[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01S 5/10
H01S 3/06 G02B 6/42

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94191584.0

[45] 授权公告日 2003 年 8 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1119848C

[22] 申请日 1994.3.18 [21] 申请号 94191584.0

[30] 优先权

[32] 1993. 3.25 [33] EP [31] 93302303.8

[32] 1993.11. 4 [33] GB [31] 9322703.1

[86] 国际申请 PCT/GB94/00556 1994.3.18

[87] 国际公布 WO94/22187 英 1994.9.29

[85] 进入国家阶段日期 1995.9.25

[71] 专利权人 英国电讯有限公司

地址 英国伦敦

[72] 发明人 拉曼·卡什雅普

[56] 参考文献

ELECTRONICS LETTERS VOL 27 NO 13 1991 - 06 - 30 NARROW LINE SEMICONDUCTOR LASER USING FIBER GRATING

审查员 杨 哲

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

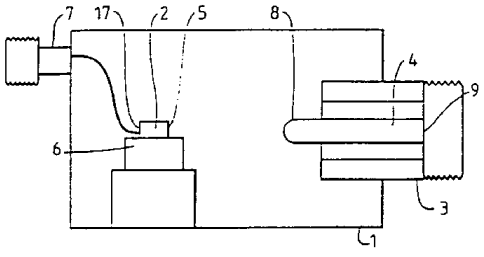
代理人 蹇 炜

权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 12 页

[54] 发明名称 激光器及其组件和含有这种激光器的通信网络以及用于激光器的尾纤

[57] 摘要

一种含有两个反馈元件(17，11)的激光器，其中至少那个有波长选择性的元件(11)带有一个位在激光器的增益媒质和该波长选择反馈元件(11)之间的可拆卸光学连接器(3，13)。 一个光学波导(3，13)被用来在该可拆卸光学连接器(3，13)和该波长选择反馈元件(11)之间导引光学辐射。 该可拆卸光学连接器，例如一个机械光纤连接器(3，13)，使得该波长选择反馈元件，例如一个光纤光栅，可以廉价地、简单地并且快速地予以更换，从而使得该激光器的工作波长可以改变。




ISSN1008-4274

1、一种激光器，它包括确定一个激光谐振腔的第一和第二反馈元件，一种位在该激光谐振腔内的增益媒质，一个可拆卸光学连接器，以及一个光学波导，其中，第二反馈元件是有波长选择性的，可拆卸光学连接器位在增益媒质和第二反馈元件之间，光学波导位于能在可拆卸光学连接器和第二反馈元件之间导引光学辐射的位置上。

2、根据权利要求1的激光器，其中波长选择反馈元件由光纤光栅组成。

3、根据权利要求1的激光器，其中光学波导包括光学纤维。

4、根据权利要求1至3中任一项的激光器，其中第一和第二反馈元件都是有波长选择性的。

5、根据权利要求4的激光器，其中第一和第二反馈元件对于除了它们所反馈的光学辐射的波长之外的所有其他光学波长都基本上是可透过的。

6、根据权利要求1至3中任一项的激光器，其中第二反馈元件能把多个不同波长的光学辐射反馈到激光谐振腔内，使得该激光器在使用时能产生上述多个不同波长的激光。

7、根据权利要求6的激光器，其中第二反馈元件包括多个光纤光栅。

8、根据权利要求1至3中任一项的激光器，其中增益媒质由半导体激光二极管组成。

9、根据权利要求8的激光器，其中第一反馈元件由半导体激光二极管的第一端面提供，半导体激光二极管的第二端面镀有消反射膜。

10、根据权利要求1至3中任一项的激光器，其中增益媒质由掺有稀土元素的光学纤维组成。

11、根据权利要求10的激光器，其中掺杂光纤的第一端上带有包含第一反馈元件的宽频带反射器，掺杂光纤的第二端具有低反射率，并做成为带有连接器的。

12、一种组件，它包括一个容器，一个安装在该容器内的半导体激光二极管，可拆卸光学连接器装置，以及一段长度的光学波导，其中，光学波导的第一端由可拆卸连接器装置夹持，光学波导的第二端在使用时被对准得能够接收来自半导体激光二极管的光学辐射，并且半导体激光二极管在光学上靠近波导的那一个端面做成具有低反射率。

13、根据权利要求12的组件，其中光学波导具有足够的长度和柔性，使得光学波导的第一端所受到的机械扰动基本上不会传递到光学波导的第二端。

14、根据权利要求12的组件，其中可拆卸光学连接器安装在容器上。

15、一种用于激光器的尾纤，它包括一段长度的带缓冲层的光学纤维，该光学纤维至少在一个端上通过带有可拆卸光学连接器的一个部件而做成为可连接的，该光学纤维还含有一个光纤光栅。

16、根据权利要求15的尾纤，其中光学纤维含有多个光纤光栅，各个光纤光栅具有不同的节距。

17、一套元件，包括根据权利要求12、13或14的组件以及至少一条根据权利要求15或16的尾纤，该尾纤连接至该组件中的可拆卸光学连接器装置。

18、一种含有一些光纤传送通道和多个与上述传送通道相光学耦合的激光器的通信网络，其特征为，上述多个激光器中的每个激光器都由根据权利要求1至3中任一项的激光器组成。

19、根据权利要求18的通信网络，其中上述多个激光器中的每个激光器都含有第一和第二可拆卸光学连接器装置，第一光学连接

器装置位在增益媒质和第二反馈元件之间，以及第二光学连接器装置位在第二反馈元件和一根传送光纤之间，该传送光纤提供上述网络的多个光纤传送通道中的一个通道。

# 激光器及其组件和含有这种激光器的通信网络以及用于激光器的尾纤

本发明涉及一种激光器，特别是涉及一种工作波长可以容易地改变的激光器。

结构紧凑、相对价廉的激光器的发展，特别是半导体激光器以及还有近来光纤激光器的发展，已经导致光学通信系统的巨大增长。光学通信系统中开始使用的激光器只是简单地用作一个光学频率的噪声源，相对来说这些激光器的波长和带宽并不重要。在这些通信系统中用作发射媒体的光学纤维的同时发展，很快导致要求激光器工作在一些特定的波长范围内。已经发现，用硅这种较佳的材料所做成的光学纤维在光学波段内呈现出三个低损耗的“窗口”，其中心分别位在约850nm、1300nm和1550nm处。这样，单波长点对点光学通信系统要求激光器光源的工作波长位在所用光学纤维的一个低损耗窗口内。这种简单形式的光学通信系统在目前的通信网络中占据了绝大部分，然而未来的光学通信网络将需要更有效地利用光学纤维的巨大的光谱带宽。

除了在同一个点对点的光学通信联络中简单地利用几个波长以外，还提出了许多关于在多点光学网络上利用几百个甚至几千个不同波长的建议。这些建议有些是基于宽带光学通道方法，有些是基于波长选择光学通道方法，或者是两种方法的某种结合。宽带方法的一个特点是任何输入到网络中去的信号不论是否需要都将传送

给所有的接收者。这可能被认为是效率不高的，但它能导致良好的灵活性，并且已被例如无源光学网络结构所利用，便如见J．R．Stern等人的论文：“用于电话及其引伸应用的无源光学局部网络（Passive Optical Local Networks for telephony applications and beyond）”，Electronics Letters，卷23，第24期，1255－1257页，1987年11月。波长选择光学网络的一个特点是，给定波长处的光功率仅仅传送到所需要的地点，并且给定的波长可以在网络的不同部分被再次使用。这导致在一个给定的网络通信流量下所需的不同波长的数目可以减少，但这也要求在网络中设置有波长复用元件和解复用元件，便如见G．R．Hill的论文“光学通信网络中的一种波长分导方法（A wavelength routing approach to optical communications networks）”，IEEE INFOCOM’88。

这些方法的目标都是尽量把光学网络向用户扩展，最好是把光学通信网络连接到用户的办公室中。

因此这种未来光学通信网络对激光光源的要求将十分不同于对目前使用的激光光源的要求。

根据本发明提供了一种激光器，它包括确定激光谐振腔的第一和第二反馈元件，一个位在激光谐振腔内的增益媒质，一个可拆卸学学连接器，和一个光学波导，其中，第二反馈元件是有波长选择性的，可拆卸光学连接器位在增益媒质和第二反馈元件之间，而光学波导位

