[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04J 14/02 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)
H01S 3/05 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01122618.8

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 100356720C

[22] 申请日 2001.6.26 [21] 申请号 01122618.8

[30] 优先权

[32] 2000. 6.30 [33] US [31] 09/608,639

[73] 专利权人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 陈永勤 威廉·拉利·威尔森

[56] 参考文献

US5870417A 1999.2.9

US5589684A 1996.12.31

US5845030A 1998.12.1

CN1177421A 1998.3.25

2.5 Gbit/s directly – modulated fibre grating laser for WDMnetworks. F. N. Timofeev et al. Electronics Letters, Vol. 33 No. 16. 1997

审查员 陈姗姗

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 王以平

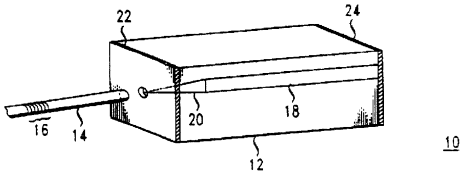
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称

包含光学半导体波导器件的系统

[57] 摘要

本发明提供一种改进的光通信系统，特别适合所谓的短程应用，例如涉及 100km 之间的距离的传输应用，诸如地铁应用。 该系统使用由增益介质组成的一种外腔激光器，该增益介质包括激活区，光放大区，抗反射层，与增益介质邻近的光波导，以及集成或耦合到光波导上的 Bragg 光栅。 所述介质和光波导，由于光放大区，即使在缺少耦合光学器件的情况下，显示了一个至少为 40% 的耦合效率，有利地至少为 50%，并且配置和运转激光器以至少两种模式发射。



1.一种光通信系统，包含一种外腔激光器，该激光器包括：

包括激活区的增益介质，该增益介质包含与至少一个反射面相对的在其一个表面上的抗反射层，激活区含有量子阱以产生光，量子阱具有侧面和形成于侧面上的包层；一个锥形的光放大区与所述激活区光学耦合，所述光放大区比所述激活区更宽，该光放大区被成形为提供横向扩宽或垂直扩宽或横向扩宽和垂直扩宽两者；以及一个或多个光导层用来将光从激活区导向光放大区；

位于增益介质附近的光波导，使得激活区产生的电磁能的至少一部分穿过光放大区和穿过抗反射层进入到光波导中；以及

集成或耦合到该光波导上的 Bragg 光栅，

其中该介质和光波导显示一耦合效率，该耦合效率即使在增益介质和光波导之间不存在耦合光学器件的情况下在激光器工作期间足够大，基本上发生的全部光谐振是在所述反射面和所述光栅之间所限定的腔的谐振，以及

其中所述光栅带宽被选择为使得激光器在光栅带宽内提供至少两种模式的多模输出。

2.如权利要求 1 的系统，其中耦合效率至少为 50%，不管增益介质和光波导之间的耦合光学器件存在或不存在。

3.如权利要求 1 的系统，其中所述腔的长度小于 1cm。

4.如权利要求 1 的系统，其中该系统的长度小于 100km。

5.如权利要求 1 的系统，其中激光器以直接调制运转。

6.如权利要求 1 的系统，其中该系统的误码率小于 10^{-9}。

7.如权利要求 6 的系统，其中该系统的误码率小于 10^{-12}。

8.如权利要求 1 的系统，其中激光器工作在 2.5GHz 或更大频率。

9.如权利要求 1 的系统，其中激光器在没有温度补偿装置的情况下运转。

10.如权利要求 1 的系统，其中增益介质和光波导在没有耦合光学器件的情况下耦合。

包含光学半导体波导器件的系统

技术领域

本发明涉及激光器件，在光通信系统，特别在波分复用系统中有用。

背景技术

由于光通信的应用逐步增加，用于波长产生，选择和维持的技术已变得更加重要。特别对波分多路复用（WDM）来说，情况就是如此，其中，源波长的精确和稳定调整到 WDM 系统的信道是必需的。然而，由于二极管激光器的发射波长趋于随温度变化而变化，因此发展了各种方法，致力于稳定所需源波长的发射。例如一种方法是耦合到半导体激光器上纤维 Bragg 光栅的使用，其中激光器只是增益介质运转，并且该光栅组成激光器的一个反射平面。因此，所述器件一般被称为外腔激光器。光栅主要反射选择的波长，使得该器件只以选择的波长发射激光。上述的装置使更好地保证所需波长发射变得可能。

然而，即使这些 Bragg 光栅器件也遇到了各种稳定性问题，包括热稳定性问题，诸如二极管对 Bragg 光栅的热响应之间的失配。这些可显著地影响激光器的运转，特别是在所需单模式输出的情况下。例如，参考 Verdiell 等人的美国专利 No.5,870,417（在 Col.2，20-36 行）。应这些稳定性问题的要求，Verdiell 等人提出了许多—但复杂的—技术，试图避免或至少补偿导致激光二极管/光栅器件的输出波长不稳定性的因素，诸如模式跳跃。需要更简单并商业可行的技术。

