

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 6/16

G02B 6/14



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01816182.0

[43] 公开日 2004年1月7日

[11] 公开号 CN1466696A

[22] 申请日 2001.8.21 [21] 申请号 01816182.0

[30] 优先权

[32] 2000.8.24 [33] US [31] 09/645,723

[86] 国际申请 PCT/US01/26071 2001.8.21

[87] 国际公布 WO02/16979 英 2002.2.28

[85] 进入国家阶段日期 2003.3.24

[71] 申请人 萨比欧斯光学公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 D·斯塔罗杜博夫 D·季希宁

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

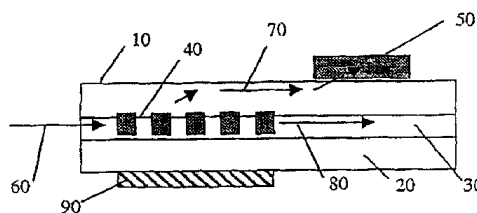
代理人 赵蓉民

权利要求书3页 说明书9页 附图6页

[54] 发明名称 采用包层模式耦合的光纤总线、调制器、检测器以及发射器

[57] 摘要

本发明提供了一种简单的、光纤耦合的、损耗低的并具有波长选择性的半导体部件，其在串级布置时损耗最低，并且其能以一种简单的方式进行连接。



ISSN 1008-4274

1. 一种光学设备，其包括：
光纤，其具有纤芯和包层，该包层支持包层模式的传输；
长周期光栅，用于在该纤芯和该包层之间耦合光；
半导体元件，其连接在该光纤的侧面，在轴向沿着该光纤与该长
5 周期光栅分开一定的距离，从而使该元件具有包层模式的光耦合。
2. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述包层具有用来安装该半导体元件的平面。
3. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述光纤具有多边形断面。
4. 如权利要求 3 所述的设备，其中所述光纤的该平面的数量至少
10 为 4。
5. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述半导体元件与所述光纤表面直接相连从而改变该包层模式的光功率。
6. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述半导体元件用来测量包层模式信号。
- 15 7. 如权利要求 6 所述的设备，其进一步包括一个光源且在所述半导体元件和该光源之间有一个反馈回路。
8. 如权利要求 7 所述的设备，其中所述反馈回路使该光源根据所述光栅的周期所确定的波长来产生所需波谱的光。
9. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述半导体元件包括一个量子
20 井装置。
10. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述半导体元件包括一个放大器，用以接收并放大来自所述包层的光束，并将所放大的光束送进该包层。
11. 如权利要求 1 所述的设备，其进一步包括一个光源和光学校

准元件，用以将光束同时送入所述的光纤的纤芯和包层中。

12. 如权利要求 11 所述的设备，其进一步在所述光纤中包括一个长周期光栅，用以将光束从所述包层耦合到所述纤芯中。

13. 如权利要求 1 所述的设备，其进一步包括一个调谐器，用以
5 改变所述长周期光栅的检测波长。

14. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述半导体元件提供一个指示被检测光束波长的信号。

15. 如权利要求 1 所述的设备，其进一步包括一个布拉格光栅，其在所述纤芯中用作反射器以锁定发射器的波长。

10 16. 如权利要求 1 所述的设备，其进一步包括一个第二长周期光栅，其中所述元件沿轴向布置在各所述长周期光栅之间，且使得光束能从一个光栅到达该元件再到达另一个光栅。

17. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述光栅耦合取决于偏振。

18. 如权利要求 1 所述的设备，其中所述元件是掺铒波导放大器
15 (EWDA) 或掺铒光纤放大器 (EDFA) 的一部分。

19. 一种包括有光纤的设备，其中该光纤具有一个纤芯和一个包层，该包层的侧边数目大于 3，这样该包层就具有平侧面，还有一个半导体元件安装在所述光纤的包层的其中一个平侧面上。

20. 如权利要求 19 所述的设备，其中所述元件包括一个量子井装
20 置。

21. 如权利要求 19 所述的设备，其中所述元件包括一个装置，用于将所接收的光束转换成表示该光束的电信号。

22. 一种光学系统，其包括：

一光源；

25 一光纤，其具有纤芯和包层；

一光栅，其用来将光束从所述纤芯送到所述包层中，从而使光束以包层模式行进；

一芯片，其安装到所述包层，用来将检测的光束转换成一电信号；
以及

- 5 一反馈回路，其将所述芯片与所述光源连接，以根据所述光栅的周期将光束保持在所需的波长上。

23. 如权利要求 22 所述的设备，其中所述光源包括一个激光器，该系统进一步包括光学校准元件，用以将光束从所述光源投射到所述
10 光纤的纤芯上。

采用包层模式耦合的光纤总线、调制器、检测器以及发射器

技术领域

- 5 本发明涉及光纤元件，特别是那些用来放大、调制、发射或检测光纤中光束的光纤元件。

背景技术

10 光纤现已经成为全球电信网的骨架。高速光纤通信系统在单模光纤中采用不同波长的光束来同时传送多信道的信息。这种技术叫波分复用技术（WDM）。尽管因特网用光纤来连接不同的计算机，但大多数计算机仍在半导体芯片中采用电信号来处理、分配信息。为了在计算机之间形成通信，或者是在一台计算机内采用不同波长光信号的各个部件之间形成连接，应找到一种简单便宜的方法来将电信号转换成
15 光纤中特定波长的光信号，反之亦然。