于能在可拆卸光学连接器和第二反馈元件之间传导光学辐射的位置上。

可见，本申请人已经认识到，如果把可拆卸光学连接器设置在激光谐振腔内增益媒质和波长选择反馈元件之间，就可以容易地仅仅通过更换波长选择反馈元件，以简单且价廉地改变激光器的工作波长。利用了内腔式可拆卸光学连接器，便可以在需要改变激光器工作波长时保持激光器的各主要元件的位置不动，并使得可以只要简单地更换相对价廉的波长选择光学反馈元件。在可拆卸光学连接器和波长选择光学反馈元件之间提供光学波导，保证了在更换光学反馈元件时容易重新建立激光谐振腔，而不会有对准困难。可拆卸光学连接器可以由一个标准的机械连接器组成。

波长选择反馈元件可以由任何适当的反射式滤光器，例如多层介质膜滤光器组成，但最好是由一个位在光学纤维中的光栅组成。这种光栅可以用下述论文的方法以光学方式写入到光敏光纤的芯纤中：R．Kashyap 等人，“1500nm处的全光纤窄带反射光栅（All-fibre Narrowband Reflection Gratings at 1500nm）”，Electronics Letters，卷26，第11期，730-731页，1990年5月22日，此处引入该论文作为参考。

光学波导最好由光学纤维组成。这时光纤光栅可以位在一短段，例如1 m的光学纤维中，在其两端各设置机械连接器的一半（一个部件）。把这样长度的光学纤维放置在激光器中就既形成了波长选择光学反馈元件，又形成了激光谐振腔的一部分。在工作时，第一反馈元

件和光学纤维中的光纤光栅之间便可能产生激光。如果需要改变激光器的工作波长，只要卸下该内腔式可拆卸光学连接器以取走光纤，并在原来位置上连接上一根长度相近的带有不同光栅节距（因而有不同反射波长）的光纤光栅的光学纤维即可。这样，可以看到，可以给负责操作光学网络的某部分的技术人员提供大量非常廉价的具有适合于连接的长度的光学纤维（通常叫做尾纤），这些尾纤各含有一个不同节距的光纤光栅。于是，该技术人员就可以在任何给定的地点根据本发明快速、价廉、并且简单地改变激光器的工作波长。

激光器的增益媒质最好由半导体激光二极管组成。半导体激光二极管提供了一种简单、价廉、电泵浦的并具有合理的宽频带的光学辐射源。这时，根据本发明，波长选择反馈元件可以把半导体激光二极管增益带宽范围内的任一个波长选作为激光器的工作波长。半导体激光二极管的另一个优点是它可以和半个可拆卸光学连接器安装成一个组件。二极管和连接器相互对准，使得从二极管发出的光学辐射被耦合到把光从光学连接器引导到波长选择光学反馈元件的光学波导中。在这个布局中，激光二极管在光学上靠近光学连接器的表面经过消反射镀膜，而激光是在激光二极管的另一个表面和波长选择反馈元件之间产生的。这样，该组件是独立的，在例如通过更换连接在其上的尾纤而改变激光器的工作波长时，不需要去影响该组件。

根据本发明，激光器的增益媒质也可以由掺有使光学纤维激活的适当物质例如稀土元素的光学纤维所组成。适当的稀土元素特别是包括：铒、钕、镨和钬。在以玻璃为主体的光学纤维中，也有可能采用以胶状形式分布

在内的非稀土元素物质，例如半导体。含有活性物质的尾纤的主体可以是硅基玻璃或氟锆酸盐基玻璃或任何其他适当的主体。因此，本发明除了以上优点外还可提供周知的光纤激光器相对于半导体激光器的优点。在本实施例中，掺杂的光学纤维的第一端最好带有宽频带的反射器，例如简单地把掺杂光纤的一端做成镜面，或者把掺杂光纤连接到一个光纤环反射镜上；而该掺杂光纤的第二端最好是低反射率的，例如在其上镀消反射膜或者磨成斜角，并且做成为带有连接器的，也即可以和可拆卸光学连接器中的一个部件相结合。这样在使用时，激光在宽频带反射器和波长选择反馈元件，例如尾纤中的光栅之间产生。在这后一情形中，光学辐射被限制在沿着整个激光谐振腔长度的波导之中，这样就不再需要自由空间和波导的接口，并简化了激光谐振腔的调整。

根据本发明的第一和第二实施例的激光器的优点是，它含有一个能够把多个不同波长的光学辐射反馈到激光谐振腔中的第二反馈元件。这使得该激光器能够产生多个不同波长的激光。激光器的这种多波长工作例如对于产生用于WDM（波长分布复用）网络的波长梳是有优越性的。显然，利用例如位在PON（个人光学网络）始端的单个多波长光源向单根光学纤维发射多个波长的光学辐射要优越于利用许多单波长光源以及必须的波长耦合器。

虽然根据本发明的一个实施例，激光器的多波长工作可以通过把多个各自含有单个光纤光栅的尾纤连接在一起以形成第二反馈元件来达到，但如果利用一根含有多个光纤光栅的尾纤来达到多波长工作则会特别简单。再有，因为这根尾纤可以容易地用另一根含有多个不同

节距的光纤光栅的尾纤，或者用另一根含有单个光纤光栅的尾纤来替换，所以激光器的工作不仅可以在波长上简单而廉价地改变，而且还可以在多波长工作和单波长工作之间简单而廉价地改变。

下面将参考附图只通过例子来说明本发明的实施例，在附图中，

图1 是根据本发明第一实施例的形成半导体激光器的一部分的组件的原理图；

图2 示出含有一个光纤光栅的尾纤；

图3 是图2 所示尾纤的透射光谱；

图4 示出当与普通的尾纤连接时图1 所示半导体激光器组件的输出光谱；

图5 A 至5 G 分别示出当与图2 所示的尾纤连接时图1 所示半导体激光器组件在不同的驱动电流下的输出光谱；

图6 A 和6 B 分别示出当与普通的尾纤连接时和与根据本发明的如图2 所示的尾纤连接时，图1 所示的激光器组件的L / I （输出功率/ 驱动电流）特性图；

图7 同时示出根据本发明第一实施例的激光器的5 种输出光谱，其中各种光谱是在分别使用根据本发明的5 根不同的光纤光栅尾纤中的一根尾纤时得到的；

图8 是根据本发明第二实施例的形成光纤激光器的一部分的组件的原理图；

图9 示出当与根据本发明的第一尾纤连接时图8 所示光纤激光器的输出光谱；

图1 0 示出当与根据本发明的第二尾纤连接时图8 所示光纤激光器的输出光谱；

图1 1 是根据本发明第二实施例的另一种结构的原

理图;

图1 2 示出图1 1 所示光纤激光器的输出光谱;

图1 3 示出当与一根含有4 个节距差别很大的光纤光栅的尾纤连接时，根据本发明第一实施例的半导体激光器的输出光谱;

图1 4 示出一根含有两个节距稍有不同的光纤光栅的尾纤的透射光谱;

图1 5 示出当与图1 4 所示的尾纤连接时，根据本发明第一实施例的的半导体激光器的输出光谱。

图1 所示出的组件包括一个容器1 、一个半导体激光二极管2 、可拆卸光学连接器的一个部件 (即一半) 3 ，以及由部件3 所夹持的一段长度的光学纤维4 。半导体激光二极管2 的面对着光学连接器的部件3 的那个表面5 上镀有消反射膜，二极管2 安装在散热器6 上，并与调制连接器7 相电连接。光学纤维4 的一端有一个透镜8 ，另一端9 上镀有消反射膜。连接器的一个部件3 安装在容器1 上，使得光学纤维4 对准到能够接收由半导体激光二极管2 发射的光学辐射。图2 示出一根弯曲的含有一个光纤光栅1 1 的尾纤1 0 。光学纤维1 2 的两端都做成带有可拆卸光学连接器的一个部件1 3 或1 4 ，后者能够与图1 所示组件的光学连接器3 的一个部件相配合。光学纤维1 2 中接近于光纤光栅1 1 的那一端1 5 镀有消反射膜，光学纤维1 2 由缓冲层1 6 保护。

使用时，通过把可拆卸光学连接器的一个部件1 3 拧到图1 所示组件的连接器部件3 上，将尾纤1 0 与图1 所示的组件连接起来。这个组合的激光器在半导体激光二极管2 的未镀膜表面1 7 和尾纤1 0 中的光纤光栅

11之间产生激光。该激光器的工作波长$\lambda$根据众知的关系式$\lambda = 2 n_e \Lambda$由光栅的节距$\Lambda$确定，其中$n_e$是由光学纤维12所传导的模式的等效模式折射率，熟悉本技术的人们可以根据光学纤维的折射率分布容易地计算出任何具体光学纤维的等效模式折射率。这样就可以提供具有不同节距的光纤光栅11的多种尾纤10，每种尾纤可以给出一种预定的激光器工作波长$\lambda$。需要改变工作波长时，技术人员只需简单地把光学连接器13从图1所示的组件上拧下来，并用另一根能给出所需激光器工作波长的尾纤来取代原来的尾纤10。

