器(EDFA:s)。在未来还会需要起用诸如1300nm左右的波长范围。

一般来说,目前使用的发光和调制器件是这样构成的,例如DFB型的激光发射机是为不同的波长而制造的,在其中可以通过激励单独的

激光发射机而发光。DFB激光器的激光波长是由激光器的活性层中的有效折射率和纵向光栅的间隔(“pitch”)也就是光栅周期来确定的。可以通过在大约5nm的波长间隔之内控制激光器的温度来调谐这种激光器,因为典型的波长变化大约是0.1nm/K,并且半导体激光器不能在过高的温度下工作,否则,随着温度的升高,门限电流也会增大,并且发射光的输出功率会有所下降。这就意味着必须要制造不同波长等级的激光器,并且在安装用于波长多路复用的发射机设备时必须选择正确的部件。这还意味着发射波长不容易在较大的波长范围内改变,例如,要改变到一个随机的信道并不是很容易的事。对于在彼此接近的波长上工作的激光器来说,也许只能改变信道。然而,这种信道变化在具有增加和减少功能(OADM, Optical Add/Drop Multiplexers)的包括光学交叉点(OXL)和光学多路复用的灵活的光纤网络中是有用的。

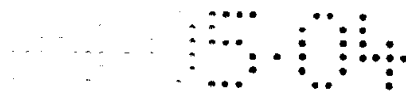
为了获得具有波长可以选择的较宽范围的激光,目前已经出现了不同的方案。这些方案中包括DBR激光器的不同变化,在其中可以通过射流或是对波导管的局部加热或是对器件施加电场而移动光栅的反射极点。有一种方案的基本方法是将一个DFB激光器划分成不同的段,并且改变每一段中的电流。第三种方案的基本方法是将激光腔划分成具有不同长度的不同的子腔,并且在不同的腔之间施加干扰,以便限定发射的波长,因此被称为Y激光器或是C¹-激光器。所有这些类型所面临的问题都是调谐机制比较复杂,因而需要复杂的控制算法,并且所有这些类型都是通过射流来改变折射率的,这样就潜伏着与器件可靠性有关的问题。

本发明的目的是提供一种激光器件,它可以通过调谐而在一个不会受到过多限制的波长范围内提供不同波长的光。

本发明的另一目的是提供一种可调谐的激光器件,它具有可靠的性能,并且对工作电压和工作电流的选择不会过于敏感。

本发明的再一个目的是提供一种可调谐的激光器件,它具有紧凑的结构,并且可以用单一集成的方式装在一个独立的电路板上,而且在操作中不需要额外的光学元件。

根据以下的说明可以了解上述和其它的目的。



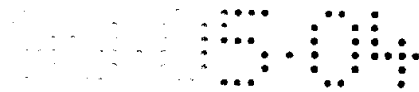
本发明所要解决的问题是提供一种可调谐的激光器件,它具有简单和可靠的结构及功能,并且便于控制,在不受过多限制的波长范围内按照选定的波长发光。

解决上述和其它问题的方式是提供许多在原理上彼此相同的独立激光器,并且其位置在行或是列的结构中彼此靠近。这些激光器具有不同的发射波长,并且在操作中能够彼此独立地发光。所有激光器的光发射方向基本上彼此相符,也就是说,这些激光器具有相同的纵向方向。进而还采取了这样的激光器结构,让行列中的一个激光器发出的光通过指向和/或穿过其它激光器的方向,特别是通过这些激光器的激光腔。

这种激光器件的优点在于它是由装在同一个半导体或是其它类型的基片上的半导体激光器构成的。与包括若干个彼此平行发光的激光器的一种可调谐的激光器结构相比,本文中所述的激光器不需要采用光学耦合器,因而要比现有技术的器件简单得多。

因此,一般来说,本文中所述的激光器件的结构是耐用和简单的。这种器件还便于控制,因为它仅仅需要比较简单的控制算法。在基于半导体技术的激光器件的设计中,可以通过用已知的方式来控制器件的温度而精密地调节激光器的发射波长。另外,由于不需要耦合器,在器件的基片上需要供激光器公用的表面比较小。制造这种激光器件的工艺与制造DFB激光器时所用的公知工艺是相同的。

