

[51] Int. Cl.

H01S 3/10 (2006.01)

H01S 3/08 (2006.01)



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 02813608. X

[45] 授权公告日 2006 年 4 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1251367C

[22] 申请日 2002.7.5 [21] 申请号 02813608.X

[30] 优先权

[32] 2001. 7. 6 [33] US [31] 09/900,474

[86] 国际申请 PCT/US2002/021415 2002.7.5

[87] 国际公布 WO2003/005503 英 2003.1.16

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.5

[71] 专利权人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 安德鲁·约翰·戴贝尔

审查员 王治华

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 柳春雷

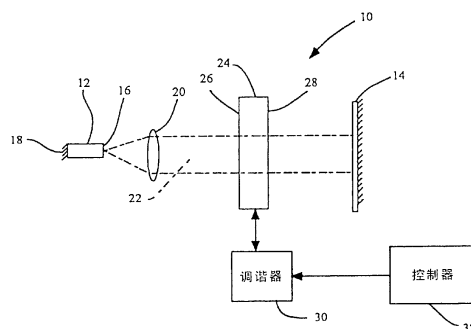
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 7 页

[54] 发明名称

可对栅格生成器进行连续调谐的外腔激光器

[57] 摘要

一种激光器具具有栅格生成器，配置所述栅格生成器以使得在激光器操作期间栅格传输波峰可以变化或者改变。 所述栅格生成器在至少两个不同的可选栅格间距之间可调。 所述激光器可以有各种配置，并且可以是在外腔中具有信道选择器的可调外腔激光器。 此激光器还可以包括调谐器或者调谐组件，所述调谐器或调谐组件可操作地耦合到所述栅格生成器并且被配置来将所述栅格生成器调整到所述可选通信栅格。



1. 一种外腔激光器装置，包括：

具有第一和第二输出平面的增益介质，所述增益介质具有激活区域来
5 沿着光路从所述第一输出平面发射光束；

位于所述光路中的反射器，所述反射器与所述第二输出平面界定了外腔；

位于所述光路中的栅格标准具；以及

栅格标准具调谐器，其耦合到所述栅格标准具并且被配置来在所述外
10 腔激光器操作期间将所述栅格标准具从第一通信栅格调整到第二通信栅格，所述第一通信栅格和第二通信栅格中的每一个都界定了根据所述栅格标准具的自由频谱范围而被分隔开的多个传输频带。

2. 如权利要求 1 所述的外腔激光器装置，其中所述栅格标准具调谐器被配置来在所述光路中可旋转地调整所述栅格标准具。

15 3. 如权利要求 1 所述的外腔激光器装置，还包括：

位于所述光路中的信道选择器；以及

信道选择器调谐器，其耦合到所述信道选择器并且被配置来将所述信道选择器调谐到所述多个传输频带中的一个传输频带。

4. 如权利要求 1 所述的外腔激光器装置，还包括外腔光路长度调谐
20 器，其耦合到所述外腔并且被配置来调整所述外腔的光路长度。

5. 如权利要求 1 所述的外腔激光器装置，其中所述栅格标准具由具有依赖于电压的折射率的光电材料制成，并且所述栅格标准具可被控制来向所述栅格标准具供应可选择的电压，以通过该所述栅格标准具的折射率来实现栅格标准具调谐。

25 6. 如权利要求 1 所述的外腔激光器装置，还包括控制器，所述控制器耦合到所述栅格标准具调谐器以控制所述栅格标准具调谐器。

7. 一种用于产生可调相干光输出的方法，包括：

提供外腔激光器，所述外腔激光器包括具有第一和第二输出平面以及激活区域的增益介质；

从所述激活区域沿着光路和位于所述光路中的末端镜将相干光束发射出所述第一输出平面，所述末端镜与所述第二输出平面界定了外腔；

与所述光路相关联而定位栅格标准具；以及

5 在所述外腔激光器操作期间将所述栅格标准具从第一可选通信栅格改变到第二可选通信栅格，所述第一可选通信栅格和第二可选通信栅格中的每一个都界定了根据所述栅格标准具的自由频谱范围而被分隔开的多个波长通带。

8. 如权利要求 7 所述的用于产生可调相干光输出的方法，还包括对与所述光路相关联定位的信道选择器进行调谐，所述信道选择器产生可调谐
10 传输波峰，通过将所述可调谐传输波峰与所述多个波长通带中的一个波长通带对准来实现经由所述可调谐传输波峰的信道选择。

9. 如权利要求 7 所述的用于产生可调相干光输出的方法，其中所述改变步骤包括可旋转地调整所述栅格标准具。

10. 如权利要求 7 所述的用于产生可调相干光输出的方法，还包括调
15 整所述外腔的光路长度。

11. 一种外腔激光器装置，包括：

包括激活区域并具有第一和第二输出平面的增益介质，所述增益介质沿着光路从所述激活区域将相干光束发射出所述第一输出平面；

与所述增益介质的所述第一输出平面相对布置的末端镜，所述末端镜
20 与所述第二输出平面界定了激光器外腔；

位于所述光路中的栅格生成器；

栅格生成器调谐器，其耦合到所述栅格生成器并且被配置来在所述装置操作期间将所述栅格生成器从第一通信栅格调整到第二通信栅格，所述
25 第一通信栅格和第二通信栅格中的每一个都界定了根据由每个可选通信栅格所界定的信道间隔而具有不变波长间隔的多个波长通带；以及

控制器，其耦合到所述栅格生成器调谐器以向所述栅格生成器调谐器提供信号，来将所述栅格生成器从所述第一通信栅格调整到所述第二通信栅格。

12. 如权利要求 11 所述的外腔激光器装置，其中所述栅格生成器包括

栅格标准具，并且所述栅格生成器调谐器通过旋转所述栅格生成器来调谐所述栅格生成器。

13. 如权利要求 11 所述的外腔激光器装置，还包括耦合到所述增益介质和所述控制器的驱动电流源，所述驱动电流源选择性地控制供应到所述
5 增益介质的电流电平。

14. 如权利要求 13 所述的外腔激光器装置，还包括耦合到所述增益介质和所述控制器的电压传感器，所述电压传感器向所述控制器提供与所述增益介质上的电压差相对应的电压反馈信号。

15. 如权利要求 11 所述的外腔激光器装置，还包括耦合到所述控制器的
10 的信道选择器，所述信道选择器将由所述信道选择器产生的传输波峰与所述多个波长通带中的一个波长通带对准。

16. 如权利要求 15 所述的外腔激光器装置，其中所述信道选择器是楔形标准具。

17. 如权利要求 16 所述的外腔激光器装置，其中通过调整所述楔形标
15 准具在所述光路中的位置来调谐所述楔形标准具。

18. 如权利要求 11 所述的外腔激光器装置，还包括耦合到所述末端镜和所述控制器的外腔调谐器，所述外腔调谐器定位所述末端镜来调整所述末端镜和所述增益介质之间的光路长度。

19. 如权利要求 18 所述的外腔激光器装置，其中所述外腔调谐器包括
20 线性致动器设备。

20. 如权利要求 19 所述的外腔激光器装置，其中所述外腔调谐器包括热可调补偿器元件。

21. 如权利要求 11 所述的外腔激光器装置，还包括高频振动元件，其在所述激光器的输出特性中产生调制，所述调制可检测来产生用于调谐所
25 述激光器的反馈信号。

可对栅格生成器进行连续调谐的外腔激光器

5 背景技术

电信发射机激光器用于密集波分复用（DWDM）光通信系统，其中多个隔离数据流并存在单根光纤中，每个数据流的调制发生在不同信道。每个数据流被调制到相应发射机激光器的输出流上，该发射机激光器在特定信道波长操作，并且来自半导体激光器的多个已调制输出被复合到单根光纤上，以在它们各自信道中传输。根据国际电信联盟（ITU）的普通设备目前要求大约 0.4 纳米或者大约 50GHz 的信道间隔。在现在可用的光纤和光纤放大器的带宽范围内，此信道隔离允许单根光纤至少承载 128 个信道。