图3示出某一特定的含有光纤光栅11的尾纤10的透射光谱。该尾纤10中的光纤光栅11的节距已被选定为能够给出1.32$\mu$m的激光器工作波长，从图3可以看出，尾纤10的透射光谱在中心为1.332$\mu$m处呈现约5dB的损耗。

图4示出当激光器不带有波长选择反馈时，图1所示半导体激光器组件的光学输出谱。图4的曲线是这样得到的，在激光器组件的可拆卸光学连接器3上连接了普通尾纤的，也即不带光纤光栅1的尾纤的一端，而尾纤的另一端连接到一个光谱分析仪上。从图4可以看出，正如所料，输出光谱是十分宽频带的，甚至在驱动电流为90mA时就占了约30nm的宽度。图5A至5G演示了怎样有可能通过在图1所示的激光器组件上连接含有光纤光栅11的适当的尾纤10，来在这个较宽的增益带宽中选择该激光器组件的某个特定的工作波长。图5A至5G示出了当连接了具有图3所示的透射光谱的尾纤时，该激光器组件的输出光谱。图5A至5G所示的各条曲线所对应的半导体激光二极管2的驱动电流

分别为20、23、25、26、27、50和80mA。在图5D至5G中可以清楚地看到在光纤光栅11的反射波长即1.332μm处的激光辐射。

图6A和6B分别示出不带有波长选择反馈和带有波长选择反馈时半导体激光器的L/I（输出功率/驱动电流）特性曲线。当在带有波长选择反馈工作的情形下，激光器的斜率效率比较低，而阈值要稍高一些。这是因为为了证明在远离媒质增益峰值的波长上仍可以产生激光，该激光器的工作波长故意选得比较远离峰值波长。

这样，从图5可以看出，通过适当地选择尾纤10的光纤光栅11的节距，该特定半导体激光装置的工作波长可以在大约80nm的带宽内选择。

为了证明该方法改变激光器工作波长的灵活性，制作了反射波长在1529nm～1573.6nm范围内的5根光纤光栅反射尾纤。利用其中的某一根尾纤，增益媒质的增益中心约为1550nm的根据本发明的半导体激光器可以在这5个波长中的任一波长上产生激光。图7同时示出了5条光谱曲线，它们是分别使用该5根尾纤时得到的。典型的光栅带宽为0.5nm。随着工作波长的不同，观察到边带抑制在25～40dB之间变化。

利用反射波长为1.313μm的光纤光栅尾纤，在调制率为1.2Gbs$^{-1}$、光学维维长度为50km、接收器灵敏度为-25dBm的条件下测量到BER（比特误码率）为$10^{-9}$。这个BER和在背对背（back-to-back）测量中所达到的BER相同。

因此，这种半导体激光器由于它的外部谐振腔的紧凑特性（估计约为18mm长，等效于5.55GHz的调制率），有可能在几吉比特的调制率下单频工作。

把尾纤10的可拆卸光学连接器13连接到图1所示组件的可拆卸光学连接器的部件3上所需要的机械力将造成影响光学纤维4和半导体激光二极管2之间的对准的危险。为了避免这一危险，可以不把光学连接器3安装在容器1上，而是把光学纤维4直接安装在容器1上，并且让光学纤维4有足够的长度，使得其被连接器3夹持的一端9远离容器1。这时，在与连接器13连接时对光学纤维4的一端9的任何机械扰动都不会传递到光学纤维4的另一端8上。在这样的布局下，由于不再要求把连接器3安装到容器1上的那个元件能够承受连接时的应力和应变，所以把光学纤维4安放到容器1上变得简单化了。此外，这样的布局还避免了在一段非常短的光学纤维4的一端制作一个透镜8，在另一端9进行抛光时有可能遇到的困难。

图8示出本发明的第二实施例，其中激光器的增益媒质由掺铒光纤组成。在容器18内安装了一个半导体泵浦装置19，在本实施例中它是一个与由WDM熔融分路耦合器21形成的光纤环反射镜20相连接的激光装置。一段长度的掺铒光纤22的一端23与光纤环反射镜20相连接，另一端24与可拆卸光学连接器的一个部件25相连接，并且掺铒光纤22的这一端24是镀有消反射膜的。在本实施例中半导体二极管泵浦19的工作波长是980nm，WDM耦合器21的耦合率与波长的依赖关系选择得使该980nm的泵浦辐射能够通过光纤环反射镜20进入掺铒光纤22，而从掺铒

光纤22返回的较长波长的激光辐射则被光纤环反射镜20反射。使用时，图2所示的尾纤通过光学连接器13和24连接到掺铒光纤22上。这样，在光纤环反射镜20和尾纤10中的光纤光栅11之间产生激光。该激光器在掺铒光纤22的增益带宽宽度之内的工作波长可以用和图1实施例的方法相同的方法来选择。

图9示出了这种光纤激光器的输出光谱。该激光器使用了半米长的掺铒光纤，未受泵浦时它在1530nm处的吸收率为80dB/m；还使用了带有光纤光栅11的尾纤，该长栅的反射率中心波长位于1551.5nm，该处的反射率约为80%。为了使输出最佳化，在光纤环反射镜中使用了一个偏振控制器。该激光器在光学纤维内的光功率阈值为15mw，激光波长处的输出功率约为0.5mW。因为没有试图去优化粘结损耗，所以这个低的功率可能是由于两种不同类的光学纤维在熔融粘结处的高损耗造成的。为了证明可以在该光纤激光器的增益带宽范围内选择另一个激光波长，取下前一根尾纤，并把带有中心波长为1548.5nm的光纤光栅的第二根尾纤通过光学连接器13和14连接在掺铒光纤上。图10示出当产生由第二根尾纤所确定的工作波长上的激光时，该光纤激光器的输出光谱。当泵浦光功率为150mW时，该激光器的输出功率超过1mW。

图11示了本发明第二实施例的另一种结构，其中的增益媒质由掺稀土元素的光学纤维组成。这里不是采用一个宽带反射器20和一个窄带反射器11来形成激光谐振腔，而是用两个窄带反射器11来形成激光谐振腔。在15cm长的掺铒光纤26的两端分别连接了两

根尾纤10，它们含有同样的光纤反射光栅11，两端都带有一个FC－PC连接器（光纤－尾纤连接器），光栅11在1552.9nm处的反射率约为70%。利用一个1480nm的二极管激光器27通过其中一根光纤光栅尾纤10来泵浦该光纤激光器。另一根光纤光栅尾纤10连接在一个光谱分析仪28上，以监视激光器的输出。图12示出了图11所示激光器的典型输出光谱。

由于这两个反射器，例如光纤反射光栅，除了对它们所反射的波长之外的所有波长是透明的，所以使用两个窄带反射器11的一个优点是该激光器除了对产生激光的一个或几个波长之外的所有波长是透明的。这样，这种激光器可以用在例如透明光学网络中，以向该网络输入附加的波长，同时又让已经存在于网络中的其他各波长不受影响地通过该激光器。

本发明的第二实施例可以采用硅基光纤或氟锆酸盐基光纤，并且掺杂的类型扣泵浦光源的工作波长都可以根据所希望的激光器工作波长来选择。此外，在图3中，宽带反馈元件由光纤环反射镜提供，但它也可以用某些其他手段来提供。

本发明的尾纤应该选择得能够和准备与根据本发明的激光器配合使用的任何传送光纤相兼容。也就是说，尾纤的芯往尺寸和/或模式场半径应该合理地匹配于任何有关传送光纤的这些参数。对于所有的光栅种类（即所有的节距和波长）或只对于某些光栅种类，都可以提供单模的尾纤或多模的尾纤。用于本发明的多根尾纤最好用标签标明，或者用其他方法（例如标以色环等）区分，使得对本领域的人们来说能够清楚地识别任何具体

系统中的光栅的工作波长。

再一种可供选择的结构实际上是第二实施例的一种变体，其中把增益媒质和第二反馈元件都制作在尾纤之中，泵浦19和宽带反射器20则安装在容器18内。在这种布局中，典型的情形是在容器18内反射器20和连接器25之间的光路内不含有增益媒质，虽然要含有增益媒质也不是不可能的。尾纤10中的增益媒质典型地位在连接器13和光栅11之间离开光栅11较远的地方，连接器13与容器18上的连接部件25相结合。然而，通过把光栅11和增益媒质放置在一起，还有可能为该激光器提供分布反馈效应。