在光通信中的一个独立问题是把半导体器件（例如二极管）耦合到通信纤维上—这种耦合是困难和有问题的。例如，纤维相对于半导体器件输出的很小错位可导致射向纤维的光线损失二分之一多。基于这个原因，通过在上述的纤维和器件之间提供耦合光学器件完成耦合。

所述光学器件可采取很多形式，包括成形或接合在纤维上的锥形或圆锥形透镜，或各种其它的透镜构造。（再次，参阅 Vertill 等人，**supra**，在 Col.4，23-54 行。）然而，上述耦合光学器件对器件和整体包装规划来说，增加了更多的复杂性。并且，更加显著地，即使使用所述的光学器件，仍需要精确的调整。

因此，需要改进技术以克服上述问题。

发明内容

本发明提供一种改进的光通信系统，特别适合所谓的短程应用，例如涉及 100km 之间的距离的传输应用，诸如地铁应用。该系统使用由增益介质组成的一种外腔激光器，该增益介质包括激活区，光放大区，抗反射层，与增益介质邻近的光波导，以及集成或耦合到光波导上的 Bragg 光栅。所述介质和光波导，由于光放大区，显示出一个至少为 40%的耦合效率，有利地至少为 50%，即使在缺少耦合光学器件的情况下，并且配置和运转激光器以至少两种模式发射。

具体地说，提供一种光通信系统，包含一种外腔激光器，该激光器包括：包括激活区的增益介质，该增益介质包含与至少一个反射面相对的在其一个表面上的抗反射层，激活区含有量子阱以产生光，量子阱具有侧面和形成于侧面上的包层；一个锥形的光放大区与所述激活区光学耦合，所述光放大区比所述激活区更宽，该光放大区被成形为提供横向扩宽或垂直扩宽或横向扩宽和垂直扩宽两者；以及一个或多个光导层用来将光从激活区导向光放大区；位于增益介质附近的光波导，使得激活区产生的电磁能的至少一部分穿过光放大区和穿过抗反射层进入到光波导中；以及集成或耦合到该光波导上的 Bragg 光栅，其中该介质和光波导显示一耦合效率，该耦合效率即使在增益介质和光波导之间不存在耦合光学器件的情况下在激光器工作期间足够大，基本上发生的全部光谐振是在所述反射面和所述光栅之间所限定的腔的谐振，以及其中所述光栅带宽被选择为使得激光器在光栅带宽内提供至少两种模式的多模输出。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中耦合效率至少为50%，不管增益介质和光波导之间的耦合光学器件存在或不存在。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中所述腔的长度小于1cm。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中该系统的长度小于100km。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中激光器以直接调制运转。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中该系统的误码率小于10^{-9}。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中该系统的误码率小于10^{-12}。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中激光器工作在2.5GHz或更大频率。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中激光器在没有温度补偿装置的情况下运转。

根据本发明的上述系统的一个实施例，其中增益介质和光波导在没有耦合光学器件的情况下耦合。

该系统的优点以及与现有外腔激光器的差别包括以下几点。

第一，现有的外腔激光器必须应用复杂的温度补偿装置，以在潜在模式跳跃面前维持单一模式运转，如在Vertill et al., supra 中讨论的。通过对比，本发明的激光器避免了所述的温度补偿的需要，通过配置成短腔外腔激光器，用于多模运转，主要通过选择带宽足够大的Bragg光栅。已发现多模运转—典型为2到3个模式—减小了和温度诱导模式跳跃联系在一起的噪音，因此提供了一种更加稳固的不依赖于温度的系统，并不需要复杂的温度补偿。事实上，没有任何温度补偿，该系统中的误码率小于10^{-9}，有利地小于10^{-12}。（该误码率包括一种情况，例如，其中系统的发射器显示了大于10^{-9}的误码率，通过系统其它的硬件或软件，诸如前向纠错码，把误码率纠正到小于10^{-9}。）

多模发射对短程应用来说是可接受的，该短程应用，包括使用 WDM 或密集 WDM（DWDM）的短程应用。

第二，如上所述，增益介质耦合到纤维上的方法趋于复杂和困难。然而，本发明的外腔中的增益介质包含光放大区域，允许得到介质和光波导之间的高耦合效率（至少为 50%），而不需要传统使用的耦合光学器件。例如，即使增益介质和光波导之间只不过是一个小空隙，高耦合系数仍能得到。