在接收某一光信道时需要采用一种波长选择检测的方法。一种用来检测光纤中行进的光信道的方法是使用塞入 / 取出滤波器（add/drop filter），其后再跟一个端部耦合的半导体检测器。为了测量不同的信道，需要把多个塞入 / 取出滤波器串起来。如果系统中存在许多的光
20 信道如 WDM 系统，每个塞入 / 取出滤波器就会使未取出的信道上形成损失。例如，如果一个塞入 / 取出滤波器的插入损耗为 2dB，那么对于一个 10 信道系统来说，10 个串接的塞入 / 取出滤波器就会给最后一个信道产生 20dB 的损失（即信号损失的系数为 100）。在具有更多信道的系统来说，其中的一些信道会产生更大的功率损失。

25 另一种用来检测多信道系统中单信道的方法要求用波分复用器来分离这些信道。在这种设计中，每一个信道检测器通常都具有自己的光学放大器和带通滤波器来增进信 / 噪比。然而，单模光纤耦合半导体昂贵并难以大量制造。将半导体芯片与很小的纤芯（约 10 微米）对准和封装耗时且成本很高。这些设计和成本上的问题使其很难将 WDM
30 光纤传输应用到局域网上。

为了从光纤的芯模耦合并提取光束，可蚀刻并打磨穿过纤芯的光纤包层（例如可参见美国专利 US5,502,785）。这种方法会削弱光纤的强度，其不具有波长选择性，且加工复杂而要求精细。

可用倾斜的布拉格（Bragg）光栅来将光束从纤芯耦合到特定位置
5 的自由空间中（参见美国专利 US5,042,897）。将一组检测器阵列布置在光纤外精确的位置上就能用作光纤分光光度计。然而，耦合到自由空间会使这种设计不稳定，并且检测器阵列价格很高。

在 Saeki 的美国专利 US5,974,212 中，用倾斜的布拉格光栅来将光束反射到光纤一侧横向光栅的光电探测器上。Saeki 没有用长周期光栅，
10 也没有激励包层模式，此外，光束漏到包层再到光电探测器，该光电探测器必须与光栅校准。这种倾斜的布拉格光栅不是双向的，并且在使用时如果光纤扭弯或者是光电探测器与倾斜布拉格光栅在轴向上没有适当地校准，其会产生与检测器的校准问题。

检测器阵列可紧靠着线性调频的光纤光栅安装以便进行富立叶变换分光测量（参见 M. Froggatt, T. Erdogan, Opt. Lett. 24(14), 942, 1999）。
15 在这种情况下，仍要对昂贵的检测器阵列进行精确的校准。

除了检测纤芯中行进的单波长信道的问题之外，另一个问题是如何将一单波长光束投射到纤芯中。可将激光端部耦合于光纤的纤芯，但这种方法需要在很小的纤芯和激光的发射区域之间实现精确校准。
20 大多数半导体激光器都以约 1×100 微米的椭圆形模式发射光束，因此需要特定的光学元件来将光束整形为出现于纤芯中的直径 10 微米的圆形模式。这类光学元件非常昂贵，并且难于与光纤校准。此外，这类光学元件的校准的长期稳定性是非常重要的问题。

另一个问题是如何放大在光纤中行进的光束。现有采用的是半导体波导放大器，但输入和输出光纤与这类波导之间的校准非常困难，
25 并会产生额外的光损失。另一种方法是采用一段由激光泵浦的掺铒光纤，将其用在掺铒光纤放大器（EDFA）。这种设备现在非常贵。

另一个问题是如何调制在光纤中行进的光束。一种典型方法是调制激光光源，但这种调制会在调制后的光信号上产生所不希望的频率
30 啁啾。另一种方法是用一个例如由铌酸锂晶体形成的外部调制器。然而，这种方法需要将光束从光纤分出，并穿过铌酸锂晶体，然而再次

射入另一根光纤，从而形成不希望的损失。

发明内容

本发明涉及一种简单的、光纤耦合的、低损失的、带有一段光纤的波长选择元件，其能够以最小损失进行设置并以简便方式加以连接，用来检测、放大或对光纤中的光束做其它处理。

一种芯片，例如一种半导体多量子井结构或其它可将光束转换成电信号的结构，其可粘接到光纤的包层上或与之并置。用一个长周期光栅以光谱选择方式而耦合来自纤芯的光束以激励光纤的包层。然后用一个安装在光纤侧壁并与光栅在轴向分开一距离的芯片来检测、放大或调制包层内的光束。可用光纤内的其它长周期光栅来将光束从光纤包层转换回到纤芯中，同时也可附加使用布拉格光栅来反射光束。