在这样的布局中，光栅11和增益媒质可以有不同的主体材料，例如增益媒质的主体是氟锆酸盐玻璃，光栅是锗硅玻璃，不同的玻璃光纤被融合连结或用任何其他已知的方法连结。

根据本发明的一个实施例，简单地利用一根含有多个光纤光栅11的尾纤10就可以得到多波长激光器。已经制作了这种含有4个不同节距$\Lambda$的光栅11的尾纤10，这些节距的选择使得能在宽的波长范围内同时产生4个波长的激光。这根尾纤10被连接到图1所示的半导体组件上，所形成的多波长激光器的输出光谱示于图13。图13示出在4个不同激光器波长上同时产生激光的情形。最短波长和最长波长之间相隔大于70nm。

还制作了另外一种尾纤10，它有两个节距$\Lambda$略为不同的光纤光栅11，这两个节距的选择使得可以同时产生两个波长很接近的激光。图14示出由图1所示的半导体组件和一根含有两个光栅的尾纤所组成的激光器

当工作在低于其阈值的情形下的输出光谱，从而示出了该尾纤的透射光谱。从图14可以看出，两个光纤光栅的阻挡频带有一些重叠，所以位在光纤光栅两个中心波长之间的所有波长处的光辐射总有一些要被反馈到激光谐振腔内。正因为如此，图15中所示的输出光谱在两个产生激光的横式之间有些重叠。图15示出了该激光器工作在阈值以上时的输出光谱，并演示出同时产生两个波长间距小于0.3nm的激光。

对于本发明的所有实施例，都希望尾纤的两端有不同种类的连接器，也就是一端是阳连接器部件，另一端是阴连接器部件，以及/或者两端具有不同的结构，以及/或者两端具有不同的尺寸。

虽然本发明的各实施例是特别地对使用于光学通信系统来说明的，但熟悉本技术的人们将会理解到，本发明对于需要廉价地并且简单地从增益媒质的增益带宽范围中选择一个工作波长的光学测试设备或任何其他光学设备来说也有特别的应用价值。

还可以看到，可以把其他光学元件，例如光隔离器，制作到尾纤之中。

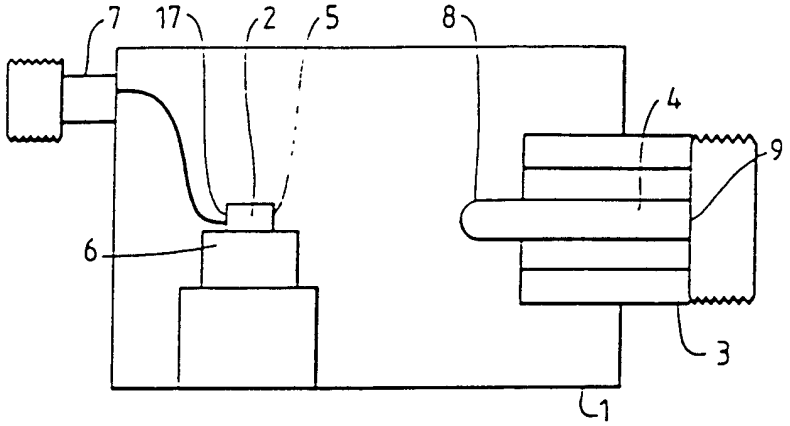



图1

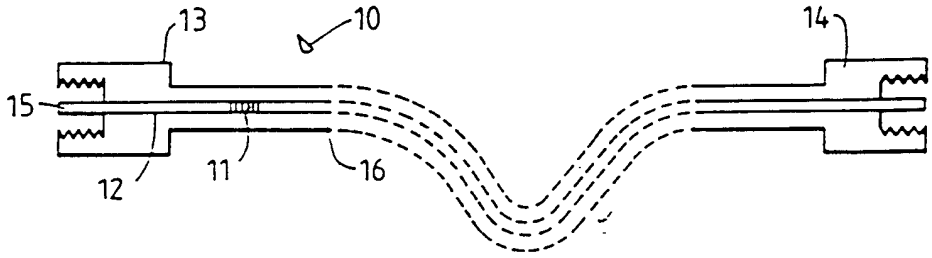



图2

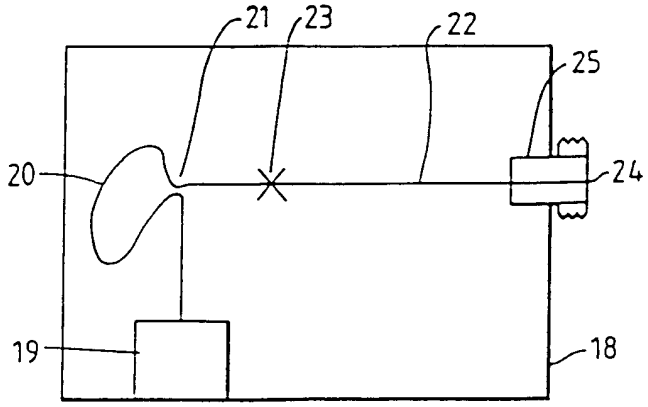



图8

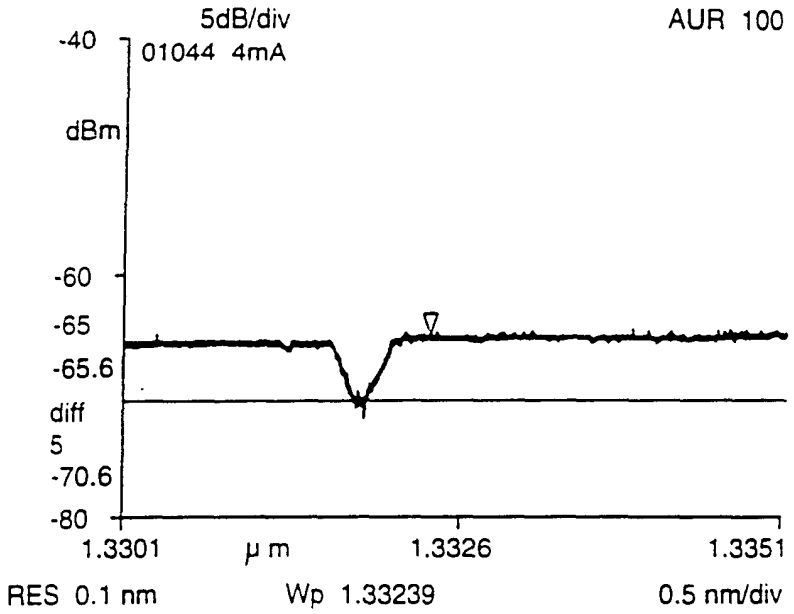

5dB/div
AUR 100
-40
01044 4mA
dBm
-60
-65
-65.6
diff
5
-70.6
-80
1.3301
μm
1.3326
1.3351
RES 0.1 nm
Wp 1.33239
0.5 nm/div

图3

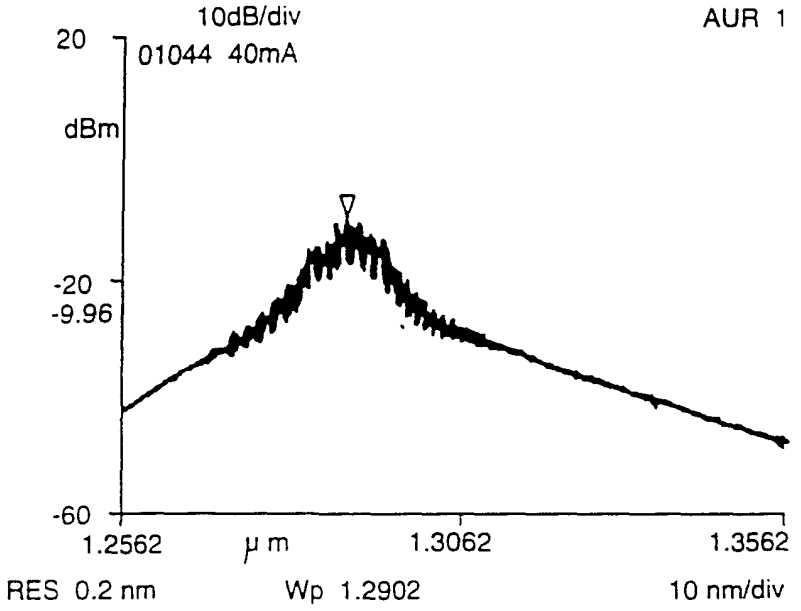

10dB/div
AUR 1
20
01044 40mA
dBm
-20
-9.96
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
Wp 1.2902
10 nm/div