第三，由于不需要复杂和精确的耦合光学器件，外腔激光器的包装就较为便宜和容易。例如，光纤可简单地固定在增益介质邻近的 V-槽内。

因此，本发明的系统不仅比现有系统更加坚固和不依赖于温度，而且包装更加简单和费用低廉。

附图说明

图 1A 和 1B 示出了本发明系统的外腔激光器的一个实施方案。

图 2A 和 2B 示出了本发明系统的外腔激光器的光放大区的一个实施方案。

图 3A 和 3B 示出了本发明系统的多模运转的优点。

图 4 示出了本发明系统的外腔激光器的所需波长选择。

图 5 示出了发生在本发明实施方案中的模式跳跃。

图 6 示出了本发明的两个实施方案的输出。

图 7A 和 7B 示出了本发明实施方案提供的误码率，作为温度的函数。

图 8 示出了本发明实施方案中的在标准温度变化期间的误码率。

具体实施方式

在一个实施方案中，本发明的通信系统的激光器包含三个基本元件，如图 1A 和 1B 所反映的—增益介质 12，光波导 14 和集成或耦合到波导 14 的 Bragg 光栅 16。

增益介质 12 包含激活区 18，光放大区 20 以及抗反射层 22，该层在介质 12 的表面，并与波导 14 相邻。适合本发明的增益介质如共同转让 Ben-Michael 等人的美国专利 No.5,574,742 公开的类型，该内容在此作为参考。在 1999 年 8 月 20 日申请的美国专利申请系列号 09/378,032（我们的参考号为 Eng4-5-1-1-3）和 1999 年 1 月 11 日申请的系列号 09/228,218(我们的参考号为 Johnson6-19-8-1-3)以及在 2000 年 4 月 28 日申请的系列号 09/561,148（我们的参考号为 Alam3-6-9-9-10-59）中公开了另外合适的配置，所述系列号的内容在此作为参考。短腔增益介质，即腔长度小于 1cm，基本上是适合的。

图 2A 和 2B 示出了适合本发明使用的激活区 30 和光放大区 31 的一个实施方案。如图 2A 的侧视图所示，诸如二极管激光器或光放大器的激活区，包含量子阱 33，当被电流激发或泵浦时该量子阱产生光线。上包层 32 在量子阱 33 的上方形成。上下导向层 35 和 37 连同下包层 38 位于阱 33 的下方。腐蚀阻挡层，在图 2A 中以 34 和 36 示出，一般出现于辅助制作工艺。图 2B 示出了激活区 30 和光放大区 31 的上视图。对上述结构作出一些变化是可能的。对导向层 35，37 有用的一种材料是铟镓砷磷（InGaAsP），尽管许多其它的化合物半导体诸如 III-IV 族材料也是有可能使用的。当使用 InGaAsP 时，腐蚀阻挡层一般由磷化铟（InP）做成，其对腐蚀剂是高度耐腐的，对 InGaAsP 是有用的。全部的结构能通过上述参考文献讨论的诸如分子束外延，汽相外延或金属有机化学汽相沉积（MOCVD）等技术做成。

光放大区 31 以两种可能的形式放大激活区 30 产生的光线大小。首先，如图 2B 所示，光放大区 31 比激活区宽，使得侧向变宽是可能的。其次，当光线驶向光放大区 31 的端部时，通过改变导向层 35，37 为单一导向层 37，可得到竖向变宽。光放大使光耦合到邻近光波导的问题变得较少，与传统器件相比，这种不重合对耦合效率仅造成很小的影响。

如图 1A 和 1B 所示，增益介质 10 也包含抗反射层 22。该层 22 防止激光片发射激光偏离平面，即阻止 Fabry-Perot 运转，因此使增

益介质是一个简单的放大器。当光进入到光波导 14 时，抗反射层也减小光的反射。光波导一般是光纤，也可能是诸如平面波导的其它波导。所述波导放置在增益介质的附近，使得光从光放大区射出，穿过抗反射层进入到波导。如上所述，通过使用光放大区，避免使用其它的任何光学器件是可能的，例如光可单纯地射进波导的抛光端部，仍得到高耦合效率，一般至少为 40%，更好地为 50%。例如，把光纤简单地放置或粘结到邻近增益介质的 V-槽内是可能的。各种其它耦合装置也是适合的。在纤维和增益介质之间放置一些指标匹配的材料也是可能的，以进一步减小反射，增加耦合效率。

一旦光进入到波导 14，光就对准 Bragg 光栅 16。典型地，光波导是一种纤维，并且 Bragg 光栅在该纤维中形成（即集成在纤维上），但另一种实施方案也是可能的，例如，在其中形成 Bragg 光栅的平面波导，或耦合到单独形成的 Bragg 光栅的波导。Bragg 光栅 16 反射选择的波长返回到增益介质 12 中，并且由于增益介质远端的高度反射层 24 的出现，激光在该选择的波长发射。因此不需要另外的波长过滤器。