该光纤优选具有多边形断面，并且包层至少有一些平面用来将芯片或其它元件安装到光纤上。

因此这种结构满足了骨架通信网和计算机中半导体芯片与光纤之间以波长选择方式连接时所需的简单和可靠的要求。可使用一个或多个芯片来实现若干目的，这包括光束的检测、功率的调整、所需波长变化的检测以及波长的确定。采用长周期光栅来激励包层，芯片在轴向和周向不必与光栅校准，但可在轴向与光栅分开一距离并在周向上有所偏移。

结合下面的说明、附图，本发明的其它特征和优点将会更加清楚。

附图说明

图 1 是具有光周期光纤光栅的波长选择检测器的断面图，其中半导体芯片直接安装在光纤的侧面；

图 2 是图 1 中选择检测器的响应图；

图 3 是安装在光纤侧面的光束传送器的断面图，其用长周期光栅将光束从包层耦合到纤芯中；

图 4 是光纤耦合半导体发射器的剖面图，其端部耦合于光纤的包层中，光栅辅助光束从包层耦合回到光线芯中；

图 5 是本发明芯片的侧视图；

图 6 是一种具有分布式反馈镜和多量子井结构的半导体结构的剖面图，其粘接在光纤的表面以便有效耦合光纤包层中的光束；

图 7 所示为多边形断面的光纤。平的侧面更有助于元件的连接，并可用作发射激光穿过光纤的激光腔；

5 图 8 是一个与平面波导电路相连的光纤的剖面图；

图 9 是一设备的剖面图，其中有一放大器安装在光纤两个长周期光栅的侧面；

图 10 是本发明控制功率和 / 或波长的反馈系统的示意性方框图。

10 具体实施方式

图 1 所示为本发明的一个实施例。光纤 10 具有一个传送光束的包层 20 和一个芯 30。该光纤可以是玻璃光纤，也可由其它合适的材料如聚合物制成。如图所示，长周期光栅 40（即周期约为 10—1000 微米的光栅）形成于芯 30 中，也可形成于包层 20 中，或者形成于芯 30 和包层 20 中，以便在所需的波长上将一些光束 60 从芯 30 谐振耦合到包层 20 中，其中所需波长由光栅 40 中元件间距确定。没有被光栅 40 耦合的光束继续作为光束 80 在芯 30 中行进。因此，光纤 10 可使光束在包层模式下行进，这一点例如可通过将聚合物保护层从光纤上去掉，在包层 20 外侧形成玻璃 / 空气边界来实现。

20 根据本发明，芯片 50 安装在光纤 10 的侧面而与包层 20 形成光学机械接触。该芯片 50 可以是一半导体芯片或者是其它某些平面光学结构如聚合物光导或玻璃光导。

芯片 50 可直接粘接到包层 20 的表面上，或者用透明胶如环氧树脂胶粘在一个与长周期光栅 40 分开一距离的位置上。芯片 50 的周边位置并不重要。可在芯片 50 和包层 20 之间插入一个介电层从而提高两者之间的光学传送性能。应将芯片 50 定位得能使包层 20 中行进的一部分光束 70 至少是部分吸收到芯片 50 中。

30 芯片 50 可提供一个电信号，从而可对光纤 10 的纤芯 30 中通行的原始光束 60 进行所需的波长选择检测。可用调谐元件 90 来改变光栅 40 的谐振波长从而能够检测具有所需波长的光束。该调谐元件例如可包括一个机械系统以便物理地拉伸或加热光纤 10，从而改变光栅 40

的谐振性能。通过构造光纤内光栅的不同模式，长周期光栅的波谱也可设计得具有不同的波谱形状。例如，光栅可具有多个谐振频率以便检测多个波长，或者光栅具有锯齿状波形以便进行精确的波长测量。

光栅 40 的波谱可设计为能使光束在中心频率处通过并能使中心波长两侧的光束从芯反射到包层。（参见 Starodubov 等人所发表的 OFC, 19-98, post-deadline paper PD8）。因此，这类光栅可用来监视纤芯中相对于该中心波长的任何波长偏离。光束波长相对于中心波长的任何偏移都会提高从纤芯到光纤包层的耦合，从而提高芯片 50 所测得的信号。因此在芯片和光源之间用一个简单的反馈电路就能将光束的波长固定到中心波长上。