图4

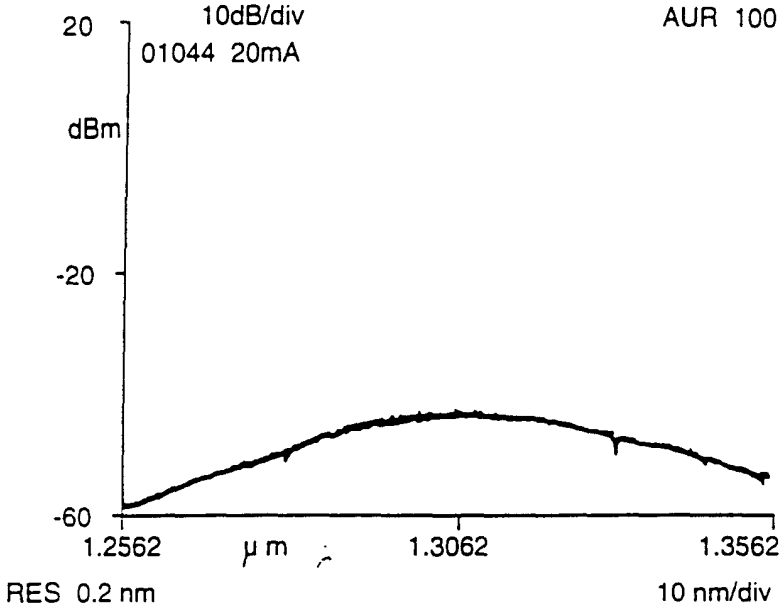

10dB/div
AUR 100
01044 20mA
20
dBm
-20
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
10 nm/div

图5A

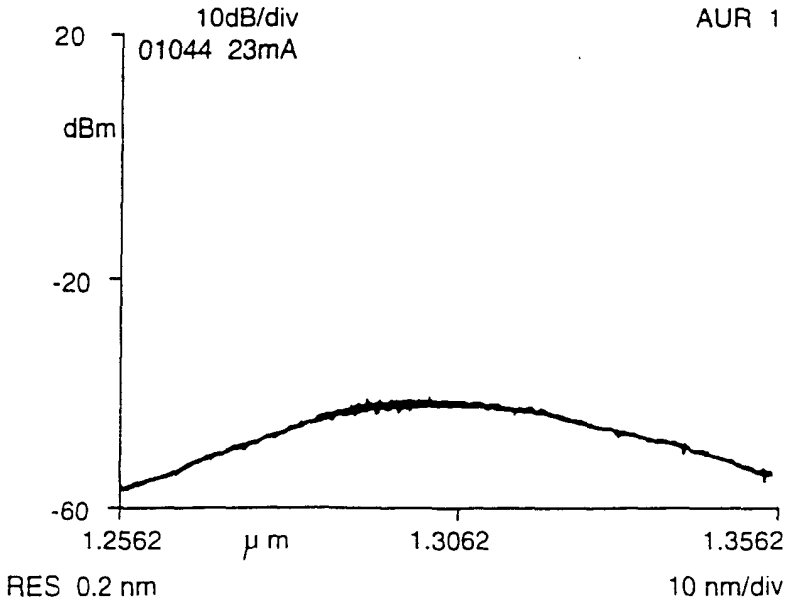

10dB/div
AUR 1
01044 23mA
20
dBm
-20
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
10 nm/div

图5B

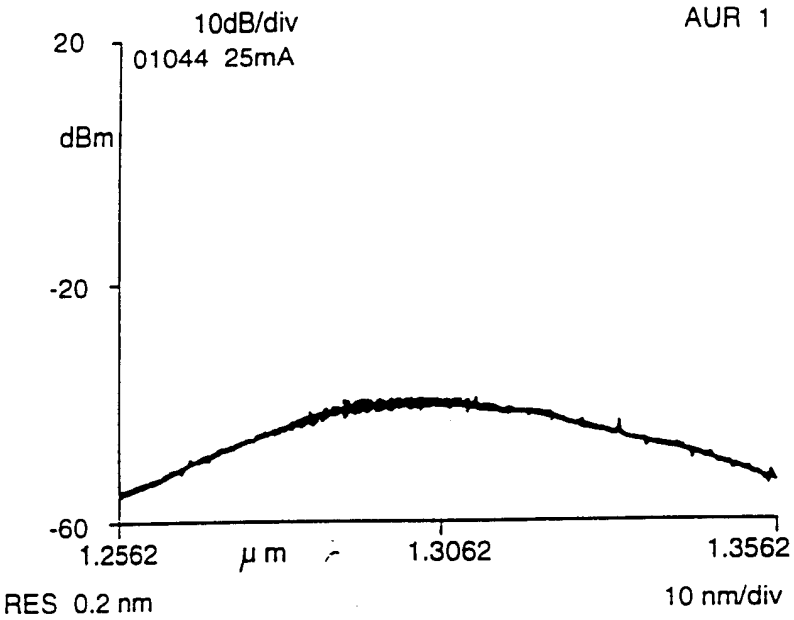

10dB/div
AUR 1
20
01044 25mA
dBm
-20
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
10 nm/div

图5C

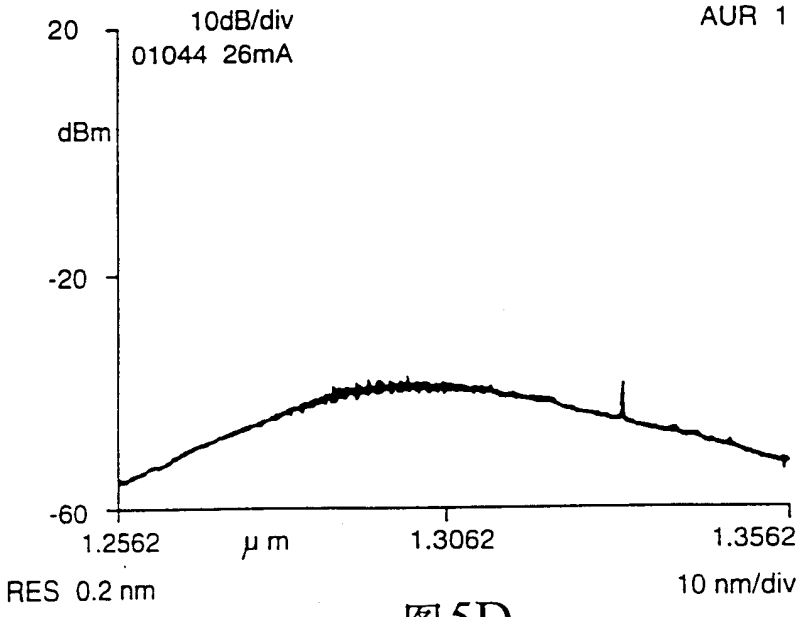

10dB/div
AUR 1
20
01044 26mA
dBm
-20
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
10 nm/div

图5D

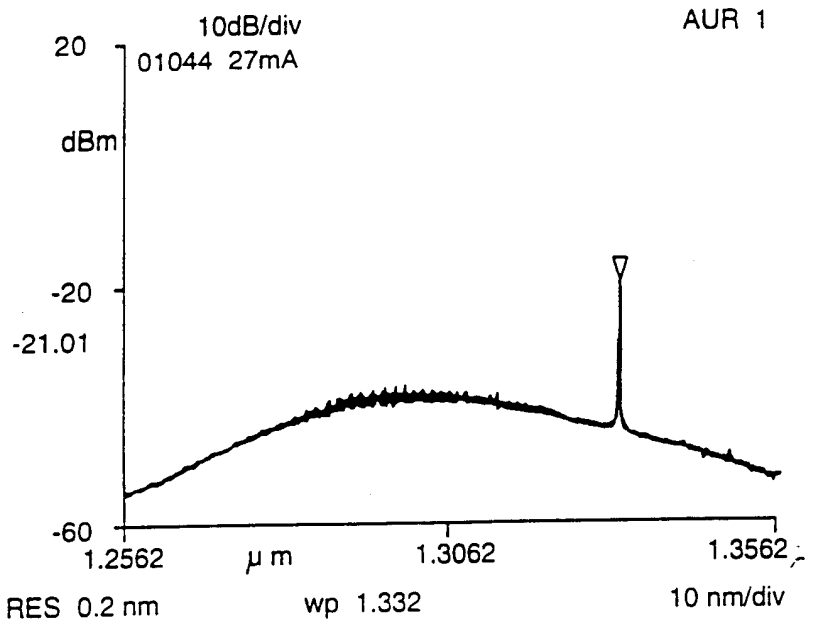

10dB/div
AUR 1
20
01044 27mA
dBm
-20
-21.01
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
wp 1.332
10 nm/div

