

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310101501.0

G02B 6/10 (2006.01)
G02B 6/35 (2006.01)
G02B 6/26 (2006.01)
H04J 14/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007年3月7日

[11] 授权公告号 CN 1303442C

[22] 申请日 2003.10.1

[21] 申请号 200310101501.0

[30] 优先权

[32] 2003. 2. 4 [33] JP [31] 026614/2003

[73] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县川崎市

[72] 发明人 田渊晴彦 成瀬晃和 寺田浩二
柴田康平

[56] 参考文献

US20020118912A1 2002. 8. 29

CN1392961A 2003. 1. 22

CN1373379A 2002. 10. 9

CN1391116A 2003. 1. 15

US4923270A 1990. 5. 8

JP2000 - 214392A 2000. 8. 4

审查员 郑颖

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李辉

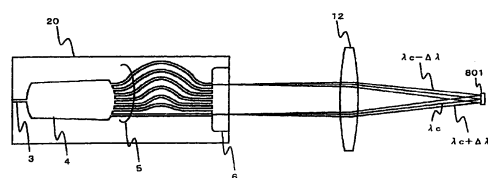
权利要求书3页 说明书52页 附图49页

[54] 发明名称

在基板上具有平板波导和信道波导的光学设备

[57] 摘要

一种光学设备，例如用于插入/分离复用器，动态增益均衡器或光功率监测器中。该光学设备包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的第一平板波导；(c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导，从第一平板波导输出的光输入到信道波导中；和(d) 位于基板上的第二平板波导，从信道波导输出的光输入到第二平板波导中。第二平板波导的端面与基板的端面同处一个面。该光学设备具有低损耗特性。



1. 一种在基板上具有平板波导和信道波导的光学设备，包括：
基板；

位于基板上的平板波导；

位于基板上的不同长度的多个信道波导，从平板波导输出的光输入到信道波导中，其中，这些信道波导的端部纵向相互平行，并且这些信道波导的末端在基板上排成一条直线。

2. 根据权利要求1的设备，其中，波分复用光输入到平板波导，穿过平板波导之后输入到信道波导中，信道波导分别具有不同的光径长度，从而根据波分复用光中的各个波长在从信道波导输出的光中产生角度色散。

3. 根据权利要求1所述的设备，其特征在于，输入到平板波导中的光穿过平板波导输入到信道波导中，其中，波分复用光输入到平板波导中，再穿过平板波导输入到不同长度的多个信道波导中，不同长度的信道波导分别具有不同的光径长度，从而波分复用光中不同波长的光根据波长而分别在不同的方向上从基板的端面产生角度色散，并且

该设备还具有会聚设备，其在角度色散光的方向上与所述基板分开，将不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置上。

4. 根据权利要求3的设备，其中，该设备进一步包括：

反射设备，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处。

5. 根据权利要求3的设备，其中，该设备进一步包括：

反射表面，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处，反射表面可以电动地倾斜以改变对应于所述各个波长的信道中的波长入射在该反射表面上的位置。

6. 根据权利要求3的设备，其中，该设备进一步包括：

光电转换设备，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处。

7. 一种在基板上具有平板波导和信道波导的光学设备，包括：
基板；

位于基板上的第一平板波导；

位于基板上的不同长度的多个信道波导，从第一平板波导输出的光输入到信道波导中，其中，这些信道波导的端部纵向相互平行；和

位于基板上的第二平板波导，从信道波导输出的光输入到第二平板波导中，其中信道波导和第二平板波导之间的边界形成一条直线。

8. 根据权利要求7的设备，其中，波分复用光输入到第一平板波导，穿过第一平板波导之后输入到信道波导中，再穿过信道波导之后输入到第二平板波导中，信道波导分别具有不同的光径长度，从而根据波分复用光中的各个波长在从信道波导输出的光中产生角度色散。

9. 根据权利要求8的设备，其中，该设备进一步包括：

会聚设备，其在角度色散光的方向上与所述基板分开，将不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置；和

反射设备，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处。

10. 根据权利要求8的设备，其中，该设备进一步包括：

会聚设备，其在角度色散光的方向上与所述基板分开，将不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置；和

反射表面，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处，反射表面可以电动地倾斜以改变对应于所述各个波长的信道中的波长入射在该反射表面上的位置。

11. 根据权利要求8的设备，其中，该设备进一步包括：

会聚设备，其在角度色散光的方向上与所述基板分开，将不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置上；和

光电转换设备，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处。

12. 根据权利要求8的设备，进一步包括：

位于第二平板波导内的会聚设备，该会聚设备将不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置上。

13. 根据权利要求12的设备，进一步包括：

反射设备，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处。

14. 根据权利要求12的设备，进一步包括：

反射表面，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处，反射表面可以电动地倾斜以改变对应于所述各个波长的信道中的波长入射在该反射表面上的位置。