一般来说,为了发射多种不同波长当中的一种激光,可以采用以下步骤:首先提供适合发射不同发射波长激光的至少两个激光器单元;然后将激光器单元布置成一行或一列,在其中之一受到偏置而发射激光时,光是大体上在两个相反的方向发射的,其中之一穿过至少另一个激光器单元-最好是穿过所有的激光器单元,以便让所有激光器单元发出的光具有相同的方向;然后仅仅偏置或是激励一个也就是第一个激光器单元使其发光,例如是为其提供适当的驱动电压和电流;第一激光器单元发出的一个方向的光从第二个不同的激光器单元中通过,对第二激光器单元进行偏置,使其对第一激光器单元发出的光是透明的,即让发射光通过,或者是吸收来自第一激光器单元的光,其中第一激光器单元发出光的方向之一通过第二激光器单元。



可以将激光器单元划分成位于第一激光器单元一侧的第二激光器单元和位于第一激光器单元另一侧的第三激光器单元,也可能不存在这样的第二和第三激光器单元,这取决于第一激光器单元在激光器单元的行或列中的位置,因此,从第一激光器单元发出的光的一个方向延伸通过所有第二激光器单元,而第一激光器单元发出的光的另一个方向延伸通过所有第三激光器单元。这样就能将所有第二激光器单元偏置成对第一激光器单元发出的光是透明的,而将所有第三激光器单元偏置成吸收从第一激光器单元发出的光。这样就能总是用某种适当的装置例如是一个专用的适当吸收单元来吸收从第一激光器单元在相对的方向之一上发出的光。

特别是对于基于半导体技术的激光器单元来说,可以将激光器单元的温度控制在所需的值,以便对激光器单元的发射波长进行精密的调节。通过激励第一激光器单元而发射的光是可以调制的,以便携带信息比特。

以下要参照附图借助于非限制性的实施例对本发明进行详细的说明,在附图中:

图1是一种激光器件的截面示意图,它可以调谐到不同的波长,并且包括三个独立的激光器和一个调制器;

图2是从一个DFB激光器输出的光的功率特性图,它是提供给激光器的电流的函数;

图3是包含两个独立激光器的一个激光器件的消光率和侧向抑制(side mode suppression)特性图,它们是频率的函数;

图4表示在利用包含两个独立激光器的激光器件在光纤中传输信息时所产生的误码率。

在图1中表示了一种可调谐激光器件的截面示意图,它被构造在一个半导体板上,这是一种在InP-基片1中掺n的板。激光器件包括多个DFB激光器3,3',在本例中表示成三个激光器,但是实际上至少可以使用可达十个独立的激光器。用1,2,3表示的激光器被彼此相邻地排列成行,其各自的光栅5都具有不同的光栅周期。每个激光器3,3'的操作与其它激光器基本上是独立的,因此,如果为其提供适当的电流,它就能够发射独立于其它激光器的激光。激光器的光栅周期是按照适当的方



式来选择的,使激光器所发射的激光的波长在彼此之间具有一个适当或是足够的差别。

各个激光器3,3'之间的波长间隔及其光栅常数也就是光栅的每单位长度的耦合强度必须按照以下的方式来选择,一定不能让光栅对激光器的光形成反射的光谱范围所在的阻带与其它激光器的阻带重叠。如果不能满足这一条件,就会产生与不理想的寄生反射有关的问题。阻带的光谱宽度 $\Delta\lambda$ 可以近似地表示成 $\Delta\lambda = k\lambda^2/\pi n$,它也是光栅的光学3dB带宽,其中的k是光栅的耦合强度, λ 是光在真空中的波长,n是波导管中的有效折射率。对于DFB激光器来说,典型的 $k=50\text{cm}^{-1}$,它可以在 10cm^{-1} 到 100cm^{-1} 之间变化, $\lambda=1.55\mu\text{m}$, $n=3.25$,所得的 $\Delta\lambda=1.2\text{nm}$ 。为了确保由于某一DFB激光器3,3'周围的光栅所产生的反馈而引起的反射,不会对该激光器造成干扰,对举例的数值来说,激光器发射波长之间的距离至少应该达到2-3nm,它大约对应着 $1.5\Delta\lambda$ 。在典型的情况下,为了在这些波长之间维持适当的重叠,这些重叠可以采用下述的温度控制获得,从激光器发出的光的波长之间的差可以适当地增大,通常可以为3-5nm。