图5E

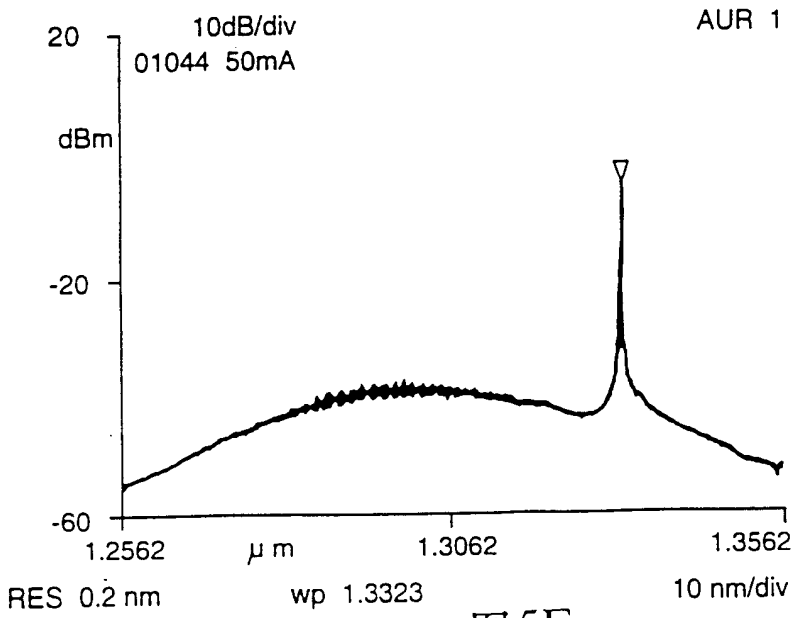

10dB/div
AUR 1
20
01044 50mA
dBm
-20
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
wp 1.3323
10 nm/div

图5F

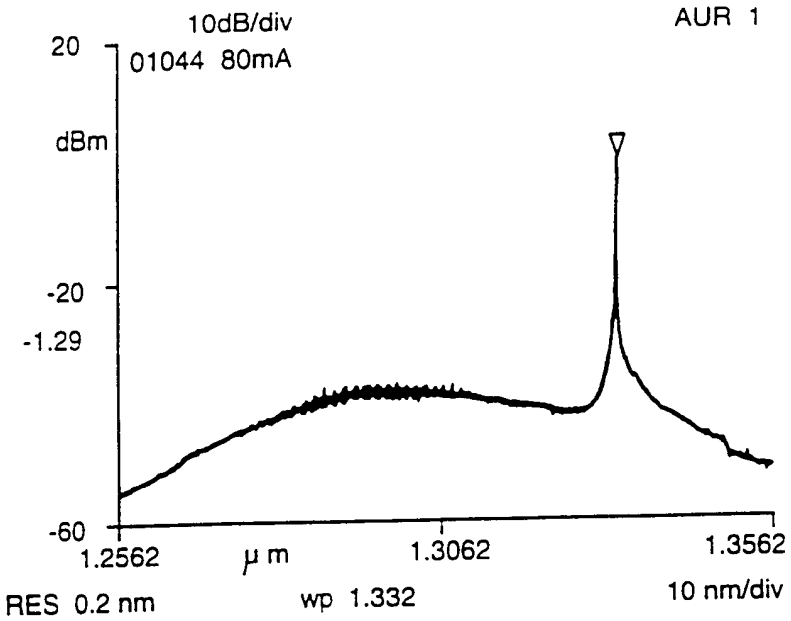

10dB/div
AUR 1
20
01044 80mA
dBm
-20
-1.29
-60
1.2562
μm
1.3062
1.3562
RES 0.2 nm
wp 1.332
10 nm/div

图5G

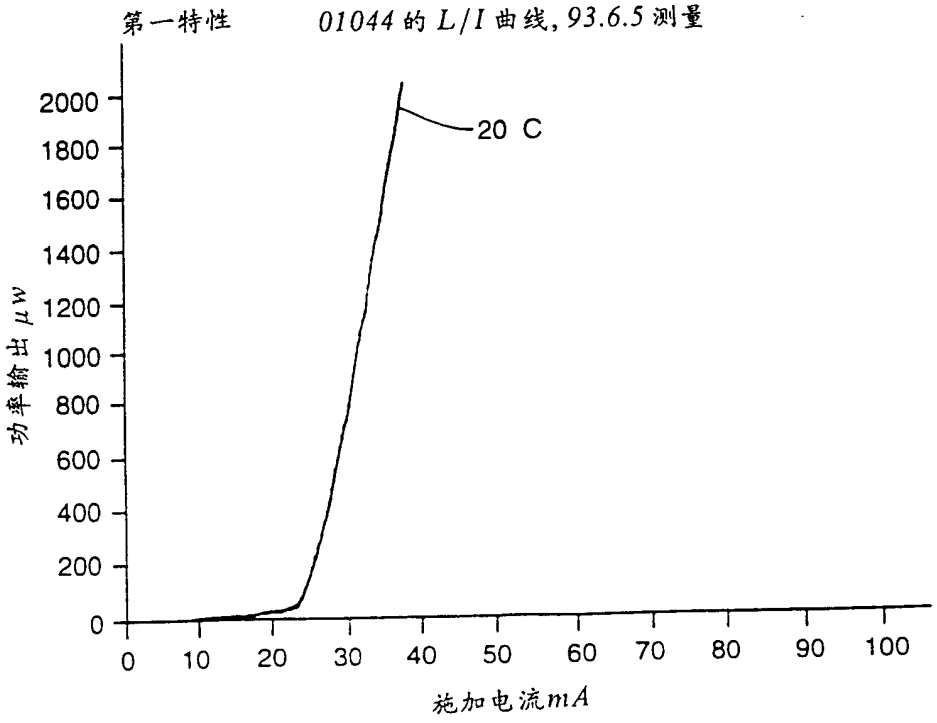

第一特性
01044 的 L/I 曲线, 93.6.5 测量
20 C
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
功率输出 μw
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
施加电流mA

图6A

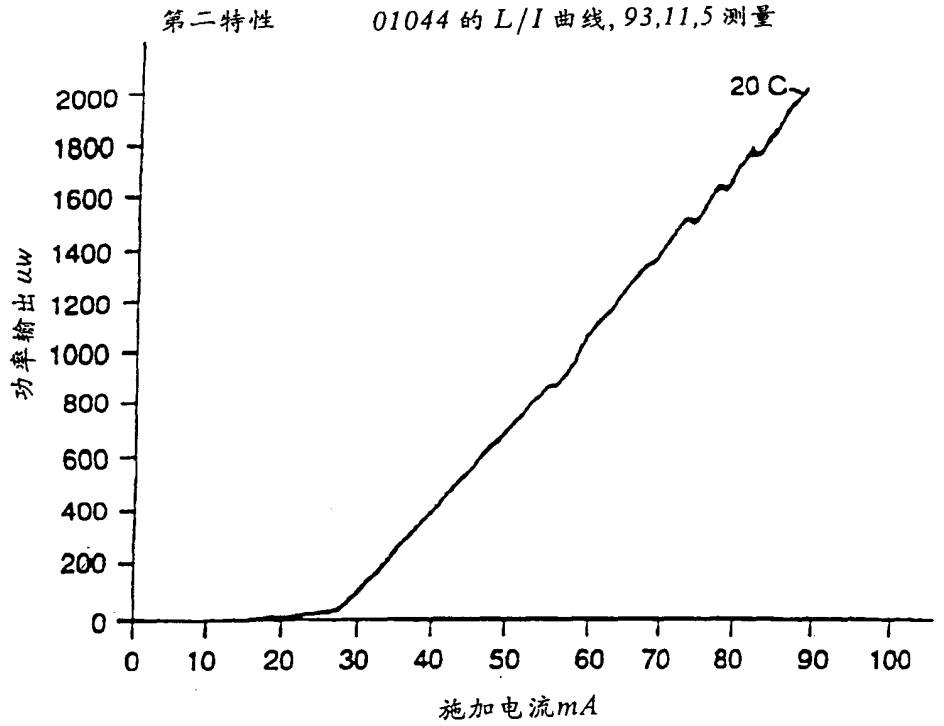

第二特性 01044 的 L/I 曲线, 93,11,5 测量
20 C
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
功率输出 uw
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
施加电流mA