激光器主要在 1.2-1.6μm 的波长之间工作，该波段主要在短程应用中感兴趣。然而其它的波长也是可能的。增益介质主要通过直接调制来工作，其中提供到介质的电流引起所需的比特率。一般本系统应用的比特率在 100MHz 到 10GHz 之间。

Bragg 光栅，不管集成到波导还是耦合于此，被选择用于提供至少两种模式的激光发射，一般为几个相邻的模式。如上述所讨论的，多模发射对得到在整体系统中所需的特性是很重要的。特别地，一般需要复杂的温度补偿装置来维持单模发射，以避免模式跳跃。然而，多模发射会遇到由模式跳跃引起的小得多的噪音，因此允许外腔激光器在没有所述复杂温度补偿的情况下运转。特别地，同功率从一种模式转换到另一种模式一起发生的功率波动相对单模运转基本上减小了，由于几个模式总是发射激光，即平均或总功率和模式变化之间的相对功率保持一致。事实上，当在没有温度补偿的情况下运转增益介质，例如在大约 2.5GHz 时，应用多模运转，得到小于 10^{-9} 的误码率，

较好为小于 10^{-12} 是可能的。并且多模发射主要适合 100km 内的距离发射。

有可能使用本领域中已知的各种 Bragg 光栅配置，例如线性调频脉冲光栅或变迹光栅（apodized gratings）。选择一种光栅，提供足够带宽用于至少两种模式发射，例如多模发射，是在普通技术人员技术范围内，如下面的实施例 1 所反映的，并且所述光栅是很容易在市场上买得到。

本发明的系统在许多应用领域中是有用的。如上所述，本系统特别对短程地铁应用有用。

本发明将通过随后的实例作进一步的阐明，实例确定为示范性的。

实验

提供一种增益介质，并配置为直接调制，该增益介质具有一个大约 250μm 长的腔，并且包含如上所述的光放大区。该介质在后平面上具有高度反射层，并且在前平面上具有反射系数小于 10^{-4} 的抗反射层。该介质放置在实验螺栓上并且邻接耦合到纤维 Bragg 光栅上，具有大约 5μm 的空隙。上述外腔器件的输出用 Rifocs 578L 功率计测量，并用 Hewlett-Packard 7951B 光谱分析器表征。RF 响应曲线用 Hewlett-Packard 8593E 波谱分析器测量。

实例 1

对两种外腔激光器做一个模型实验——一种激光器具有 23GHz 带宽的光栅，另一种具有 90 GHz 带宽的光栅。这两种光栅都中心定标在 1310nm。图 3A 示出了第一个模型激光器的单模运转的功率对电流的曲线。由模式跳跃引起的不连续是明显的，并且这种不连续会在上述器件中引起显著的比特误差。图 3B 示出了第二种多模器件的功率对电流的曲线，该曲线比较平缓，指示了一个较稳固的温度独立器件。

实例 2

通过 90GHzFWHM 的 Bragg 光栅的使用，外腔激光器配置为多模运转，Bragg 光栅中心定于 1310nm 的波长上。图 4 示出该器件在 33℃时的功率对电流曲线。在图中显示出了相应于单模运转所希望的，

从一种模式到另一种模式较平缓的转变。

图 5 示出模式跳跃，作为温度和时间的函数。特别地，当温度随时间变化时，运转模式移位，然而保持多模运转。

实例 3

通过具有 90GHzFWHM 的 Bragg 光栅的使用，两种外腔激光器配置为多模运转。第一个激光器具有一种 Bragg 光栅，中心定于 1309.3 波长，Δλ为 0.325nm，第二种激光器具有中心定于 1316.3 波长的光栅，Δλ为 0.438nm。每种器件发射大约 3 种模式。图 6 示出了增益介质在环境温度下调制到大约 2.5GHz 时的这两种器件的输出。对不需要的 Fabry-Perot 模式的所需抑制是明显的。

实例 4

通过监视误码率，进行了一种确定本发明器件温度灵敏性的实验。激光器件与实施例 2 所用的相同。高速运转高达 2.5GHz 由一种 Anritsu MP1662A 数据分析器表征。激光器件放置在热电冷却器上，通过 32km 纤维的误码率（BER）作为温度的函数被测量，使用该冷却器使得所需的温度发生变化。偏流调整到维持接受器在每一个温度上基本恒定的功率，在该温度上测量 BER。结果显示在图 7A 中。图 7B 示出相同的测量，但是在较小温度刻度范围内。可从图 7B 中看出，几度的温度变化基本上对 BER 没有影响。注意到该实验反映了一种更坏情况的测量，假定只有该片被加热，该器件的剩余部分仍保持在室温下。