这种电信发射机激光器典型地使用定义了多个可选传输波长的栅格生成器，所述传输波长对应于 ITU 栅格波长或者其他所选择的栅格。所用的栅格生成器典型地为法布里-佩罗（Fabry-Perot）干涉过滤器，其具有在频率上均匀相间的传输最大值。通过小心地制造栅格标准具并将栅格标准具相对于通过其中的光束的动量轴来小心地对准，由栅格标准具所界定的传输波峰的间距可以与所选择的波长栅格对准，例如由 ITU 标准所定义的栅格。可以将热电控制器耦合到栅格标准具上，并且在激光器操作期间小心的热控制为栅格标准具提供了温度锁定，以使得不会因为热波动而发生栅格传输波峰的变化。

随着光通信网络向着可重新配置结构的发展，日益复杂的电信发射机激光器已经变得必要起来。具体而言，对于在激光器操作期间提供对栅格传输波峰的主动调谐或调整以允许选择不同通信栅格的电信发射机激光器的需求已经出现。

发明内容

本发明提供了一种外腔激光器装置，包括：具有第一和第二输出平面

的增益介质，所述增益介质具有激活区域来沿着光路从所述第一输出平面发射光束；位于所述光路中的反射器，所述反射器与所述第二输出平面界定了外腔；位于所述光路中的栅格标准具；以及栅格标准具调谐器，其耦合到所述栅格标准具并且被配置来在所述外腔激光器操作期间将所述栅格标准具从第一通信栅格调整到第二通信栅格，所述第一通信栅格和第二通信栅格中的每一个都界定了根据所述栅格标准具的自由频谱范围而被分隔开的多个传输频带。

本发明还提供了一种用于产生可调相干光输出的方法，包括：提供外腔激光器，所述外腔激光器包括具有第一和第二输出平面以及激活区域的增益介质；从所述激活区域沿着光路和位于所述光路中的末端镜将相干光束发射出所述第一输出平面，所述末端镜与所述第二输出平面界定了外腔；与所述光路相关联而定位栅格标准具；以及在所述外腔激光器操作期间将所述栅格标准具从第一可选通信栅格改变到第二可选通信栅格，所述第一可选通信栅格和第二可选通信栅格中的每一个都界定了根据所述栅格标准具的自由频谱范围而被分隔开的多个波长通带。

本发明还提供了一种装置，包括：包括激活区域并具有第一和第二输出平面的增益介质，所述增益介质沿着光路从所述激活区域将相干光束发射出所述第一输出平面；与所述增益介质的所述第一输出平面相对布置的末端镜，所述末端镜与所述第二输出平面界定了激光器外腔；位于所述光路中的栅格生成器；栅格生成器调谐器，其耦合到所述栅格生成器并且被配置来在所述装置操作期间将所述栅格生成器从第一通信栅格调整到第二通信栅格，所述第一通信栅格和第二通信栅格中的每一个都界定了根据由每个可选通信栅格所界定的信道间隔而具有不变波长间隔的多个波长通带；以及控制器，其耦合到所述栅格生成器调谐器以向所述栅格生成器调谐器提供信号，来将所述栅格生成器从所述第一通信栅格调整到所述第二通信栅格。

本发明提供激光器装置、以及系统和方法，用于在激光器操作期间对栅格生成器进行主动调谐，以提供所选的栅格传输信道间距。从最广义的角度，本发明的装置是具有栅格生成器的激光器，配置所述栅格生成器以

使得在激光器操作期间栅格传输波峰可以变化或者改变，以允许选择不同的通信栅格。所述栅格生成器至少在标称栅格设置附近的小范围内可调。更具体而言，栅格生成器在与其初始或标称栅格设置相等或更大的范围内可调，以使得通过对栅格生成器的适当的调谐或调整可以选择任何所需要的波长栅格。所述激光器可以有各种配置，并且可以是在外腔中具有信道选择器的可调外腔激光器。此激光器还可以包括调谐器或者调谐组件，所述调谐器或调谐组件耦合到所述栅格生成器并且被配置来将所述栅格生成器调整到所述可选通信栅格。

激光器还可以包括具有第一和第二输出平面的增益介质，所述增益介质沿着光路从所述第一输出平面向该光路中的末端镜发射相干光束，因此所述末端镜与所述第二输出平面界定了外腔。信道选择器可以与所述外腔相关联而定位，并耦合到信道选择器调谐器，该信道选择器调谐器被配置来将所述信道选择器调谐到可选传输波长，所述可选传输波长对应于所述可选通信栅格中的传输频带。激光器还可以包括外腔光路长度调谐器，其耦合到所述外腔并且被配置来为所述外腔调整光路长度。

栅格生成器可以是栅格标准具形式，其定义了根据栅格标准具的自由频谱范围（FSR）而被分隔开的多个波长通带或传输频带。通带的间距可以对应于例如 ITU 栅格间距。在此激光器的一个实施例中，栅格生成器调谐器被配置来可旋转地调整光路中的栅格标准具。栅格生成器调谐组件耦合到栅格标准具，以通过旋转或倾斜栅格标准具而改变栅格标准具的光学厚度或光路长度来调谐栅格，由此改变了所选择通信栅格间距。栅格生成器调谐组件还可以包括控制器，该控制器具有存储的用于不同可选栅格的调整数据，栅格标准具被调整以提供所选择波长栅格。

在其他实施例中，可选地或者额外地，栅格生成器调谐组件通过热控制来调谐栅格标准具，其具有耦合到所述栅格标准具的热电控制器（TEC），该热电控制器被配置来通过选择性加热或冷却以调整栅格标准具的光学厚度，从而提供所选择栅格间距。加热或冷却会影响控制标准具间隙的间隔件的尺寸。在其他实施例中，标准具可以包括用材料填充的非真空间隙，对这种材料进行的加热或冷却引起穿过该标准具间隙的光路长

度的变化。在另一些实施例中，标准具可以包括光电材料，并具有通过穿过光电材料施加电压而可调的有效光路长度。

根据本发明可以使用各种其他调谐机构来调整栅格标准具或栅格生成器。此类调谐可以包括例如气体填充标准具的压力调谐、标准具间隙的压
5 电调谐、利用非线性光学效应的光学调谐、光电标准具材料的电压调谐、使用 MEMS（微机电系统）致动器的微定位以及其他形式的调谐。

栅格生成器的控制可以由栅格生成器控制器根据存储在查值表中的栅格标准具调整参数来执行。栅格标准具调整参数可以包括所选择波长的一
10 列温度和用于为未列出波长计算温度插值的规则。可以提供额外规则以基于环境温度或对系统状态的了解来调整温度。对于栅格标准具的温度控制，可以通过在 TEC 抽取热量的区域放置例如热敏电阻的温度传感器而获得温度。温度传感器优选地但非必须地在将被控制的栅格位置附近。然后控制机构可以调整输入 TEC 的电流以在热敏电阻处获得所需温度。控制算法可以包括 PID 循环。或者控制算法可以包括用于控制输出状态的状态估
15 计量和控制法则。穿过标准具的光路长度是输出状态，而输入状态包括热量被抽取的区域中的温度传感器以及其他传感器。

激光器还可以包括检测器，定位并配置该检测器以监测激光器的输出以及提供指示栅格标准具的传输波峰或多个波峰的波长位置的检测器输出。从检测器输出可以得到误差信号，并且控制器可以使用该误差信号来
20 相对栅格传输波峰调整激光器波长，以将误差信号归零或置零。通过向栅格生成器传输频谱提供波长调制而允许检测传输波峰、通过波长调制在栅格生成器中传输的激光，或者通过设置偏离传输波峰的激光的波长并平衡该光束的反射和传输部分，可以获得误差信号。