本发明使用的光栅可以是偏振选择型的（例如，参见 A.S.Kurkov 等人所发表的 Electron.Lett.33(7)6616,1997）。如果纤芯、光纤包层或者光纤光栅偏离于柱形对称结构，那么就优选将一束来自纤芯的偏振光从芯送到包层并在给定的波长范围内送回。

参见图 10，光源 460 采用本发明的检测器来使波长稳定。光源 460 将光束发射到光纤 10 中。检测器 480 如图 1 所述的那样是波长选择型的，其与光纤 10 相连。检测器 480 检测出光源 460 相对于所需波谱的偏离，并通过一个反馈连接 470 将信号发送回光源 460。光源 460 内的控制元件改变光源的输出，直到检测器 480 的信号与所需的波谱匹配。

对波长监测来说，必须能将波长的改变和功率的改变区分开来。在本发明中，两者之间的这种不同可通过使用在光纤弯曲时纤芯与包层之间所产生的几乎对波谱不敏感的耦合来加以检测。来自这样微弯的光纤附近的检测器的信号可与图 1 中所示的波敏检测器一起使用，以校正光信号的功率变化，从而将波长变化与功率变化区别开来。该附加的检测元件可布置在波长选择元件之前或之后。作为选择，可从纤芯（在光纤的尾段或端处）直接提取出信号，当然也可在检测单元之前或之后，然后将该信号用于功率校正。

这种波长选择的光束检测方法可用于多种包括有光纤传感器、解码器和波长仪的设备和系统中。这类侧面与光纤直接耦合的半导体元件可用于 WDM 光纤计算机总线中，这种总线的速度高于当前使用的典型 500MHz 计算机总线速度的 10~1000 倍。这类光纤总线同时还与

现有的光纤连接兼容。计算机处理器或控制器芯片上需要为光纤总线胶连留有一定的空间。计算机总线和光线路连接之间的这种兼容性能显著提高下一代因特网的性能。

图 9 所示的系统中，芯片 50 是一个放大器，用于由包层中光束 70 而放大芯片中光束 71。该设备使用两个长周期光栅 41、42，而将光束从芯转换到包层并从包层转换到芯。芯片 50 沿轴向布置在光栅 41 和 42 之间，使得光束从光栅 41 通到芯片 50 再通到光栅 42。芯片 50 可以是半导体光学放大器。作为选择，芯片 50 可以是一种混合波导放大器如掺铒波导放大器（EWDA），其由半导体激光泵来泵浦。

图 2 所示是如图 1 系统中所示检测器的一例波谱响应曲线。形成这种响应的检测器能使市场可获得的光敏光纤和 100 微米×100 微米的多量子井半导体检测器芯片中具有零色散（apodized）的长周期光栅。将这种芯片粘在 3mm×1mm 的安装点上可形成适当的电接触。所形成的波谱选择性检测器具有大约 1.5nm（约 200GHz）的半最大值全宽（FWHM）。

图 3 所示为图 1 系统将光束从光纤 10 侧面的发光半导体芯片 50 耦合到光纤 10 中的情况。芯片 50 将光束 71 射入光纤包层 20，光束在这里进一步被光周期光栅 40 折入芯 30。布拉格光栅 102，即周期通常为 0.1~2 微秒的短周期光栅将一部分光束 101 折回芯片 50。我们知道，这种反馈回激光芯片的光束能够提高发射光束耦合进纤芯的效率。在布拉格光栅 102 之后，光束 61 继续在纤芯中前进。与图 1 一样，调谐元件 90 同样是用来控制光栅 40 的谐振波长。在给芯片提供电能或光能时，本实施例可用作一个光放大器。这种放大器设计可省略布拉格光栅 102。作为选择，该放大器设计可用两个布拉格光栅来引出在放大器设计波谱范围之外波长上的激光。这种激光操作会钳制放大器的增益。

图 4 所示设备采用了两个半导体芯片，一个长周期光栅 140 和一个布拉格光栅 145。光纤 10 具有包层 120 和 130。长周期光栅 140 将光束从芯 130 耦合到包层 120 中，从而形成包层模式的光束 175。芯 130 中的布拉格光栅 145 将芯 30 中行进的光束 180 反射回来，从而形成反射光束 190。布拉格光栅 145 位于长周期光栅 140 的下游。光检测

芯片 150 和 160 安装在光纤 10 侧面、长周期光栅 140 的两侧。

这些检测芯片 150 和 160 可由半导体或聚合材料制成。波导结构可以用聚酰亚胺或 PMMA（聚甲基异丁烯酸盐）制成的聚合物波导结构。这种波导结构可以是玻璃波导结构如硅玻璃波导。这种波导结构可沉积在半导体基片或集成电路的顶面。作为选择，该波导结构可由光学晶体如铌酸锂构成。