图 8 示出激光器在无冷却模式运转过程中的 BER，即没有应用温度变化，在几天内通过 32km 纤维，激光器在 2.5GHz 运转。很明显室温变化对 BER 只有很小的影响。

本发明的其它实施方案通过考虑在此公开的本发明的详细说明和实验操作对本领域中的普通技术人员是明显的。

图 1A

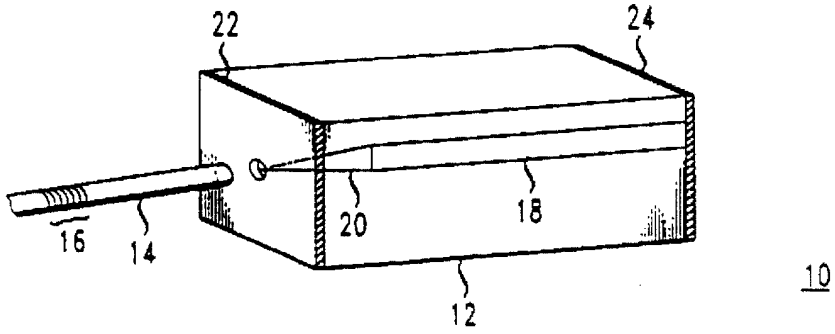


图 1B

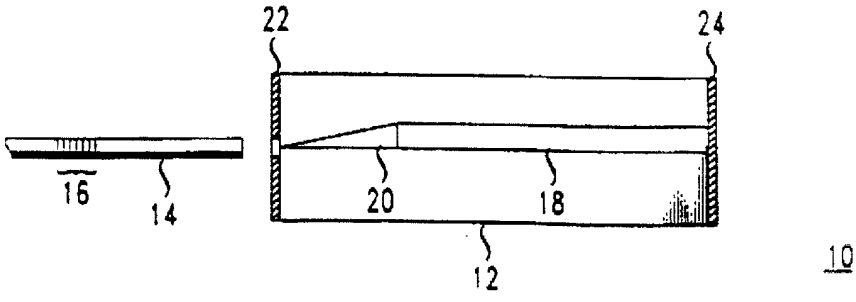


图 2A

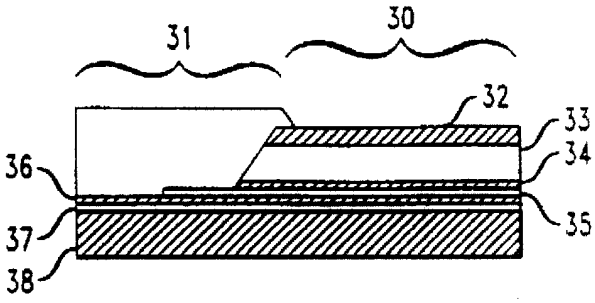


图 2B

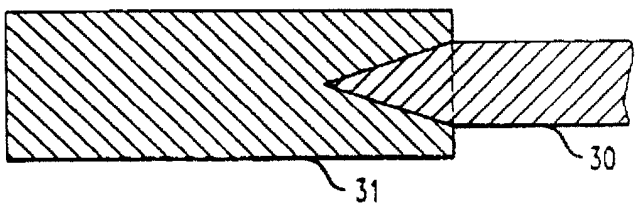


图 3A

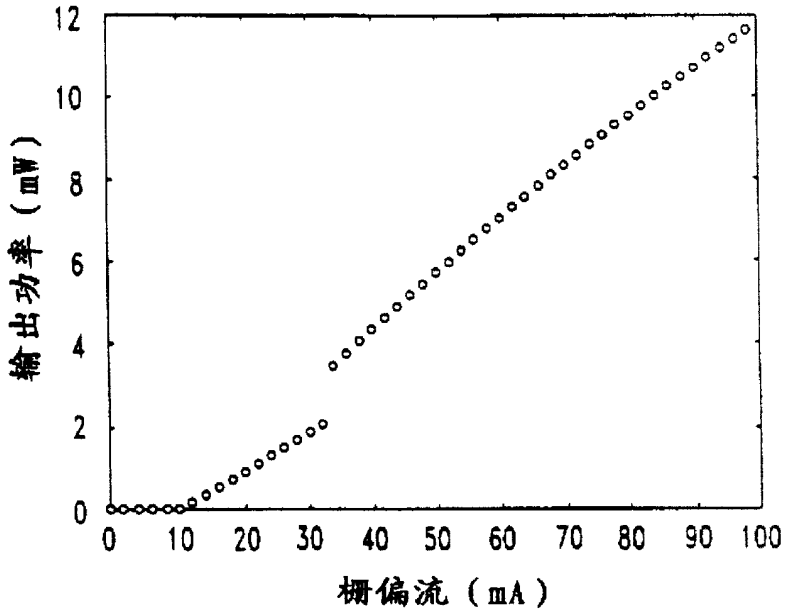

输出功率（mW）
0
2
4
6
8
10
12
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
栅偏流（mA）