在一些实施例中，栅格生成器可以位于激光器腔体内，而在其他实施
25 例中，栅格生成器可以在激光器腔体之外，并且从激光器的输出端或后端发出的光的部分或者全部可以定向进入栅格生成器。在某些实施例中，检测器可以包括电压检测器，该电压检测器配置来监测穿过增益介质 12 的电压调制。在其他实施例中，检测器可以包括光检测器，该光检测器配置

来监测激光器的光输出。

从最广义的角度，本发明的方法包括设置具有栅格生成器的激光器，以及将栅格生成器调整到所选择栅格间距。所述栅格生成器至少应当在标称栅格设置附近的小范围内可调。栅格生成器的调整可以包括在与其初始或标称栅格设置相等或更大的范围内调谐栅格生成器。以此范围的调整，通过对栅格生成器的适当的调谐或调整可以选择任何所需要的波长栅格。调整可以通过任何机构来执行，即热调整、旋转调整、光电、或其他，或者各种调整机构的组合。栅格生成器的调整或调谐可以根据不同可选栅格的存储调整数据而由控制器执行。可选地或者额外地，栅格生成器可以根据从检测器获得的误差信号来调谐，所述检测器定位并配置来自动检测激光器输出。

在一个实施例中，本发明的方法是用于产生可调相干光输出的方法，包括：提供具有增益介质的外腔激光器，所述增益介质具有第一和第二输出平面；沿着所述光路从所述第一输出平面向末端镜发射相干光束；与光路相关联而定位栅格生成器；以及将所述栅格生成器调谐到所选择栅格间距。可调栅格生成器可以包括栅格标准具，而且所述调整可以包括对栅格标准具进行位置或者热调整。该方法还可以包括调谐位于外腔的光路中的信道选择器。该方法另外还可以包括调整由末端镜与第二输出平面界定的外腔的光路长度。

大量的情况，其中在激光器操作期间对通信栅格的传输波峰进行主动调谐或调整是很有用的。例如，受信道间串扰的限制，主动的栅格调谐在给定比特误差率（BER）处允许传输信道的间距被连续优化直到获得最大容量。

通过将通信栅格调整到与波长滤波器相一致（与取代波长滤波器相反），本发明还为校正给定传输信道中的其他光学部件的变化提供了方便和经济性，其他光学部件例如是窄带波长滤波器。栅格生成器的主动调整还允许校正在栅格生成器自身制造期间已经引入的误差，否则该误差会妨碍与想要的栅格间距间的一致性。此类误差可以包括例如标准具厚度、与光束相关联的角度方位或定位，以及对于波长的光学厚度的分散。

本发明还允许向栅格传输波峰引入频率调制或高频振动，这对于提供串扰、滤波器传输或其他系统参数的原位优化是有用的。以这种方式使用频率调制允许产生可以在栅格标准具的调整或调谐中使用的误差信号。

5 本发明还允许单个栅格生成器实质上“模仿”或者复制任何通信栅格，只要此栅格生成器的可调谐范围足够大。因此，例如，具有最初设置在 50GHz 的间距的栅格生成器可以调谐到 25GHz、33GHz 或其他栅格间距。

附图说明

10 图 1 是根据本发明具有可调栅格生成器的外腔激光器装置的示意图。

图 2 是对应于三个可选通信栅格的栅格标准具的三个不同位置的示意图例。

图 3 是与图 2 的栅格标准具位置相对应的三个可选通信栅格的图例。

图 4 根据本发明的外腔激光器的另一个实施例的示意图。

15 图 5A-5C 是相对波长栅格中所选择的信道，图 1 的外腔激光器的楔形标准具、栅格标准具和外腔的通带特性的图例。

图 6A-6C 是为波长栅格中多个信道而对图 1 的外腔激光器进行调谐的增益响应的图例。

20 图 7 是具有可调栅格生成器的外腔激光器装置的另一个实施例的示意图。

具体实施方式

更具体地参照附图，本发明实施为图 1 至图 7 中所示的装置是出于举例说明的目的。应当了解到，在不背离此处所公开的基本概念的条件下，
25 本装置可以改变结构以及部件的细节，并且本方法可以改变动作的细节和顺序。本发明主要以与外腔激光器一起使用的形式进行公开。然而，本发明可以与各种类型的激光器设备和光学系统一起使用。还应当理解的是，此处所用的术语只是出于描述具体实施例的目的，而非意在限制，因为本发明的范围将只是由所附权利要求所限制。

现在参考图 1，示出了根据本发明的外腔激光器装置 10。装置 10 包括增益介质 12 和末端或者外部反射元件或者末端镜 14。增益介质 12 可以包括常规的法布里—佩罗（Fabry-Perot）二极管发射芯片，并具有涂覆防反射（AR）层的前输出平面 16 和部分反射的后输出平面 18。外腔激光器腔由后平面 18 和末端镜 14 所界定或者描绘。增益介质 12 从前平面 16 发射出相干光束，该相干光束由透镜 20 准直并沿着光路 22 定向，光路 22 与外腔的光轴共线。增益介质 12 的前、后平面 16、18 也与外腔的光轴对准。传统的输出光耦合器（未示出）与后平面 18 相关联，用于将外腔激光器 10 的输出耦合到光纤（也未示出）。

外腔激光器 10 包括栅格生成器元件，该元件在图 1 中示出为位于增益介质 12 与末端镜 14 之间的光路 22 中的栅格标准具 26。栅格标准具 24 具有平行的反射表面 26、28，并用作干涉过滤器，由表面 26、28 的间距所界定的栅格标准具 24 的折射率和栅格生成器 24 的光学厚度引起了通信频带内在这些波长处的最大值和最小值的多重性，所述波长与所选择的波长栅格的中心波长一致、或者考虑到折射率的分散以及制造误差而接近一致，所述所选择的波长栅格可以包括例如 ITU（国际电信联盟）栅格。栅格标准具 24 具有对应于所选择通信栅格的栅格线之间间距的自由频谱范围（FSR），并且栅格标准具 24 由此操作来提供以波长栅格的每条栅格线为中心的多个通带或者传输带。栅格标准具 24 具有抑制外腔激光器在波长栅格的每条信道之间的相邻模式的精细度（*finesse*）（自由频谱范围被半高全宽或者 FWHM 所除）。

栅格标准具 24 可操作地耦合到调谐器元件 30 上，该元件 30 被配置来调谐栅格标准具 24，以使得栅格标准具可以定义多个可选的通信栅格。栅格标准具 24 可以是固体、液体或气体间隔的平行板标准具，并可以通过由温度控制引起的热膨胀和收缩以精确确定表面 26、28 之间的光学厚度的尺寸、和/或通过倾斜栅格标准具 24 以改变表面 26、28 之间的光学厚度，来进行调谐。栅格生成器 24 可以由具有依赖于电压的折射率的光电材料制成，例如铌酸锂，以使得通过使用氧化铟锡（ITO）或其他透光导电材料的透光电极（未示出）由调谐器 30 在表面 26、28 上选择性地施加

电压而可调节栅格标准 24 的有效光学厚度（以及获得的栅格间距）。

栅格标准具调谐器 30 可操作地耦合到控制器 32 上。控制器 32 包括数据处理器和存储器（未示出），存储器中存储有与多个可选通信栅格相对应的栅格标准具 24 的调谐调整参数。因此，在外腔激光器 10 操作期间，
5 控制器 32 可以向调谐器 30 发信号，以根据所存储的调整参数将栅格标准具 24 从一个可选通信栅格调整或调谐到另一个。例如，如果通过倾斜或者转动来调谐栅格标准具 24，查值表可以包括栅格标准具 24 与不同可选栅格间距对应的多个旋转位置参数。控制器 32 还可以根据由检测器（未示出）得到的误差信号来执行对栅格标准具 24 的调整，如以下进一步描述的那样。
10