入射到芯 130 的光束 170 被长周期光栅 140 部分转换成包层 120 中的光束 175。光束 175 到达半导体芯片 150 后至少部分吸收到芯片 150 中。通过长周期光栅 140 的光束 180 被布拉格光栅 145 反射形成光束 190。该布拉格光栅反射对波谱具有选择性。通常布拉格光栅的波谱特性要窄于长周期光栅。改变布拉格光栅的参数如长度、周期以及折射系数和模式可以获得所需的反射波谱。反射光束 190 被长周期光栅 140 部分转换到包层 120 中，并被芯片 160 吸收。对芯片 150 和芯片 160 的电信号进行分析就能使这种检测模块形成更多复杂的功能。

例如，采用双光栅可高度精确地确定窄波段光信号的波长。谐振频率较宽的长周期光栅能够确定出射入芯片 150 的光信号的近似波长。而具有多个谐振频率的布拉格光栅则可用检测器 160 测出更准确的波长值。长周期光栅可用来确定出哪一个窄布拉格谐振频率与光信号相匹配。

图 5 所示为一例布置在光纤 10 侧面的半导体结构 220。该半导体结构 220 可用来放大或调制光纤中行进的光信号。该半导体结构 220 与光纤表面 210 紧密接触。这种结构可以是多量子井结构。结构上方可加一个顶层 230 以便反射光束。层 230 例如可以是一种由多个具有不同折射系数的半导体层构成的分布式反馈（DFB）镜。该半导体芯片连接在光纤表面 210 上。这种连接处理包括使芯片和光纤接触加热。高温扩散在半导体和光纤之间形成连接。

实验中，这种连接是在氢气气氛中进行的。对于 InP 基芯片来说，最好的连接温度确定为在 400°C 左右。对于 GaAs 基芯片来说，最好的连接温度确定为在 700°C 左右。可用透光胶来确保光纤和芯片之间形成稳定的接触。

具有 DFB 结构的薄量子井装置可用来调制光纤中传送的光束。同

样的半导体结构能用来将光束射入光纤包层，甚至还可放大在包层中行进的光束。

为了构造出光纤的光源，可将背面具有镜子的半导体结构连接到光纤的一侧从而使所选波长的光束形成光增益。类似的半导体结构或镜子可布置在光纤另一侧与第一半导体结构相同的位置上。这两个结构可形成激光腔，光束在这两者之间来回振荡。光束可由布拉格光栅偏转到纤芯中从而使光束沿着纤芯振荡。

采用类似的结构，可按如下方式构造出光纤包层具有钳制增益的光学放大器。将背面具有镜子半导体结构连接到光纤的一侧从而使所选波长的光束形成增益。将一类似的半导体结构或镜子布置在光纤另一侧与第一半导体结构相同的位置上。这两个结构可形成激光腔，光束在这两者之间来回振荡。这种光束钳制了半导体放大器的增益。在光纤包层中行进的另一光束可由该结构形成增益。

图 6 所示设备在设计上类似于前面提到的设备，其可用来将光束有效地从半导体激光器耦合到光纤 10 的芯 30 中。这种结构适用于将光束从大面积、高功率激光发射器或发光二极管耦合到纤芯很小的光纤中。光学校准元件 270 将光束从发光器 240 投射到光纤表面上并激励光纤 10 的包层。包层 20 通过长周期光栅 40 耦合到光纤 10 的芯 30 中。光束 300 在光纤的芯中行进。纤芯 30 中的布拉格光栅反射器 310 为光源 240 提供光反馈。前面 280 和发射器的输出面 260 可涂上抗反射膜和 / 或具有一布儒斯特角 (Brewster angle) 以免光束反射回光发射器。发射器的后面 250 是一个高反射镜。所形成的输出信号 320 在纤芯中行进。这种设备的一个优点是发射器的光束可耦合到大面积的光纤包层中，而不仅仅是耦合到纤芯中。对于单模光纤来说，当芯径为 10 微米，包层直径为 125 微米时，这种设计可使目标尺寸提高 150 多倍。

光纤的断面可以是圆的，也可以是其它的形状。图 7 所示的光纤具有一个或多个平面 340，从而能够在芯片 50 与光纤的外表面之间形成更好的机械接触。这些平面在对光纤侧壁的光束进行耦合时特别有用。光纤的断面可以是多边形，并且边数大于 3。例如，边数大为包层 20 的多边形光纤在与标准的圆柱形光纤接合时不会有任何损失。光纤

的锐边 350 可通过机械磨蚀或烧磨形成圆角，从而提高光纤的强度。

芯片 50 可以是一个放大器、电吸收调制器或者是 DFB 镜。光纤的侧面可安装多个半导体元件 50，同时用这些元件来放大不同波长的光信号。光纤以及安装在光纤侧壁上的一个或多个芯片 50 组合在一起
5 可用作一个光源，其发射的光束 360 穿过光纤。