比如在基片1的下面可以为所有激光器设置共同的接地触点7。激光器中的波导管9是用具有1550nm(Q1.55)发光波长的InGaAsP(松散(bulk)材料或是量子阱)制造的。纵向的光栅5被布置在包含波导管的层上面。光栅周期是在制造半导体板时例如通过电子束印刷术来确定的。在每个激光器3,3'的顶面上具有其自己的电接点11。利用包含例如半绝缘InP,SI-InP等等的沟槽13将激光器3,3'在电路上彼此隔开。利用设置在沟槽13底部的无源波导管15将激光器3,3'的光学路径彼此连接,这种波导管可以是具有1450nm(Q1.45)发光波长的InGaAsP。在一行激光器3,3'的端部挨着激光器3'设置一个电吸收型的光强调制器17,它是由在InP-层19中掺p构成的。层19位于与波导管15属于同一类型的一个无源波导管21的顶上,波导管15将激光器3,3'连接到一起。在光强调制器的InP层19上面有一个用来提供调制电压的电接点23。

以下要参照图2说明这种激光器件的工作方式。提供给激光器3,3'的电流强度用 I_1, I_2, I_3 来表示,其中的下标对应着激光器的序号。利用通过激光器的一个明显超过门限电流 I_{th} 的大电流 $I_2=I_1$ as的



两个相反方向包括正向偏置而选择一个激光器,例如是2号激光器。这样就能使激光器开始发射激光。光是在激光器的纵向方向上朝着两个相反的方向发射的,例如图1所示,两个相反方向包括正方向也就是朝着调制器17的右方向和反方向也就是左方向。

按照最简单的激光器结构,在一个方向上发射的光和相反方向上发射的光的比例等于1。然而也可以这样来设计激光器的光栅,让一个方向上发射的光比反方向上更多。按照惯用的方式,可以通过在(同一个激光器的)纵向方向上改变光栅的强度而实现。

位于选定的激光器(在上述的例子中例如1号激光器)后面的那些激光器受到的电压偏置是反方向的,或者是仅有很弱的正向偏置,因而没有电流通过这些激光器。因此,本例中的电流 I_1 可以是负值或是很小的正值。这样,后面的这些激光器就会吸收选定的激光器在反方向上发射的光。从而就消除了映在选定激光器中也就是在纵向方向上从选定的激光器后面看到的后面的激光器带来的反射问题。为了确保最后面的激光器(最后面的激光器在图1中就是1号激光器)没有反射的影响,如果选定了它来发光,没有表示的那些额外的部分就能提供在激光器件的最后面的部分。这一部分的结构可以和行列中的激光器相同,但是并不要求它能够发光。为这一部分提供驱动电流,让它和上述的位于一个受激激光器后面的那些激光器一样起到吸收作用。或者是在激光器件的最后部分布置一或多个未示出的介电抗反射层。

位于选定激光器前面的激光器也就是位于选定激光器和调制器之间的那些激光器(在本例中选定激光器是3号激光器),在正向方向上受到适当偏置。这就意味着这些激光器上的电压在典型情况下被选定为使电流值处在透明电流 I_{tramp} 和门限电流 I_{th} 之间,如图2所示。在本例中的真实情况是 $I_{tramp} < I_3 < I_{th}$ 。透明电流 I_{tramp} 被定义为入射光信号在激光器的活性层中既不是被纯放大也不是被纯吸收的电流强度。门限电流 I_{th} 被定义为一个电流强度,该电流强度是受激的放大用以平衡于由对光的吸收和对远离激光腔光的耦合而产生的总损失,因此它是在增大流经激光器的电流时激光器开始发射激光,即开始“产生激光”的电流。