图 1 中所示的外腔激光器 10 的各个元件的相对大小与距离不一定按照比例来示出，并且为清楚起见进行了夸大。外腔激光器 10 可以包括额外部件（未示出），例如聚焦和准直部件，以及消除与外腔激光器 10 的各个部件有关的伪反馈的偏振光器件。激光器 10 还可以如以下进一步描述的那样包括信道选择器。
15

参考图 2 和图 3 以及图 1，调谐栅格标准具 24 以提供所选通信栅格是以对栅格标准具 24 进行旋转调整的形式来举例说明的。图 2 图示了位于光路 22 中的栅格标准具 24 的三个旋转位置，位置 A 以实线表示，位置 B 以虚线表示，位置 C 以点线表示。三个位置 A-C 通过栅格标准具 24 的旋转定位而获得。位置 B（虚线）给出了对光路的最大光学厚度，而位置 C（点线）给出了最短光路，而位置 A（实线）得到在位置 B 与 C 的之间的栅格标准具光学厚度。
20

如图 2 所示栅格标准具 24 定位于位置 A，导致图 3 中实线所示的通信栅格 A，图形表示为相对增益（纵轴）对波长（横轴）。通信栅格 A 具有对应于自由频谱范围（FSR）的一系列周期相间的最大值和最小值，所述自由频谱范围是由位置 A 中的光学厚度所界定的。将栅格标准具 24 调节至图 2 所示的位置 B，将导致图 3 中虚线所示的通信栅格 B。通信栅格 B 相对于通信栅格 A 移动了一个对应于光学厚度变化的量。将栅格标准具 24 调谐至图 2 中所示的位置 C，将导致图 3 中点线所示的通信栅格 C。通
25

信栅格 C（点线）已经将通信栅格恢复到基本与通信栅格 A 对应，使得栅格 A 的实线与栅格 C 的点线被表示为重叠。然而，通信栅格 C 与通信栅格 A 的不同在于，重叠的波峰和零波长之间恰好有一个额外的波峰。

在外腔激光器 10 的操作期间，可能由于很多原因需要选择不同的通信栅格 A、B、C。例如，可以使用具有不同传输信道的不同专用波长栅格来配置不同的公司局域网用于通信。本发明允许激光器 10 从根据一个这样的栅格的传输切换到不同的栅格。在其他情况下，如果信号传输的范围的距离增大或者减小了，可能需要重新配置栅格以优化用于所需距离的栅格间距。

现在参考图 4，示出了外腔激光器 34 的另一个实施例，其中相似的标号表示相似部分。激光器 34 包括信道选择器，在图 4 中示出为楔形标准具 36。楔形标准具 36 用作干涉过滤器，具有非平行的反射表面 38、40，提供带锥度的形状。图 4 中所示的楔形标准具 36 只是一个根据本发明可以在外腔激光器中使用的信道选择器，并且楔形标准具 36 或者可以包括锥形透明基体、在相邻透明基体的反射表面之间的锥形气隙、有坡度的薄膜干涉过滤器、光栅、光电调谐器、游标调谐设备或者其他信道选择设备。美国专利 NO. 6,108,355 中描述了气隙楔形标准具用于信道选择，其中“楔形”是由相邻基片所界定的锥形气隙。发明人为安德鲁·戴贝尔（Andrew Daiber）并于 2001 年 3 月 21 日递交的序列号 No. 09/814,646 的美国专利申请中，描述了使用枢轴可调的栅格设备作为信道选择器并通过光栅角度调整进行调谐，以及在外腔激光器中使用光电可调信道选择器并通过选择性地施加电压进行调谐。序列号 No. 09/814,646 的美国专利申请中，以及标题为“渐变薄膜楔形干涉过滤器及其用于激光调谐的方法（Graded Thin Film Wedge Interference Filter and Method of Use for Laser Tuning）”、发明人为霍普金斯（Hopkins）等人并与本申请一起递交的序列号 No. 09/900,412 的美国专利申请中，描述了使用平移调谐有坡度薄膜干涉过滤器作为信道选择器。此处通过引用而结合了上述公开。

由楔形标准具 36 所界定的通带比栅格标准具 24 所界定的通带宽得多，有更宽通带的楔形标准具 36 具有周期，该周期基本上对应于栅格标

准具 24 所界定的最短和最长波长信道之间的间隔。换句话说，楔形标准具 36 的自由频谱范围对应于栅格标准具 24 所界定的波长栅格的全波长范围。楔形标准具 36 具有精细度以抑制与所选择的特定信道相邻的信道。

通过改变楔形标准具 36 的表面 38、40 之间的光学厚度，楔形标准具 36 用于在多个通信信道之间进行选择。通过沿着 x 轴平移或者驱动楔形标准具 36 来获得此结果，x 轴基本上平行于楔形标准具 36 的锥度方向并基本上垂直于光路 22 和外腔激光器 34 的光轴。由楔形标准具 36 所界定的每个通带都支持可选信道，并且当楔形标准具 36 推进或平移到光路 22 中时，沿着光路 22 通过的光束穿过楔形标准具 36 越来越厚的部分，这些部分在更长波长的信道上支持相对表面 38、40 之间的相长干涉。当楔形标准具 36 从光路 22 中抽回时，光束将经历楔形标准具 36 越来越薄的部分并向光路 22 显示相应地支持更短波长信道的通带。如上所述楔形标准具 36 的自由频谱范围对应于栅格标准具 24 的全波长范围，以使得通信频带内的单个损失最小值可以在整个波长栅格上调节。从栅格标准具 24 和楔形标准具 36 到增益介质 12 的复合反馈支持在所选择信道的中心波长上发出激光。在整个调谐范围上，楔形标准具 36 的自由波长范围比栅格标准具 24 的更宽。

楔形标准具 36 经由调谐组件来调谐位置，所述调谐组件包括驱动元件或调谐器 42，其被构造并配置以根据所选择的信道可调地定位楔形标准具 36，所选择的通信信道如上所述由栅格标准具 24 的定位而得到的通信栅格来依次界定。调谐器 42 可以包括步进马达，以及用于楔形标准具 36 精确移动的合适的硬件。调谐器 42 或者可以包括各种类型的致动器，包括但不限于 DC 伺服马达、电磁铁、音圈致动器、压电致动器、超声波驱动器、形状记忆设备以及类似调谐设备。如果将不同于楔形标准具 36 的其他类型的信道选择器用于本发明，将相应地配置波长调谐器 42 以调谐该信道选择器。

楔形标准具调谐器 42 可操作地耦合到控制器 30 上，控制器 30 提供信号以由调谐器 42 来控制楔形标准具 36 的定位。控制器 30 可以包括数据处理器和存储器（未示出），存储器中存储有与可选信道波长相对应的楔形

标准具 36 的位置信息的查值表。楔形标准具 36 被示为如上所述由与用于控制栅格标准具 24 的相同控制器 30 所控制。然而，也可以对楔形标准具 36 使用单独的控制器。

5 当外腔激光器 34 被调谐到由栅格标准具 24 所界定的不同通信信道时，控制器 30 根据查值表中的位置数据向调谐器 42 发信号，并且调谐器 42 平移或者其他方式调整楔形标准具 36 到正确位置，其中楔形标准具 36 位于光路 22 中的部分的光学厚度提供了支持所选信道的相长干涉。可以将线性编码器 44 与楔形标准具 36 和调谐器 42 一起使用，以保证由调谐器 42 可以正确定位楔形标准具 36。与栅格标准具调谐器 32 一起还可以包括
10 编码器 46，以保证通过调谐器 32 可以正确定位栅格标准具 24。