图 3B

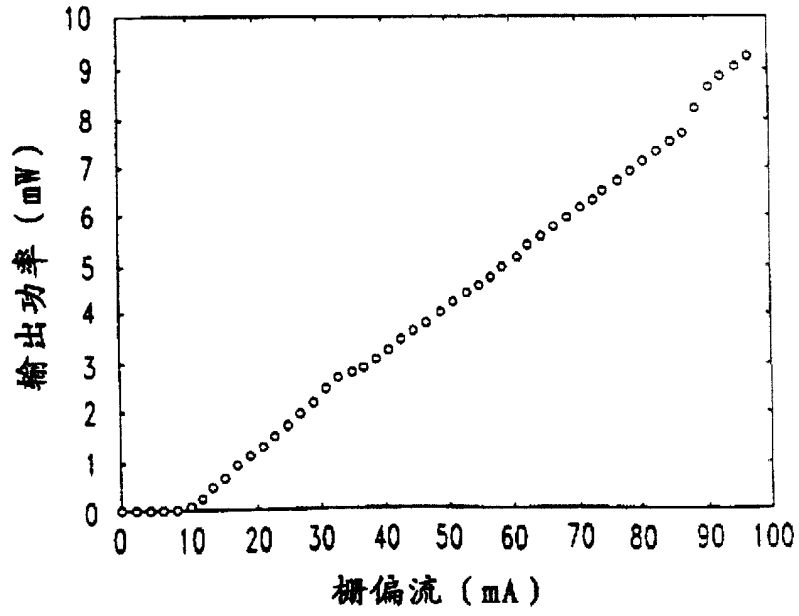

输出功率（mW）
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
栅偏流（mA）

图 4

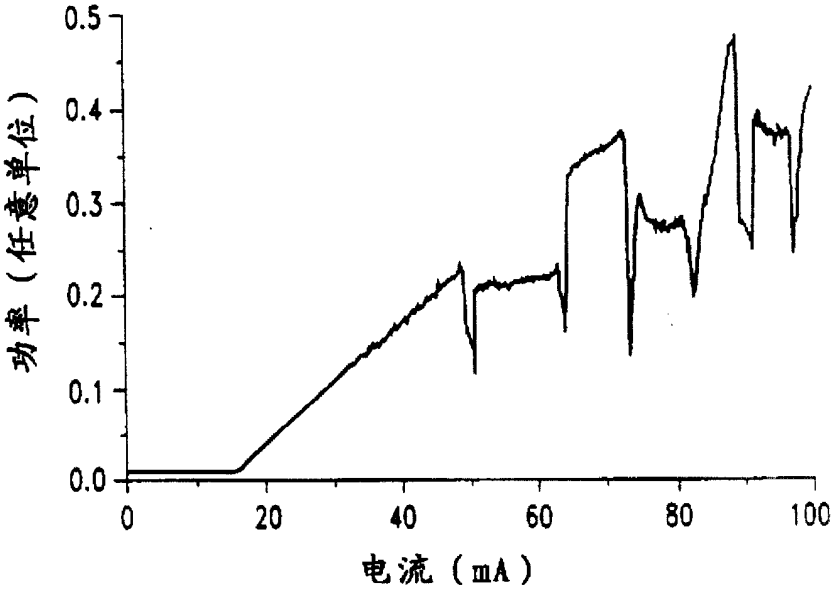

0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
功率（任意单位）
0
20
40
60
80
100
电流（mA）