对位于选定的激光器前面的激光器的电流强度精确值的选择并不是特别严格,因为在透明电流 I_{tramp} 和门限电流 I_{th} 之间的间隔通常

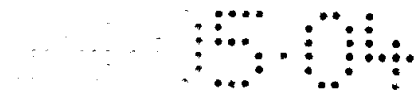


有几个mA。对工作电流的精确选择确定了输出功率的电平。输出功率的变化通常有几个dB,这取决于这些激光器的电流强度在间隔 $[I_{tramp}, I_{th}]$ 之内的位置。

5 所有上述三个电流 I_{las} , I_{th} , I_{tramp} 与温度的关系都是非常密切的。因此,在使用半导体激光器件时,必须选择准确的值。在一种自动工作的器件中,可以利用图中未示出的一个微处理器等等控制装置来控制激光器,在微处理器的存储器中存储了这些量与温度的关系表。控制装置还必须包括某种温度传感器,并且在测量温度和图表值的引导下以及按照适当的控制信号的指令对激光器件内包括的激光器的准确
10 工作电流进行选择,以便激励所需的激光器使其按照需要的方式发光。所提供的这种控制装置与具有类似功能的现有技术的系统相比并不十分复杂。因此,基于半导体技术的这种波长可调谐的光源的每一种结构都需要某种形式的逻辑控制机构。

如果位于前面的一个激光器(本例中即3号激光器)的驱动电流
15 具有很小的值,它就会吸收光,而激光器件的总输出功率就会下降。利用图中未示出的某种适当的光电检测器可以实现自动检测,可以将其布置在调制器后面,并且连接到控制装置。或者是将调制器7本身当作光电检测器,因为它吸收的电流会产生光电流。通过测量这一光电流还可以测量到通过调制器的光量。为了补偿这种下降,可以增大应该透明的
20 这些激光器的工作电流,或者是增大通过有效激光器的电流。然而,激光器不会产生与不应有的波节跳跃或是不稳定有关的问题,这种情况是在基于由施加电流而改变折射率的调谐机制的激光器选择了不适当的电流时造成的,例如DBR激光器和类似的激光器。当激光器老化时,其最佳工作电流也会变化,通常是逐渐增大。按照上述的方式,可以用
25 上述的结构对电流进行补偿,而在诸如DBR激光器一类的激光器中则需要更复杂的监视才能保证激光器件不会进入具有不适当或是不准确电流值的工作状态,这种情况会导致激光器产生劣质的侧向模式抑制。

可以通过改变整个电路板的温度而精密地调节从上述器件发出的激光的波长,例如是在容纳激光器件的封壳中布置一个未示出的
30 Peltier元件。如果需要将激光器件调谐到一个在一定的波长间隔内随意的波长,因此,应该对激光器的数量和光栅周期之间的差进行选择,例如,让一个间隔之内的可能的温度变化从 0°C 到 50°C 就足够了。



从理论上来说, 这种激光器件的制造方式与DFB激光器的制造方式相同, 例如在本文中可以参考 O.Sahlen, L.Lundqvist, S.Funke, Electron. Lett., 卷32, 第2期, 第120-121页, 1996发表的文章“Zero-bias and low-chirp, monolithically integrated 10Gb/s

5 DFB laser and electroabsorption modulator on semi-insulating InP substrate”。按照上述的情况, 可以使用InP基片(可以选择半绝缘InP基片或是掺n的InP基片), 并且可以使用不同的InGaAsP或是InAlGaAs合金来构筑图1的结构。可以利用MOVPE, 金属有机相位外延及其某种变形或者是各种MBE, 分子束外延术外延生长出不同的层。可以生产出使用1550-1560nm的波长带的器件, 或者是通过改变InGaAsP层中的材料成分或是合金组成而改变到其它波长范围, 例如变到1300nm左右的波长间隔。如果使用诸如InGaAs/GaAs/AlGaAs体系等其它的材料组合还可以获得更小的波长间隔, 例如是980nm。当然也可以半导体之外的使用其它材料体系, 例如是掺杂的介电材料, 例如掺铪的石英硅, 或是掺杂的铁电材料, 例如掺铪的铌酸锂。