楔形标准具 36 在其光学可检测的端部可以包括不透光区域 48、50，当楔形标准具 36 已经被位置调节到其最长或最短信道波长时，所述区域可用来校验楔形标准具 36 的位置。不透光区域 48、50 提供了在楔形标准具 36 的位置调谐中可用的额外编码器机构。当楔形标准具 36 移动进入某
15 个位置而使得不透光区域 48、50 进入光路 22 时，不透光区域 48、50 将阻止或减弱沿着光路的光束。如以下将进一步描述的那样，通过光学方式或者通过监测增益介质 12 两端的电压调制，这种光的减弱可以检测。因为不透光区域 48、50 在楔形标准具 36 上的位置可以精确确定，所以控制器 30 可以预测不透光区域 48、50 何时将进入光路 22。在不是预测的时刻不
20 透光区域 48、50 出现在光路 22 中，将表示编码器错误，并且控制器 30 可以基于所检测到的光路 22 中出现不透光区域 48、50 做出合适的校正。在楔形标准具 36 上别的地方可以包括其他不透光区域（未示出）。

外腔激光器 34 的各个光学部件之间的相对大小、形状和距离在一些情况下为了清楚起见被夸大了，并且不一定按照比例表示。外腔激光器 34
25 可以包括其他部件（未示出），例如聚焦和准直部件，以及被配置来消除与外腔激光器 34 的各个部件有关的伪反馈的偏振光器件。

外腔激光器 34 的栅格标准具 24、楔形标准具 36 以及由后平面 18 与末端镜 14 所界定的外腔之间的通带关系在图 5A 至图 5C 中以图形进行了说明，这些图示出了外腔通带 PB1、栅格标准具通带 PB2 和楔形标准具通

带 PB3。在纵轴上示出了相对增益，而横轴上示出了波长。栅格标准具通带 PB2 例如可以对应于图 3 中所示的通信栅格之一所界定的通带。图 5A-5C 示出了示例性的栅格间距 0.5 纳米 (nm)。

如图 5A-5C 所示，楔形标准具 36 的自由频谱范围 ($\text{FSR}_{\text{所选信道}}$) 比栅格标准具 24 的自由频谱范围 ($\text{FSR}_{\text{栅格生成}}$) 大，后者依次大于外腔的自由频谱范围 ($\text{FSR}_{\text{腔}}$)。外腔的通带波峰 PB1 周期性地与由栅格标准具 24 的波长栅格所界定的通带 PB2 的中心波长对准。一个来自楔形标准具 36 的通带波峰 PB3 伸展在波长栅格的所有通带 PB2 之上。在图 5A-5C 示出的具体例子中，由栅格标准具 24 所界定的波长栅格伸展在 64 个信道之上，
10 这些信道以半纳米 (nm) 或 62GHz 而间隔开，具有 1532nm 的最短波长信道和 1563.5nm 的最长波长信道。根据本发明可以如上所述地通过栅格标准具 24 来调谐此间距。

栅格标准具 24 和楔形标准具 36 的精细度确定了相邻模式或信道的衰减。如上所述，精细度等于自由频谱范围比半高全宽，或者精细度 = FSR/FWHM 。图 5B 中示出了栅格标准具通带 PB2 在半高处的宽度，而图 5C 中示出了楔形标准具通带 PB3 在半高处的宽度。栅格标准具 24 和楔形标准具 36 在外腔中的定位提高了边模式抑制 (side mode suppression)。

图 6A-6C 中图示了楔形标准具 36 的通带 PB3 在以 1549.5nm 为中心的信道和在 1550nm 处的邻近信道之间的调谐，其中示出了栅格标准具 24 产生的信道的选择和相邻信道或模式的衰减。为了清楚起见图 5A-5C 中示出的外腔通带 PB1 从图 6A-6C 中省略掉了。在拒绝相邻模式的同时，栅格标准具 24 选择对应于栅格信道间距的外腔周期纵向模式。楔形标准具 36 在波长栅格中选择特定信道并拒绝所有其他信道。对于在将近加减半个信道间隔的范围内的过滤器偏移，所选的信道或激光作用模式在某个特定的信道处不变。对于更大的信道偏移，激光作用模式跳到下一个相邻信道。
20

在图 6A 中，楔形标准具通带 PB3 以在 1549.5nm 处的栅格信道为中心。与在 1549.5nm 处的通带 PB2 相关联的相对增益较高，而与紧邻的在 1549.0nm 和 1550.0nm 处的通带 PB2 相关联的相对增益水平相对于所选择的 1549.5nm 信道被抑制了。与在 1550.5nm 和 1548.5nm 处的通带 PB2 相
25

关联的增益被进一步抑制了。虚线表示没有被楔形标准具 36 抑制的通带 PB2 的相对增益。

图 6B 示出了位于 1549.5nm 和 1550.0nm 处的信道间的位置处的楔形标准具通带 PB，这在信道切换期间出现。与在 1549.5nm 和 1550.0nm 处的通带 PB2 相关联的相对增益都较高，两个信道都没有被抑制。在 1549.0nm 和 1550.5nm 处的通带 PB2 相关联的相对增益水平相对于 1549.5nm 和 1550.0nm 信道而被抑制了。虚线表示没有被楔形标准具 36 所抑制的通带 PB2 的相对增益。

图 6C 示出了以在 1550.0nm 处的栅格信道为中心的楔形标准具通带 PB3，与在 1550.0nm 处的通带 PB2 相关联的相对增益较高，而与在 1549.5nm 和 1550.5nm 处的相邻通带 PB2 相关联的相对增益水平相对于所选择的 1550.5nm 信道被抑制了，以及与在 1551.0nm 和 1549.0nm 处的通带 PB2 相关联的增益被进一步抑制了。再一次，虚线表示没有被楔形标准具 36 所抑制的通带 PB2 的相对增益。

图 5 和图 6 中所示的 0.5nm 栅格间距只代表一个可以与外腔激光器 34 一起使用的通信栅格。栅格标准具 24 可以通过位置、热、声、光、压力和/或者电压控制机构或其他控制机构进行调节，以如上所述地来调谐通信栅格。通过在间隔 0.25nm 的两个位置之间调谐通信栅格，可以从所示的额定的 0.5nm 栅格获得 0.25nm 栅格间距。每次从偶数信道变换到奇数信道，栅格都需要进行重新调谐。一般都是以如上所述的相同方式来对具有楔形标准具 36 的外腔激光器 34 在不同的所选栅格间距处进行调谐。

现在参考图 7，示出了根据本发明的外腔激光器装置 52 的另一个实施例，其中相似的标号表示相似部分。在装置 52 中，增益介质 12 被示为配置有电极 54、56，配置这些电极来穿过增益介质 12 施加来自驱动电流源 58 的电流。驱动电流源 58 可以可操作地耦合到控制器 30 上以允许对穿过增益介质 12 的电流电平进行选择控制。电压传感器可操作地耦合到电极 54、56 中的一个上，并配置来在激光器操作期间监测穿过增益介质 12 的电压调制。电压传感器 60 还可操作地耦合到控制器 30 上。

外腔调谐器元件 62 可操作地耦合到控制器 30 和末端镜 14 上。调谐器

62 可以包括例如步进马达或其他线性致动器设备，配置来定位末端镜 14 以控制末端镜 14 与增益介质 12 的输出平面 18 之间的光腔或者光路长度。编码器 64 也可以与外腔调谐器 62 一起包括进来，以保证末端镜 14 的精确位置调整。或者可以使用单独的控制器（未示出）来控制外腔调谐器 62。

5 在某些实施例中，外腔调谐器 62 可以包括热可调补偿器元件（未示出），该元件被配置来根据从控制器 30 到热电控制器（也没有示出）的光腔调整信号，通过加热或冷却热补偿器元件来定位末端镜 14，所示热电控制器耦合到热可调补偿器元件。发明人为安德鲁·戴贝尔（Andrew Baider）并于 2001 年 3 月 21 日递交的序列号为 No. 09/814,646 的美国专利申请中，以及标题为“对外腔进行主动热调谐的激光器装置（Laser Apparatus with Active Thermal Tuning of External Cavity）”、发明人为马克·赖斯（Mark Rice）等人并与本申请一起递交的序列号 No. 09/900,443 的美国专利申请中，也描述了使用可热控制的补偿器元件来调整外腔激光器中的末端镜和其他光学部件的位置，此处通过引用而结合了这些公开。