图 5

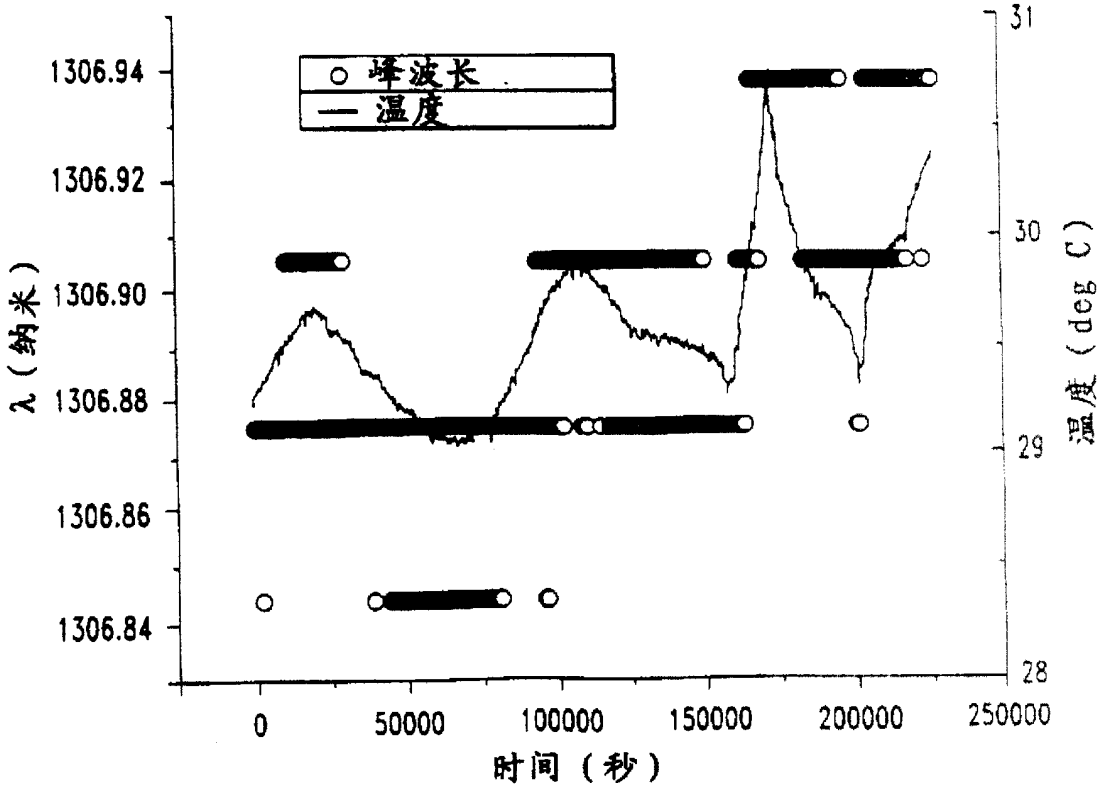

峰波长
温度
1306.94
1306.92
1306.90
1306.88
1306.86
1306.84
λ（纳米）
31
30
29
28
温度（deg C）
0
50000
100000
150000
200000
250000
时间（秒）

图 6

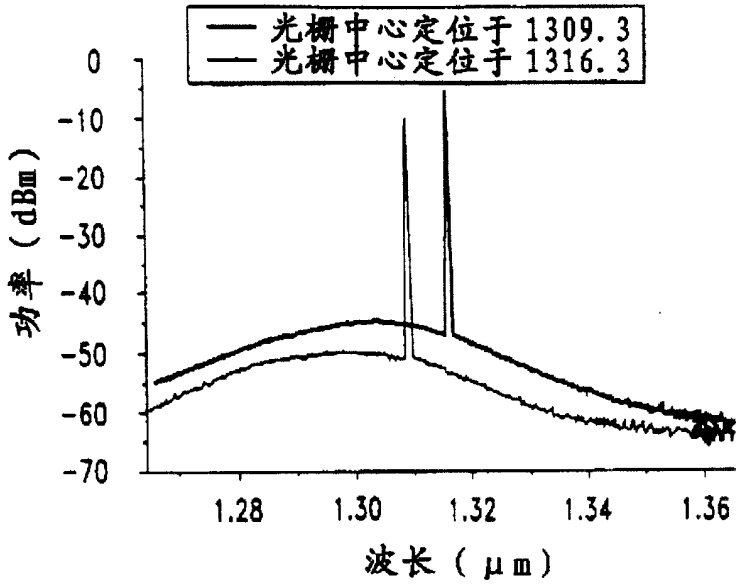

光栅中心定位于 1309.3
光栅中心定位于 1316.3
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
功率（dBm）
1.28
1.30
1.32
1.34
1.36
波长（μm）