图6B

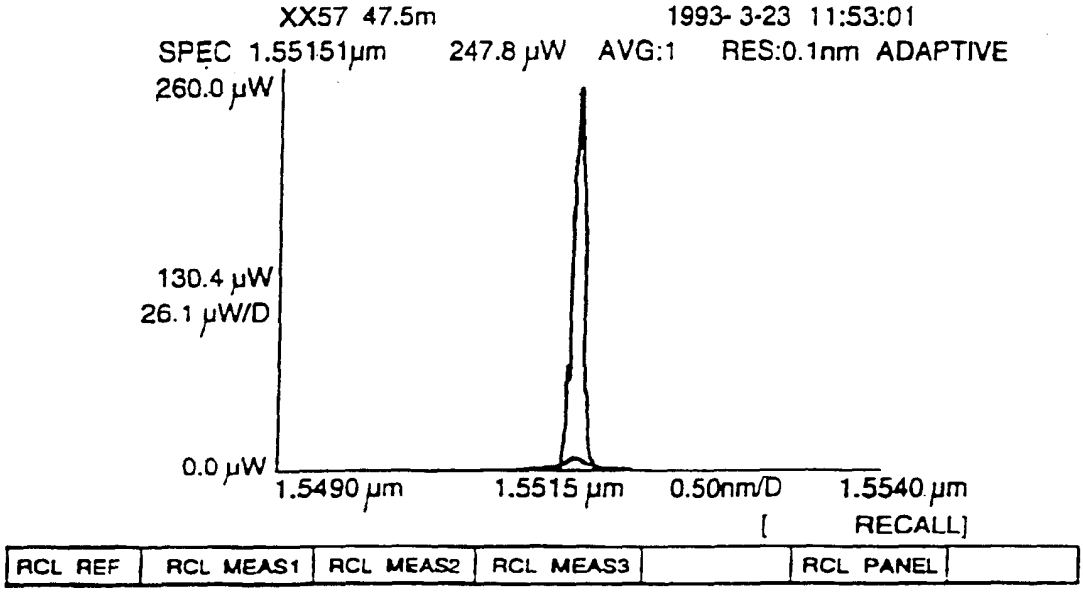

XX57 47.5m
1993- 3-23 11:53:01
SPEC 1.55151μm
247.8 μW
AVG:1
RES:0.1nm ADAPTIVE
260.0 μW
130.4 μW
26.1 μW/D
0.0 μW
1.5490 μm
1.5515 μm
0.50nm/D
1.5540 μm
[ RECALL]
RCL REF
RCL MEAS1
RCL MEAS2
RCL MEAS3
RCL PANEL

图9

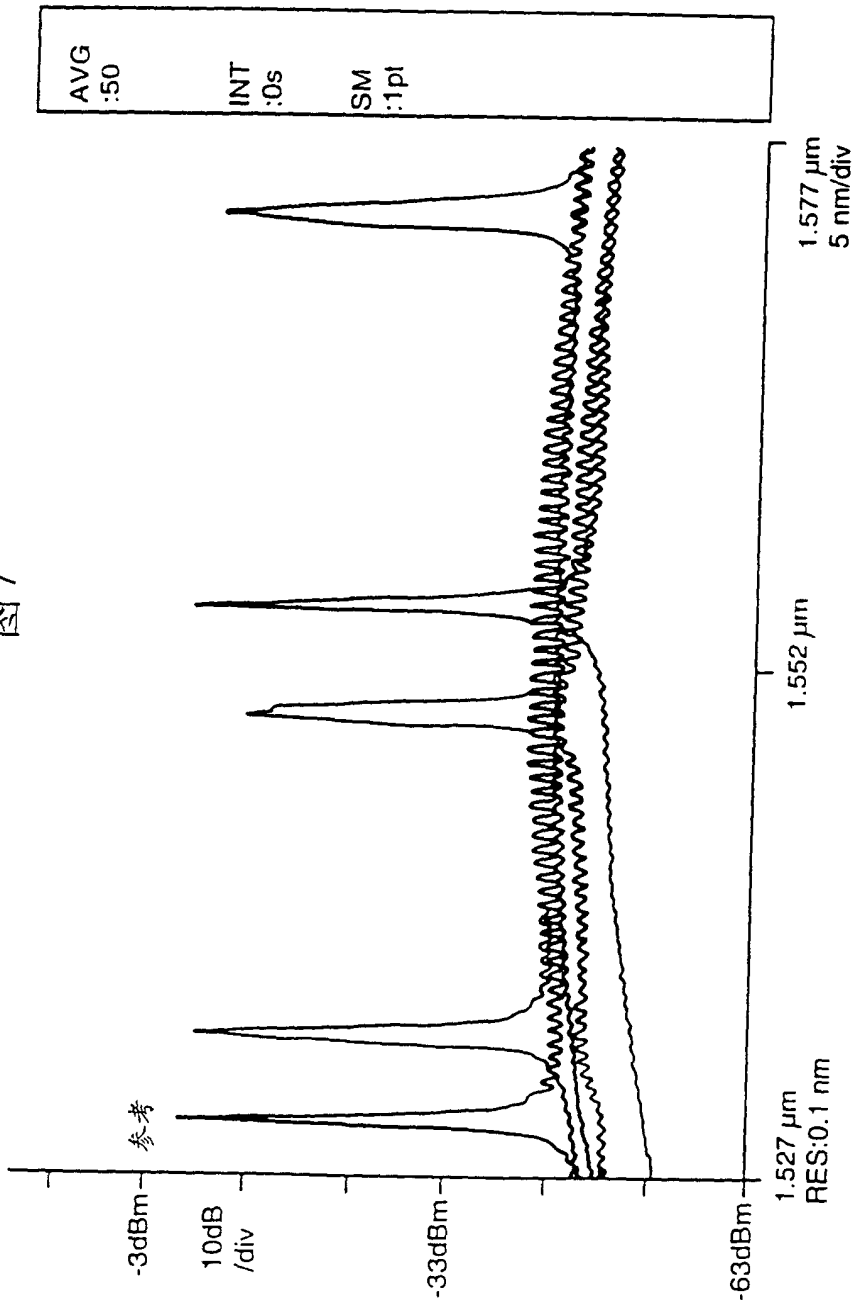

AVG
:50
INT
:0s
SM
:1pt
1.577 µm
5 nm/div
1.552 µm
1.527 µm
RES:0.1 nm
参考
-3dBm
10dB
/div
-33dBm
-63dBm

图7

图10

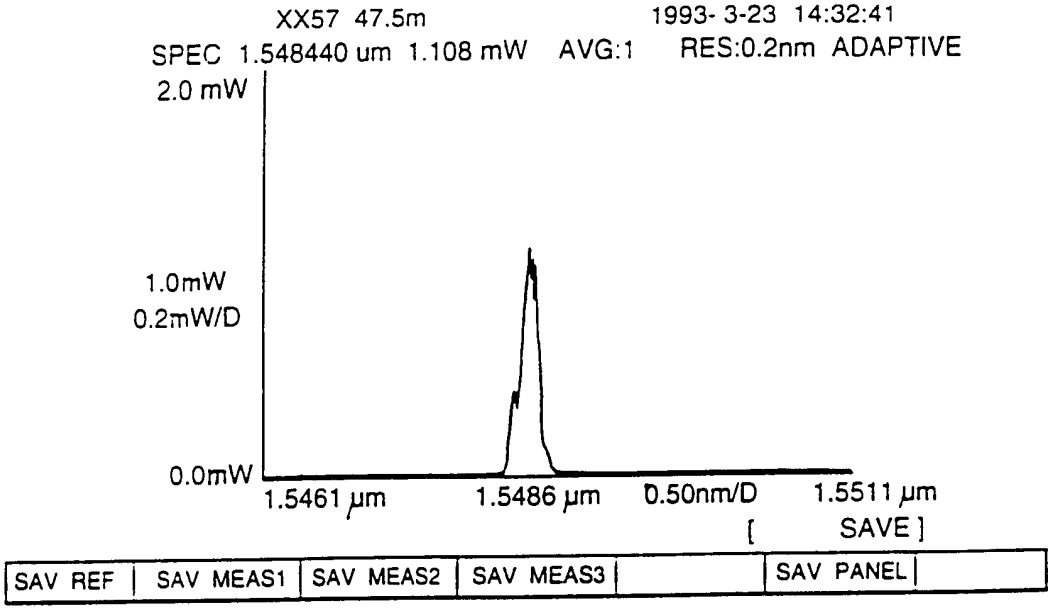

XX57 47.5m
1993- 3-23 14:32:41
SPEC 1.548440 um 1.108 mW AVG:1 RES:0.2nm ADAPTIVE
2.0 mW
1.0mW
0.2mW/D
0.0mW
1.5461 µm
1.5486 µm
0.50nm/D
1.5511 µm
[ SAVE ]
SAV REF
SAV MEAS1
SAV MEAS2
SAV MEAS3
SAV PANEL