按照上述方式制造的激光器件包括两个级联的DFB激光器, 它的长度是400 μm , 一个四分之一波长的相移, 和一个Franz-Keldysh(FK)调制器。按照上述文章中所述的方式制造的器件包括用于限定光栅的电子束印刷术, 然而, 不同的是现在活性层包括六个量子阱, “拉紧的量子阱”。通过调节温度, 就可以选择11个波长频道的每一个, 频道的频率差是100GHz, 也就是说, 与图3的曲线相比, 可以获得8nm以上的调谐间隔。如果向调制器提供0到-2V的电压, 侧向模式抑制定量SMSR要好于40dB, 而模数消光率在所有温度下都大于11dB。温度在277-324K的间隔内变化。采用的最大电流不超过100mA, 它使电路板产生的功率输出在所有工作状态下都能超过1mW。典型的发光功率是3mW。调制器的电光小信号响应是16GHz。在一个光纤长度为543km的具有2.488Gbits/s比特率的系统中对这种激光器件进行测试, 标准的光纤没有频散偏移现象。在图4中画出了四个不同频道中的比特误码率BER的曲线。两条曲线对应着最靠近调制器的激光器被激励时的情况, 而另外的两条对应着后面的激光器受到激励并且前面的激光器受到弱小的正向偏置时的情况。在所有这些情况下, 调制的峰-峰值都是2V。