图 8

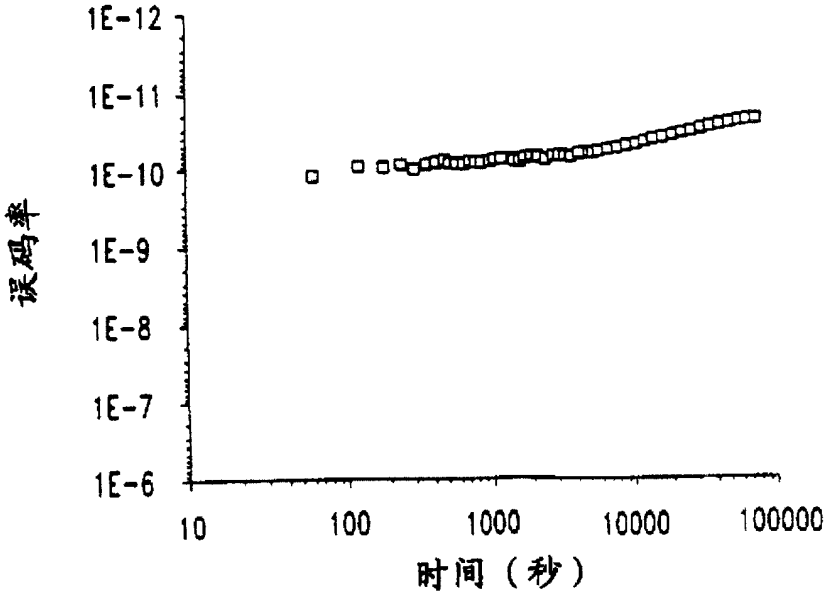

1E-12
1E-11
1E-10
1E-9
1E-8
1E-7
1E-6
误码率
10
100
1000
10000
100000
时间（秒）

图 7A

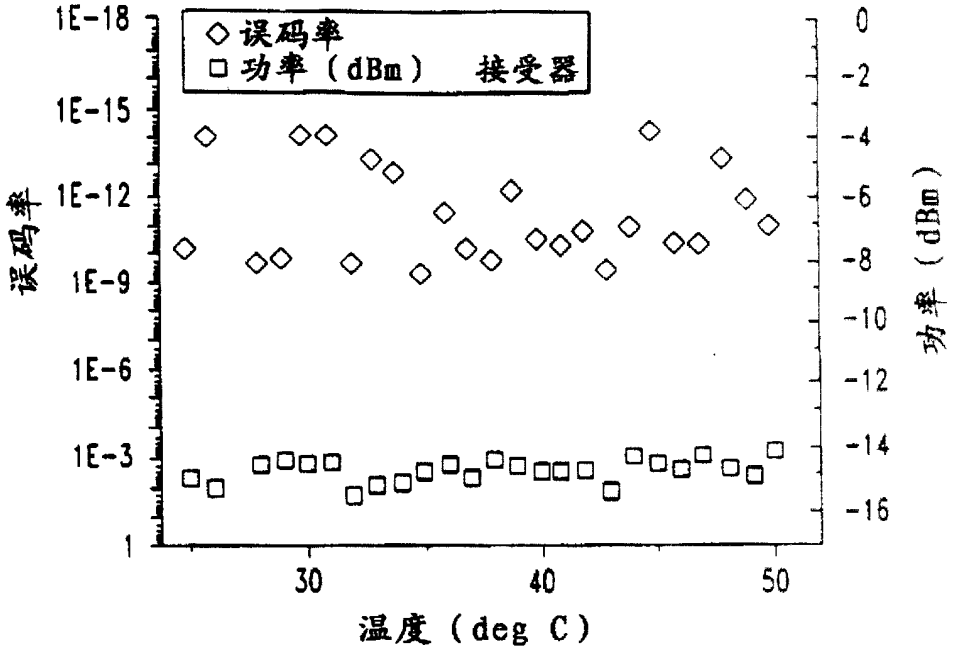
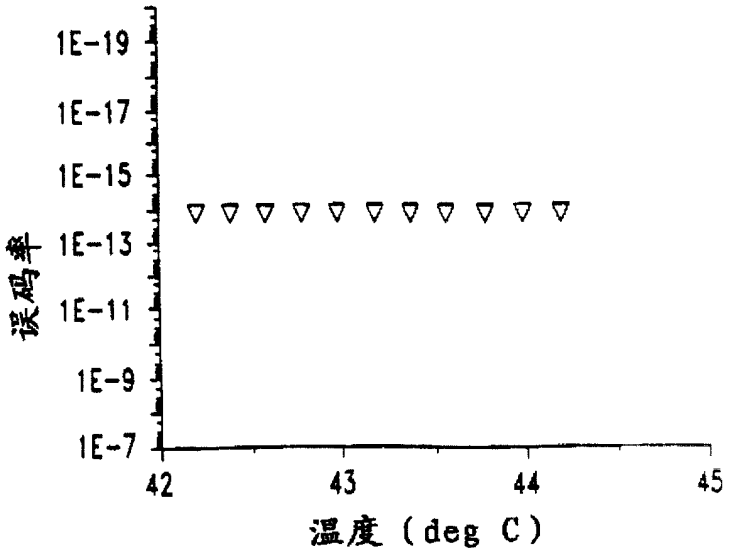

◇误码率
□功率（dBm） 接受器
1E-18
1E-15
1E-12
1E-9
1E-6
1E-3
1
误码率
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
功率（dBm）
30
40
50
温度（deg C）

图 7B


1E-19
1E-17
1E-15
1E-13
1E-11
1E-9
1E-7
误码率
42
43
44
45
温度（deg C）