图12

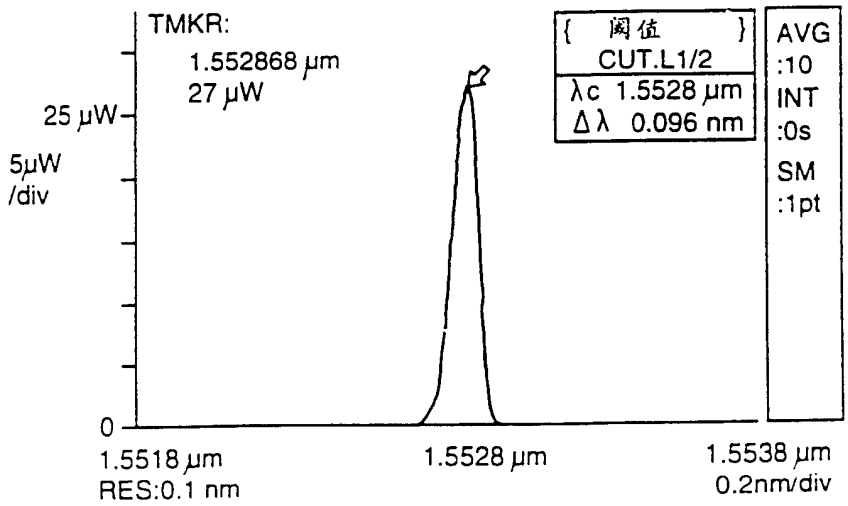

TMKR:
1.552868 µm
27 µW
{ 阈值 }
CUT.L1/2
λc 1.5528 µm
Δλ 0.096 nm
AVG
:10
INT
:0s
SM
:1pt
25 µW
5µW
/div
0
1.5518 µm
RES:0.1 nm
1.5528 µm
1.5538 µm
0.2nm/div

图11

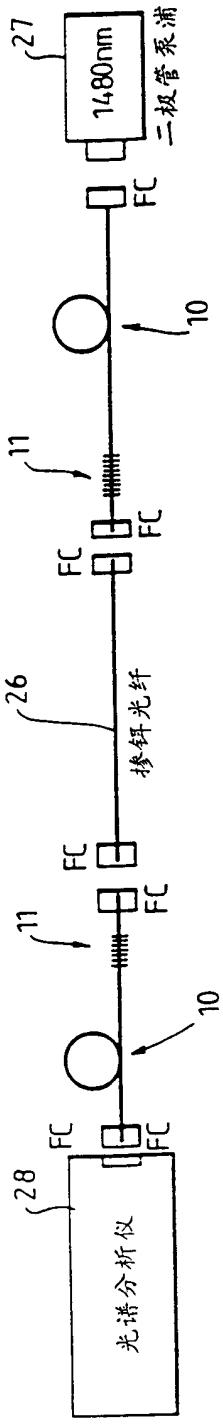


图13

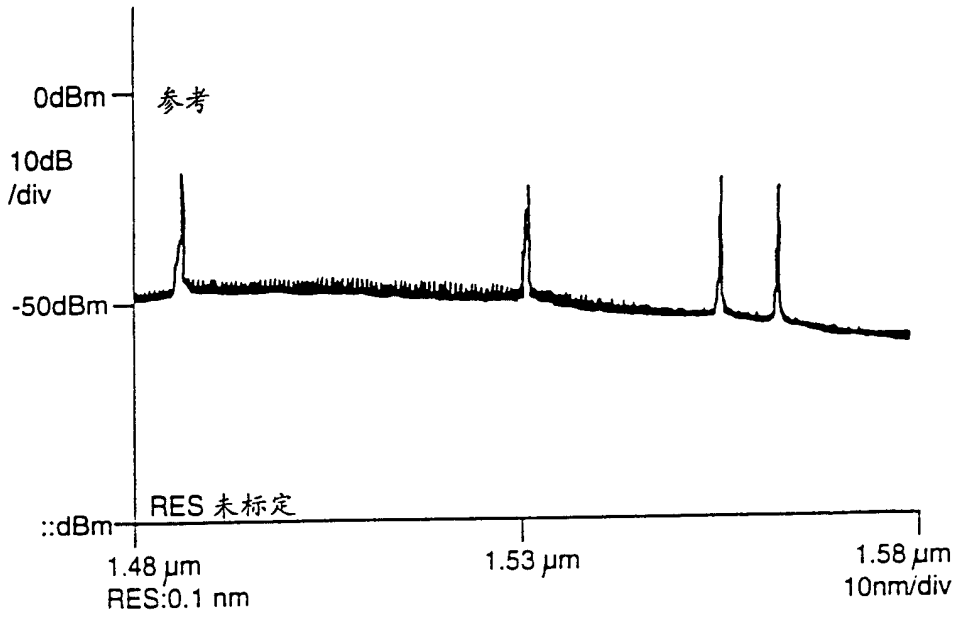

0dBm
参考
10dB
/div
-50dBm
::dBm
RES 未标定
1.48 µm
RES:0.1 nm
1.53 µm
1.58 µm
10nm/div

图14

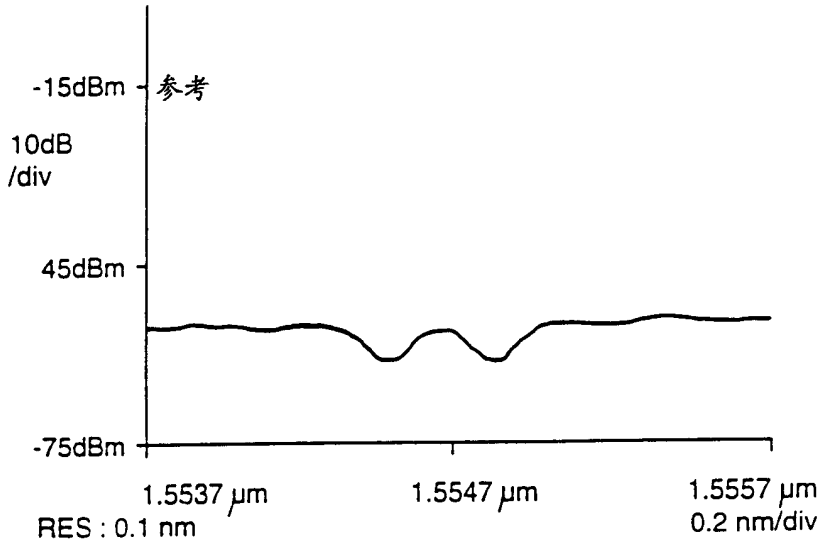
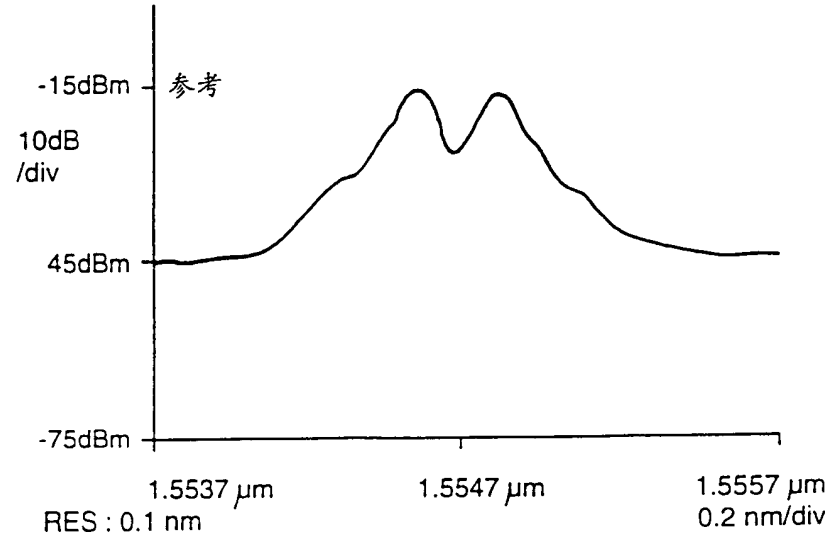

-15dBm
参考
10dB
/div
45dBm
-75dBm
1.5537 μm
1.5547 μm
1.5557 μm
RES : 0.1 nm
0.2 nm/div

图15


-15dBm
参考
10dB
/div
45dBm
-75dBm
1.5537 μm
1.5547 μm
1.5557 μm
RES : 0.1 nm
0.2 nm/div