15 激光器 52 的外腔光路长度也可以通过增益介质 12 的位置调整而调节，以使得输出平面 18 相对末端镜 14 移动。通过对光电元件（未示出）的电压控制也可以完成外腔调整，具有有效光学厚度的所述光电元件在外腔中并光耦合到外腔，由此可以通过在该光电元件上选择性地施加电压来控制外腔光路长度。在标题为“根据增益介质上的电压对激光器损失的评价和调整（Evaluation and Adjustment of Laser Losses According to Voltage Across Gain Medium）”、发明人为戴贝尔（Daiber）等人并与本申请一起递交的序列号 No. 09/900,426 的美国专利申请中，也描述了将光电元件用于外腔调谐。

25 在外腔激光器 52 的操作中，穿过增益介质 12 的电压由电压传感器 60 监测，并传递给控制器 30。因为来自栅格标准具 24、楔形标准具 36 以及末端镜的光反馈通过输出平面 16 而引入增益介质中，所以当由传感器 60 进行监测时，与栅格标准具 24、楔形标准具 36 以及末端镜相关联的光损失在穿过增益介质 12 的电压中是可检测的。当损失发生时，从控制器 30 所感知的电压中获得误差信号，控制器 30 将按要求向栅格生成器调谐器

32、楔形标准具调谐器 42 和/或外腔调谐器 14 发送相应的补偿信号，以调整栅格标准具 24、楔形标准具 36 以及末端镜 14 来消除误差信号。

在某些实施例中，通过耦合到末端镜 14 或以其他方式与激光器 52 的外腔相关联的高频振动元件（未示出），将频率高频振动形式的信号调制引入到激光器 52 的外腔中。信号调制可以包括例如约 20KHz 的频率调制，并可以通过适当地耦合到末端镜 14 上的压电、光电或声光设备来创建该信号调制。这种方式的激光器外腔的光路长度调制在外腔激光器 62 的输出功率中产生强度变化，由于从外腔到增益介质 12 中的光反馈，这种强度变化是可检测的。这些强度变化将根据外腔模式与通带的中心波长的对准而在幅值和相位误差上发生变化，所述通带是楔形标准具 36 和栅格标准具所界定的。换句话说，调制信号中的强度变化和相位移动提供了评估外腔损失和为外腔光路长度的调整产生相应误差信号的有效途径。因此，控制器 30 将从由频率高频扰动引入的调制中获得误差信号，并向控制器 30 传递补偿信号，控制器 30 相应地指示外腔调谐器 62 通过定位末端镜 14 来调谐外腔。在如上所述且此处通过参考而结合的、标题为“根据增益介质上的电压对激光器损失的评价和调整（Evaluation and Adjustment of Laser Losses According to Voltage Across Gain Medium）”、发明人为戴贝尔（Daiber）等人并与本申请一起递交的序列号 No. 09/900,426 的美国专利申请中，也描述了在误差信号确定和外腔调谐中使用调制信号中的强度变化和相位误差。

虽然通过参考本发明的具体实施例而对本发明进行了描述，对本领域技术人员来说，应当理解在不背离本发明的实质精神和范围的前提下，可以做出各种改变以及用等价方案进行取代。此外，可以对本发明的目的、精神和范围进行许多修改以适应特定的条件、材料、物质成分、工艺、工艺步骤或多个步骤。意于将所有此类修改都包含在所附权利要求的范围内。