说明书附图

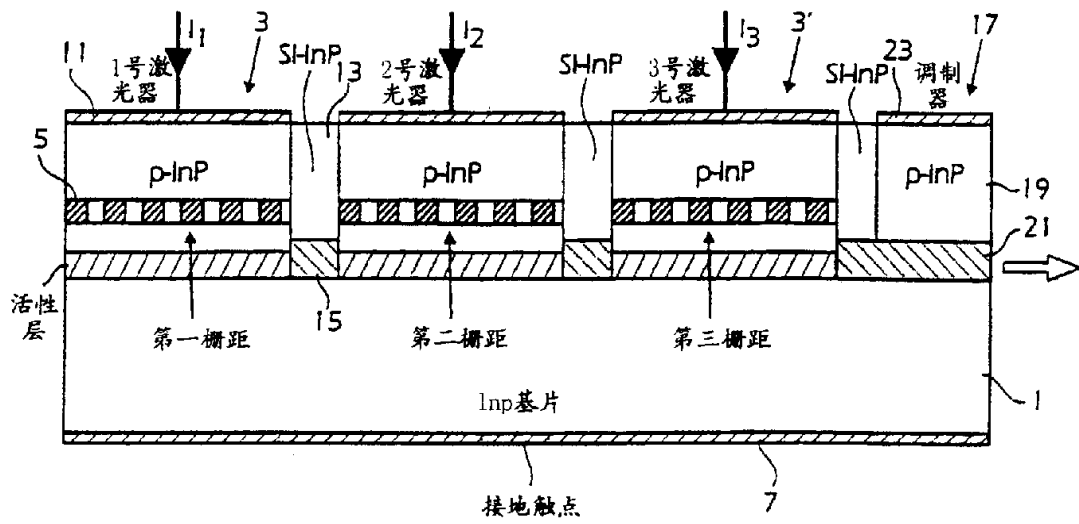


图 1

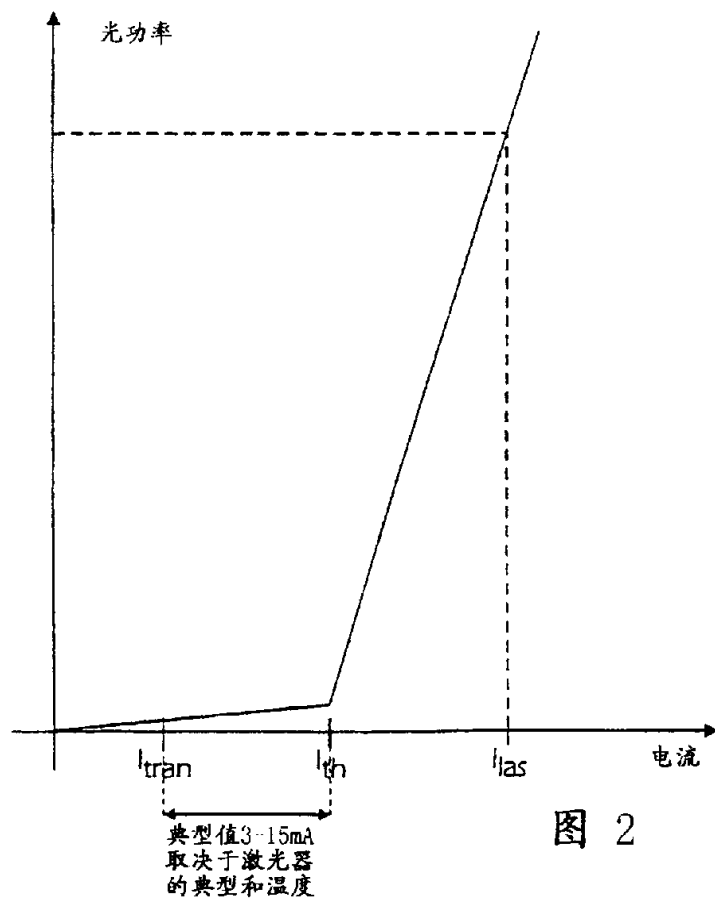