图 8 所示为连接到基片上的光纤的剖面图，其中的基片具有一个平面。光纤 370 优选具有多边形断面，其与基片连接。基片 390 可以是半导体，也可以是一种非半导体的光学材料。该基片例如可以是一种玻璃基片，一种光学晶体基片如铌酸锂，或者是一种由几种材料制
10 成的复合基片。

可将几根光纤与一个基片相连。例如可将一个具有多个集成元件的基片与多根光纤相连。基片上的这些元件可用来放大、调制并切换多根光纤中的信号。

可将光纤消细后用于本发明中。这种细化可减少安装所需的基片
15 尺寸，还能改变光束的耦合。

基片 390 可具有光导元件 400。该基片还可带有光栅（图中未示出）以提高所需的耦合。

可在光纤和基片的平面波导之间形成光耦合。具有多边形断面的光纤 370 可安装在基片与平面波导 400 最接近的区域内。该光纤可带
20 有一个光栅以提高纤芯 380 和基片波导元件 400 之间的耦合。该光栅可以是一个形成在纤芯中的长周期光栅。波导 400 可以是半导体激光器的光导区域。波导 400 还可具有一个周期元件（图中未示出）以提高所需的光纤耦合。

该基片可组合有光学元件和电器元件。例如在一个具有处理器的
25 半导体基片上还可装一个收发器，将光纤与该收发器相连就能与光纤网络直接相连。

尽管上述说明中包含了许多特征，但这些特征仅是用于说明本发明的优选实施例，并不用来限制本发明的保护范围。本发明的保护范围由权利要求书限定。

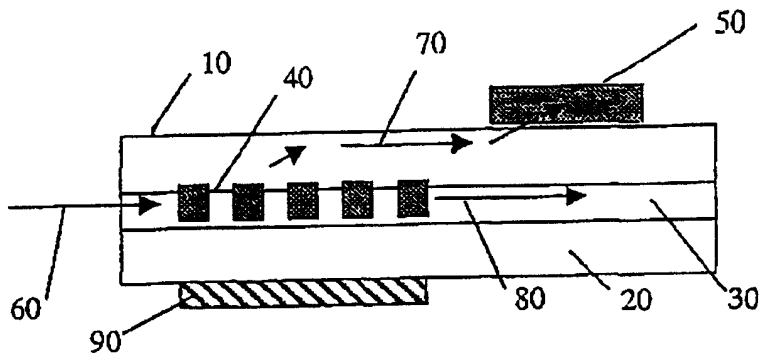


图1

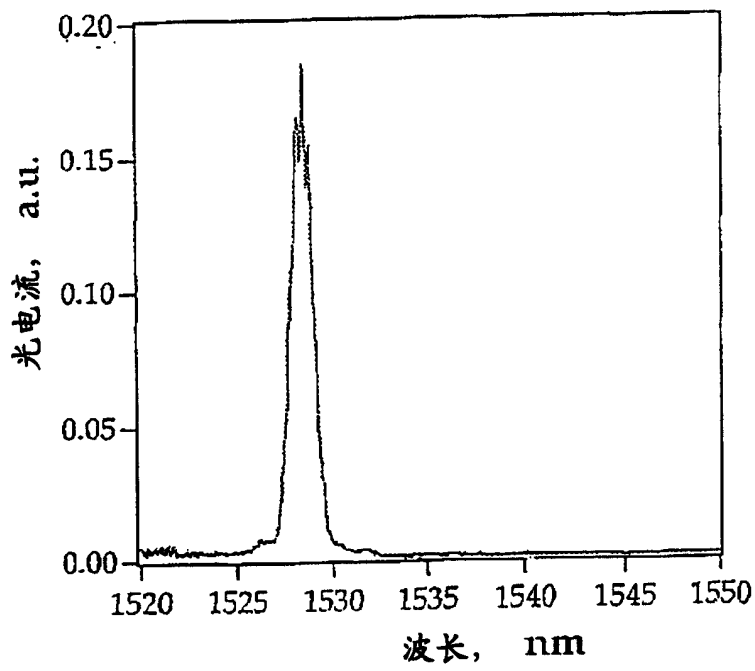


图2