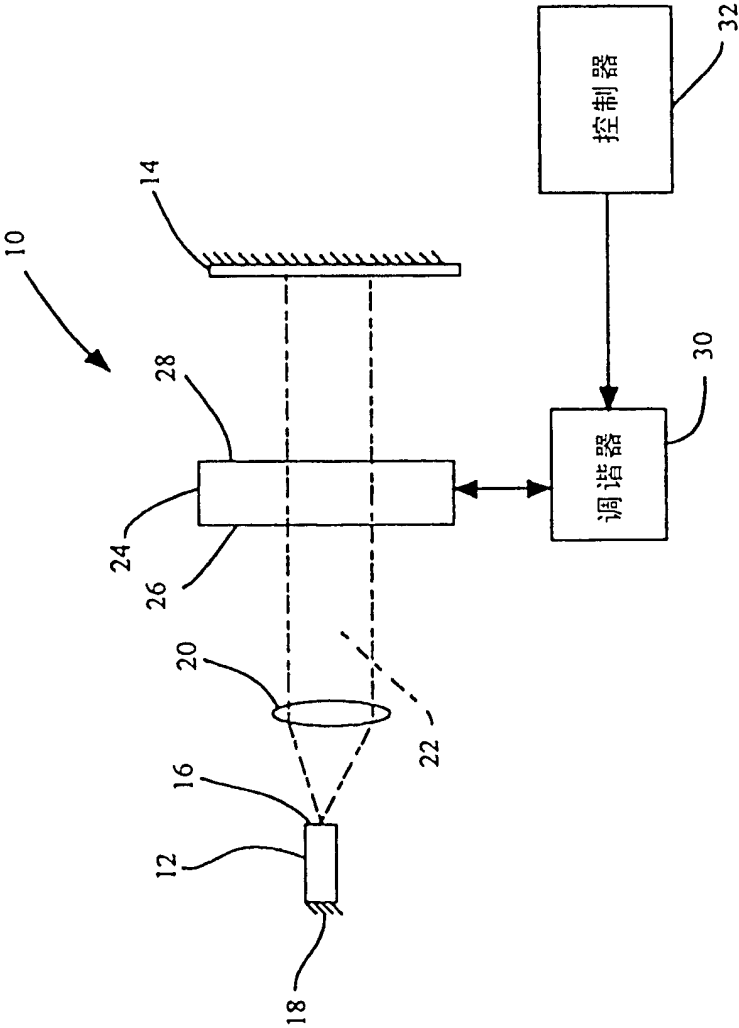


图1

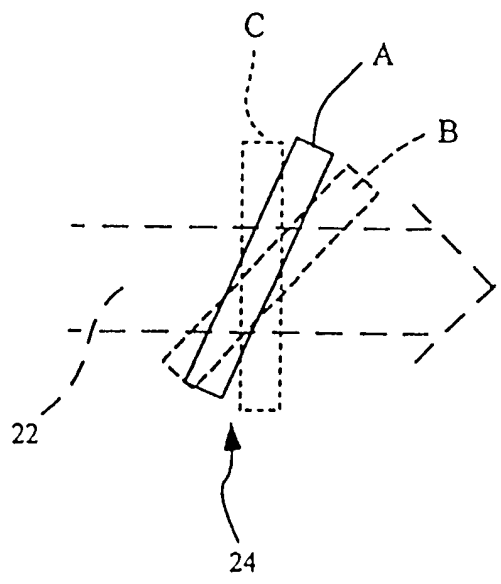


图2

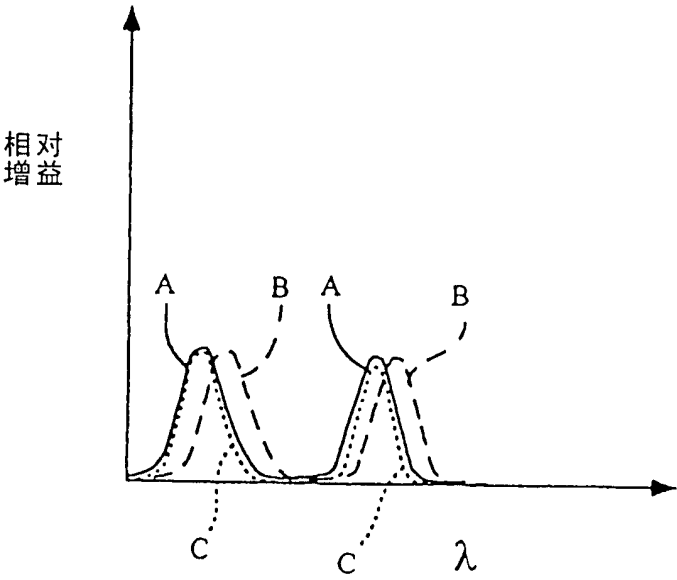
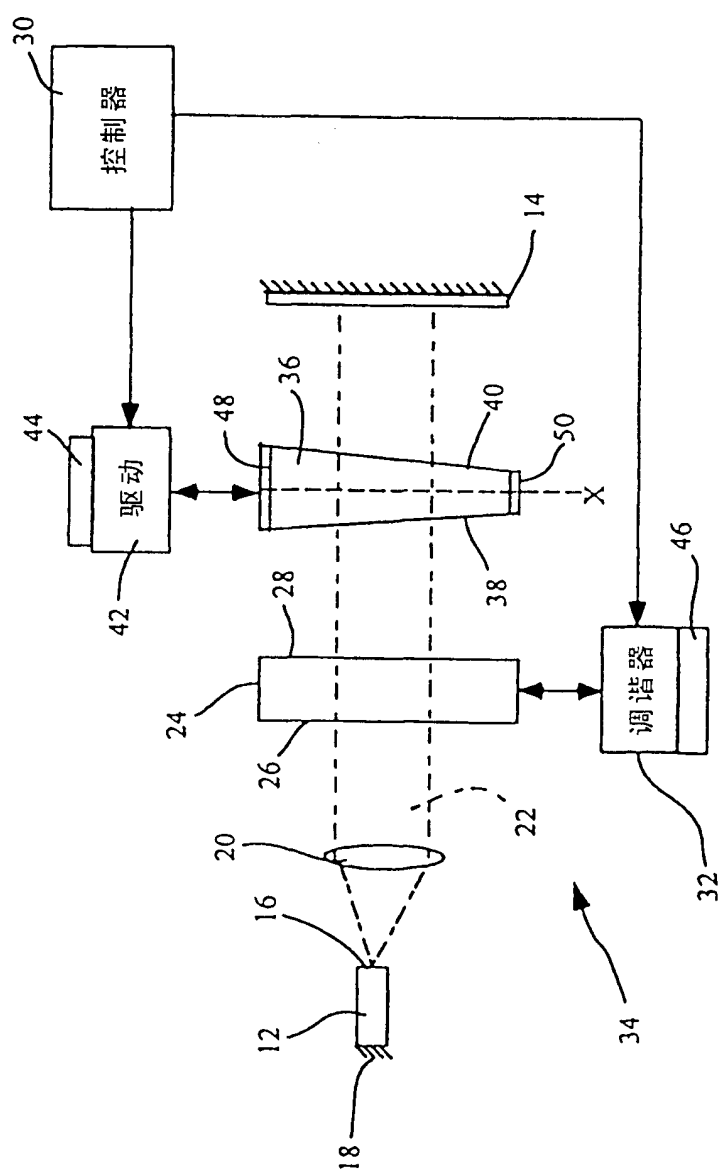