图 2

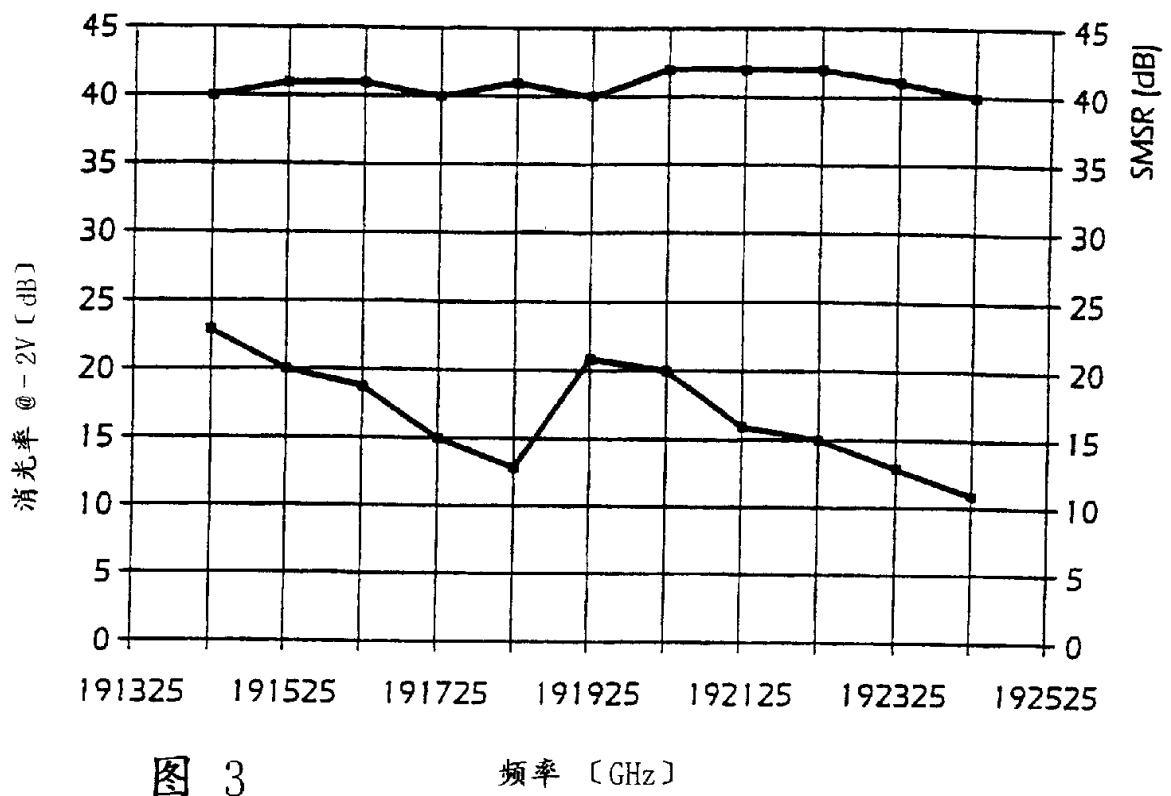


图 3

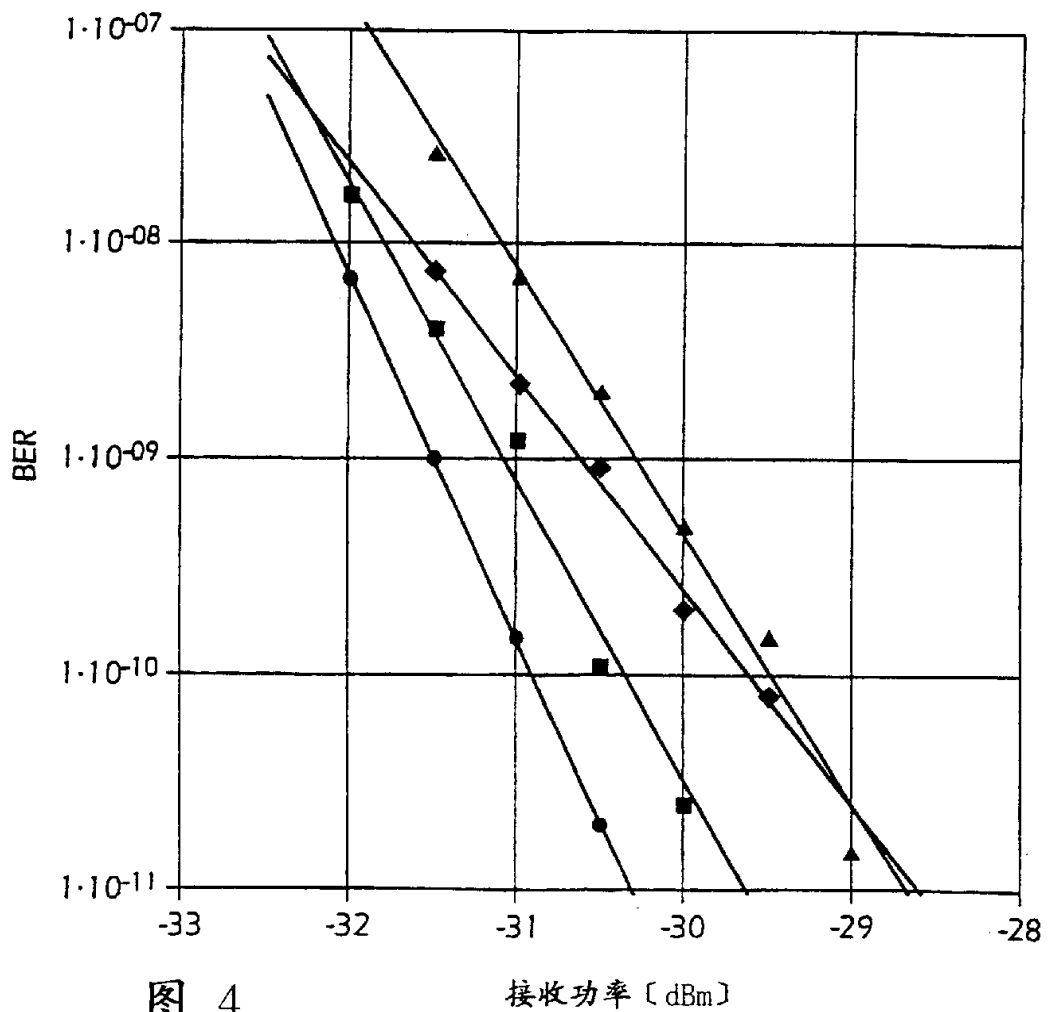


图 4