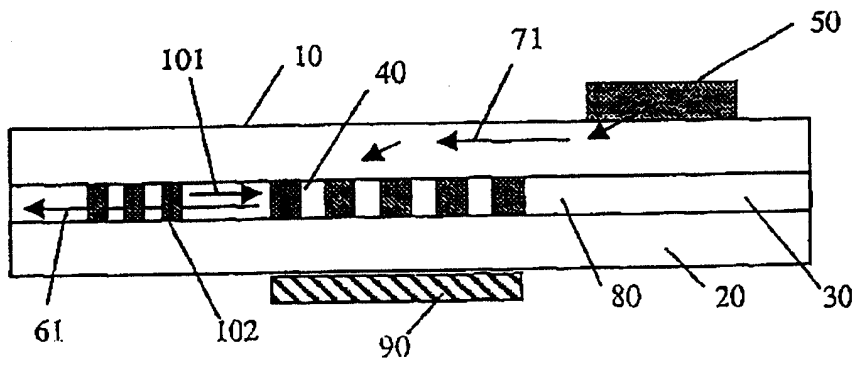


图3

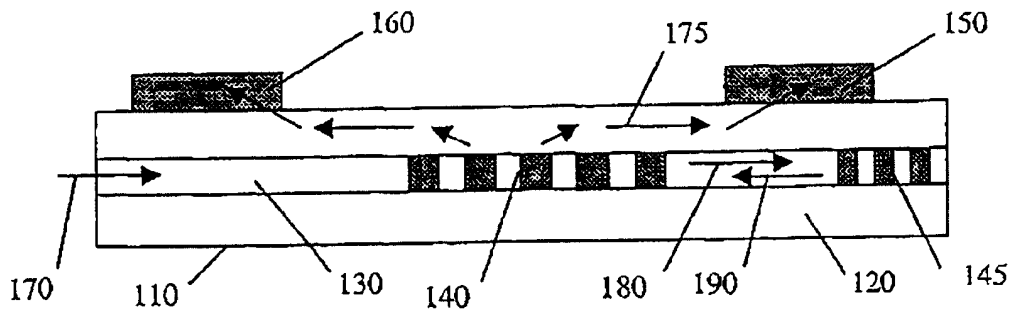


图4

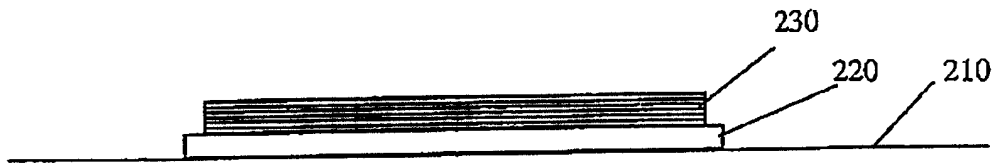


图5

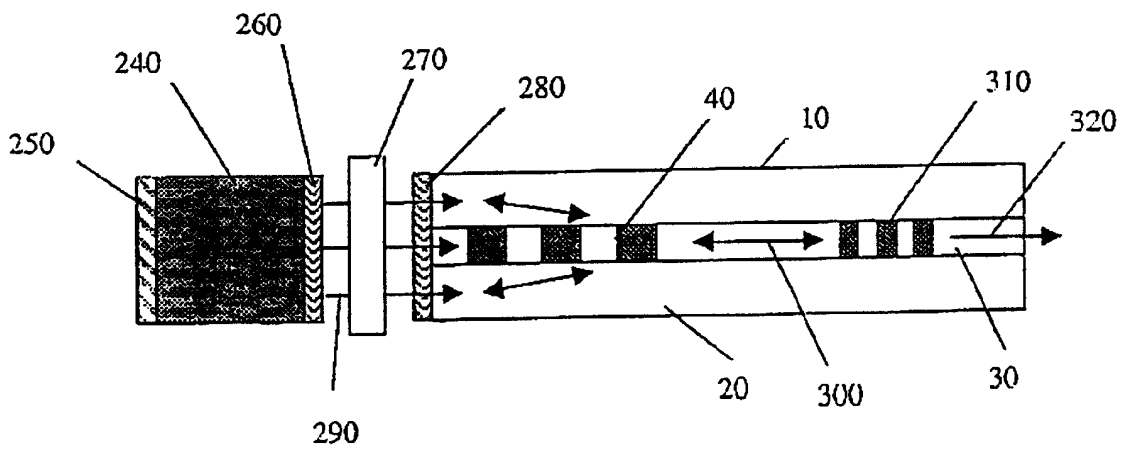


图6

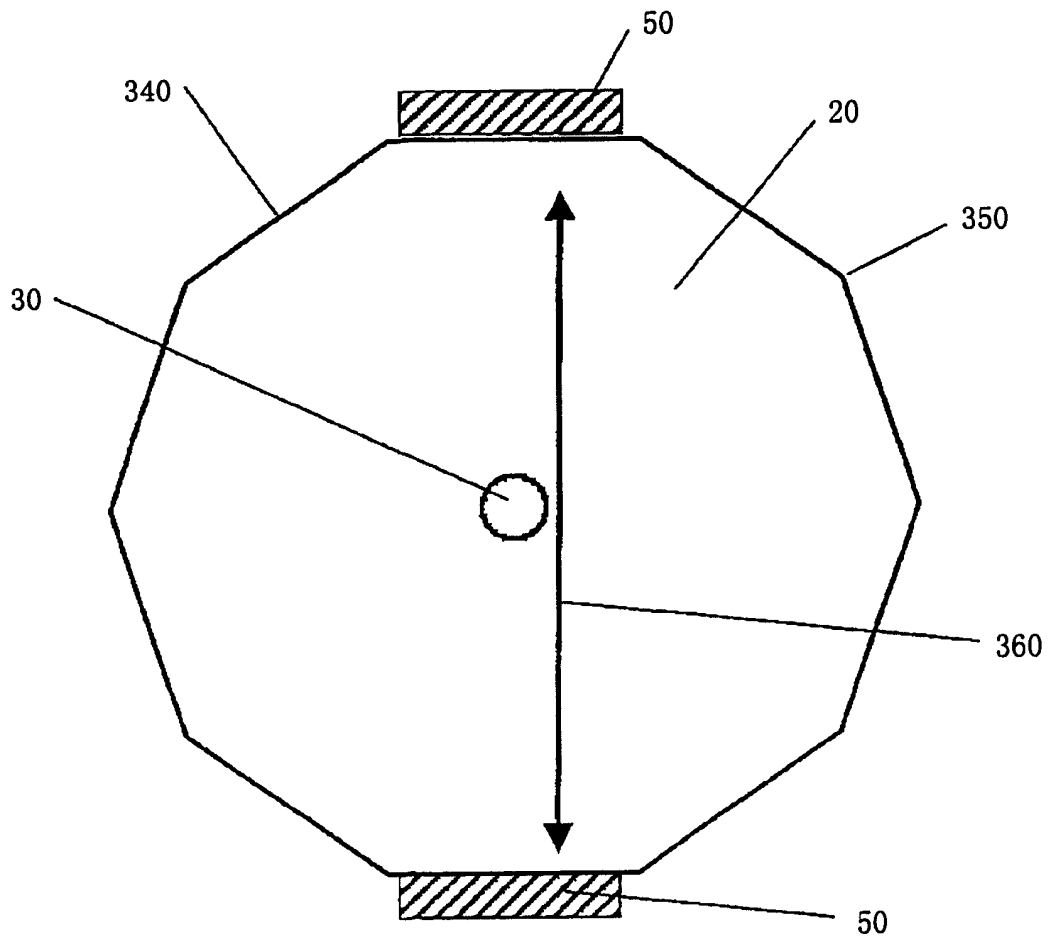


图7

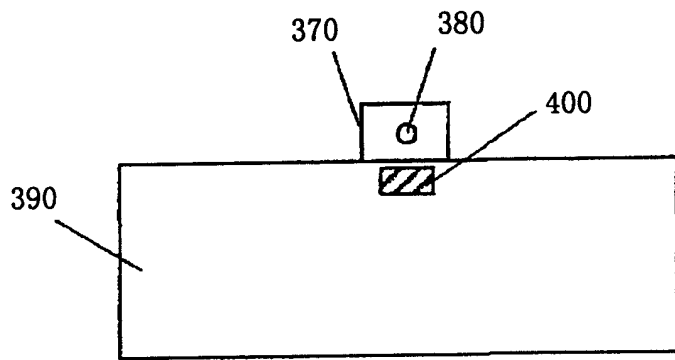


图8

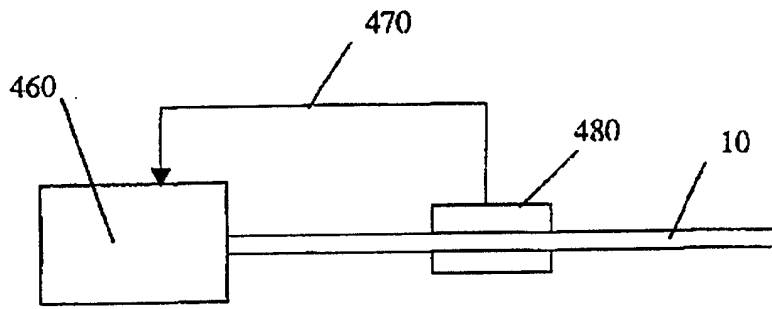


图10

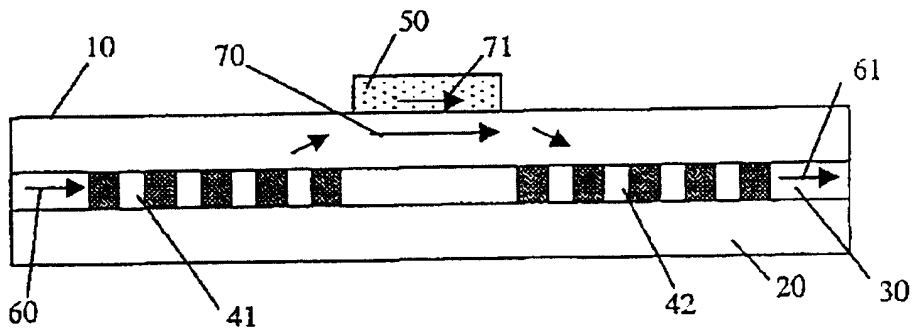


图9