图3



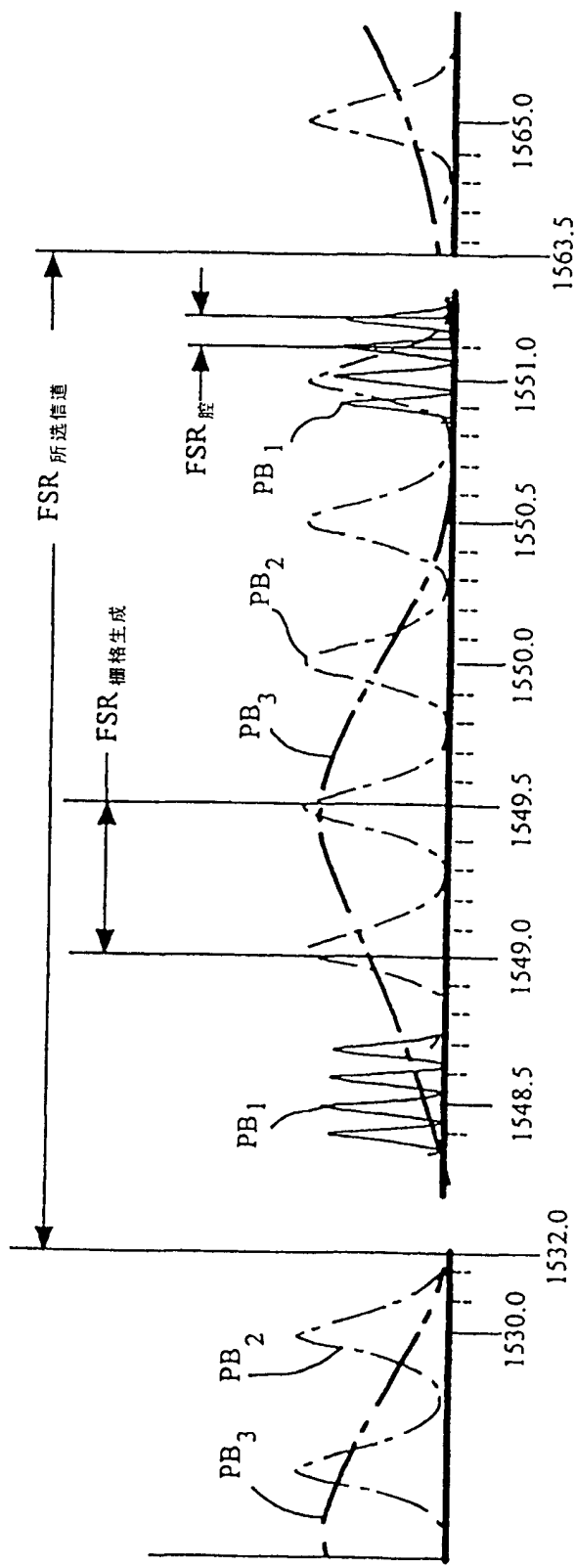


图5A

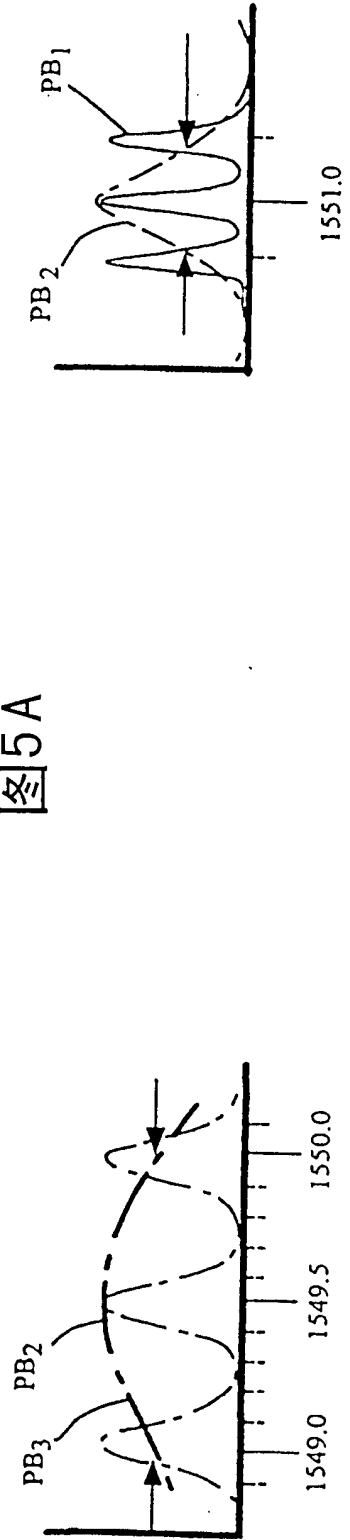
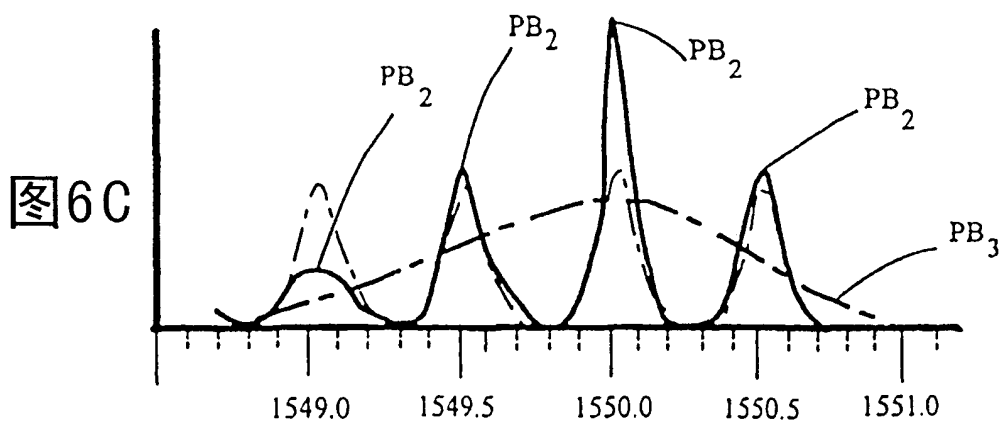
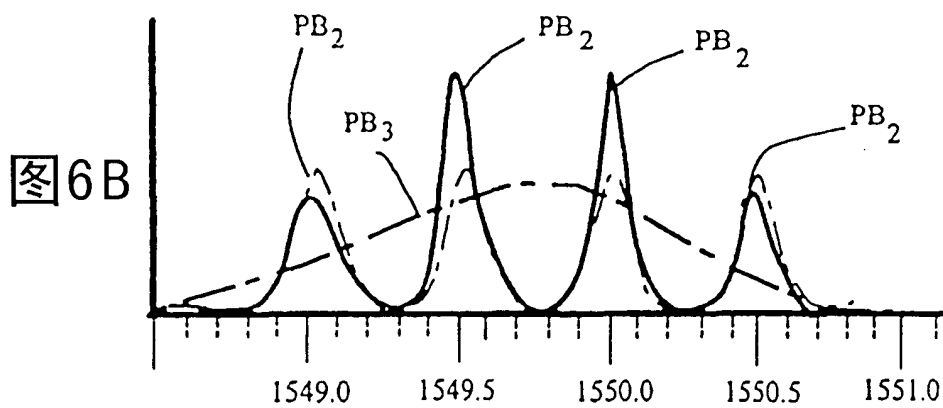
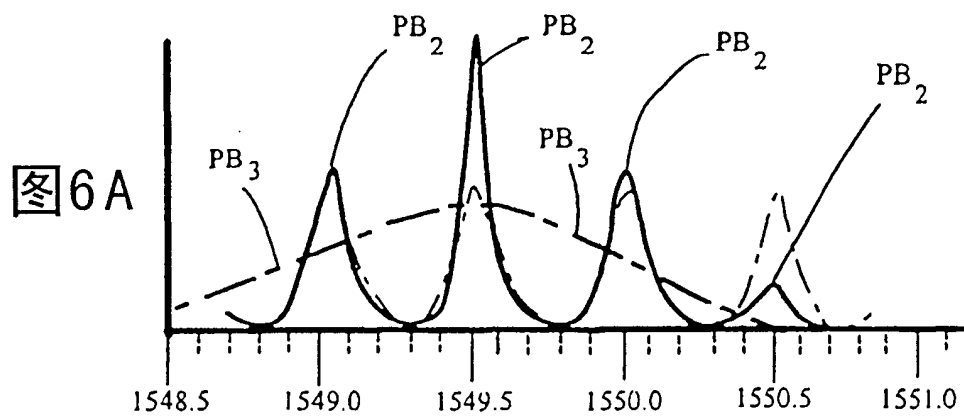


图5B

图5C



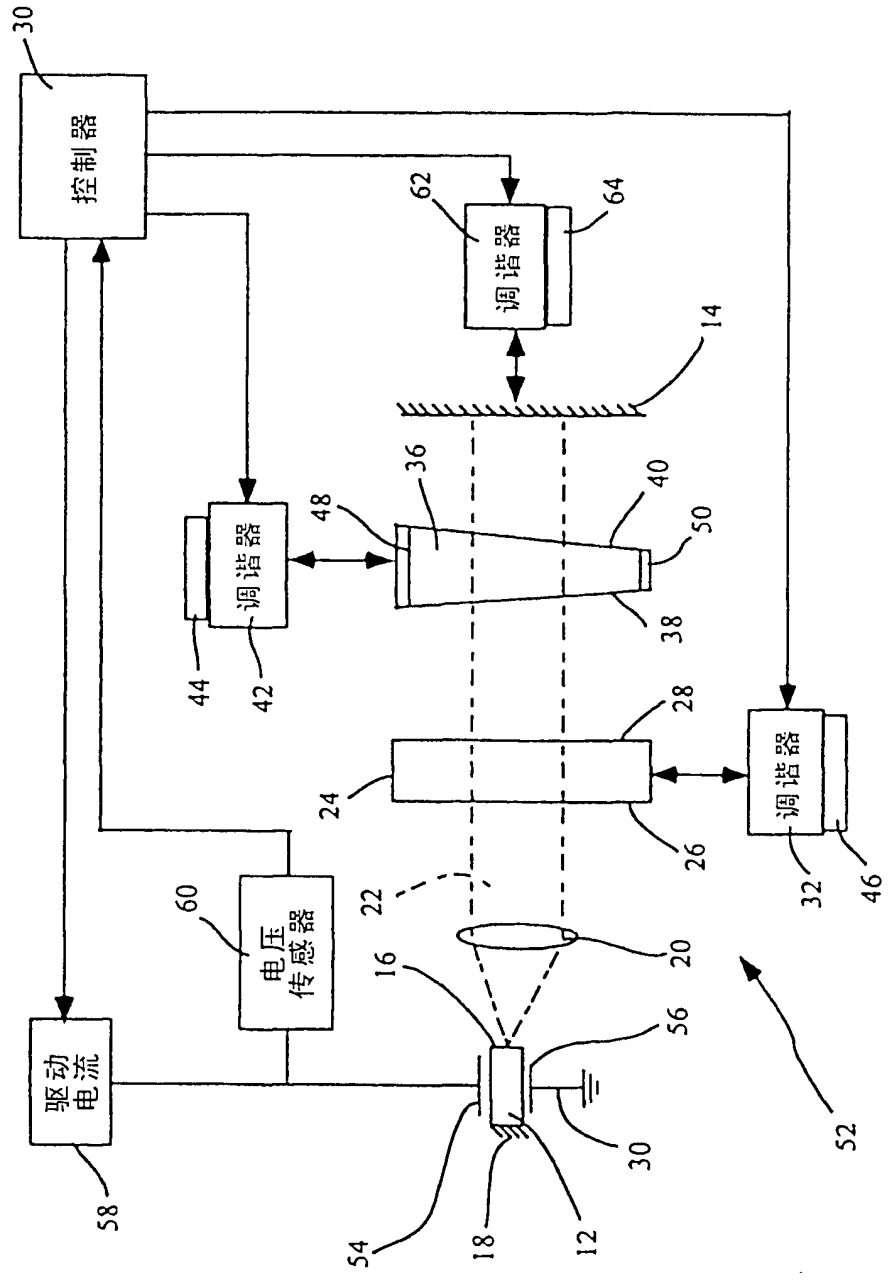


图7