15. 根据权利要求 12 的设备，进一步包括：

光电转换设备，位于各个波长的角度色散光所会聚的位置处。

在基板上具有平板波导和信道波导的光学设备

本申请要求 2003 年 2 月 4 日提出的日本专利申请 2003-026614 的优先权，在此全文引入作为参考。

技术领域

本发明涉及在波分复用 (Wavelength Division Multiplexing, WDM) 系统中实现各个波长的信号通路交换和光输出功率调节的光信号处理。具体而言，涉及一种光学功能设备，其利用平面光导，将插入 (add) 和分离 (drop) 特定波长的信号、调节和监测各个波长的光输出功率、以及各个波长的波长色散 (wavelength dispersion) 补偿所须的部件集成在一起并使之最小化。

背景技术

近年来，WDM 系统飞速发展以适应数据业务的增长。这些系统基本上是点对点系统。然而，随着 WDM 系统连成网络的大规模光学网络的发展，为了通过 WDM 系统的高效操作而降低操作成本，将来需要有作为光分插复用 (OADM, Optical Add/Drop Multiplexing) 设备进行操作的波长选择交换器 (wavelength selective switch) 那样的光学功能设备。OADM 用于插入和分离特定波长的光信号。同时也需要这种光学功能设备提供各个波长的光输出功率调节和监测以及各个波长的波长色散补偿。

图 1 是在 WDM 系统中使用波长选择交换器的示例。

在图 1 中，波分复用光在站点 M，站点 N 和站点 O (标号分别是 1000, 1002 和 1004) 的方向上传播。配备有波长选择交换器 1008 的 OADM 节点 1006 位于站点 N 上。

在如图 1 所示的系统中，对应于各个波长 $\lambda_1 - \lambda_5$ 的光信号 $\lambda_1(a) - \lambda_5(a)$ 包含在站点 M 出来的波分复用光中。

在站点 N，进行上述光信号中具有所需波长的光信号的插入和分离。

图中的示例显示了一种情形，即具有波长 λ_2 和 λ_4 的光信号 $\lambda_2(a)$ 和 $\lambda_4(a)$ 分别输出至 DROP 端口，具有相同波长 λ_2 和 λ_4 的光信号 $\lambda_2(b)$ 和 $\lambda_4(b)$ 分别插入至下一个站点（站点 0）方向上的 OUT 端口。

具体而言，来自站点 M 的波分复用光输入至站点 N 的波长选择交换器的 IN 端口。波长选择交换器把所需的光信号 $\lambda_2(a)$ 和 $\lambda_4(a)$ 输出至 DROP 端口。同时，所插入的光信号 $\lambda_2(b)$ 和 $\lambda_4(b)$ 由 ADD 端口输入至波长选择交换器中，并输出至站点 0 方向的 OUT 端口。因此，具有光信号 $\lambda_1(a)$ 、 $\lambda_2(b)$ 、 $\lambda_3(a)$ 、 $\lambda_4(b)$ 和 $\lambda_5(a)$ 的波分复用光输出到了站点 0。

这样，这个示例中波长选择交换器分离出输入的波分复用光中所需波长的光信号，插入不同于所分离的光信号但位于相同波长的光信号。

图 2 是传统的波长选择交换器的第一个示例，包括具有反射镜 1012 和 1014 的微机电系统 (MEMS, Micro Electro-Mechanical system) 1010。该波长选择交换器还包括透镜 1016 和衍射光栅 1018。通常地，MEMS 是对反射镜角度进行电控制的机械光交换器。

在图 2 中，波长选择交换器具有这样的配置：从 IN 端口和 ADD 端口进来的波长复用平行光通过衍射光栅而分离为各个波长。MEMS 反射镜位于所有波长会聚的位置处。

根据相应 MEMS 反射镜的角度，从 IN 端口进来的各个波长的光或者输出至 OUT 端口，或者由 DROP 端口输出。

从 ADD 端口进来的与从 DROP 端口输出的光具有相同波长的光与从 IN 端口进来的光进行波长复用，朝向 OUT 端口，并且从 OUT 端口输出。

图 3 是传统的使用阵列波导光栅 (AWG) 1020 和 1022、衍射光栅 1024 和 1026、和 MEMS 反射镜 1028 的波长选择交换器的第二个示例。图 3 也显示了光环行器 1030 和 1031，以及透镜 1032, 1033, 1034, 1036, 1037 和 1038。

从 IN 端口和 ADD 端口进来的波长复用光分别被第一 AWG 1020 和第二 AWG 1022 分路为包含多个波长的波长组。它们进一步分别被第一衍射光栅 1024 和第二衍射光栅 1026 分路为各个波长组内的各个波长，再送

往对应于各个波长的 MEMS 反射镜。

MEMS 反射镜配置为：可以通过改变它们的倾斜角度来控制将来自第一 AWG 的光信号返回至第一 AWG（状态 1）或将其送至第二 AWG（状态 2）。

对于 MEMS 反射镜处于状态 1 的光路，从 IN 端口进来的具有适当波长的光信号被 MEMS 反射镜反射，并通过第一衍射光栅返回至第一 AWG。因此，它们被包含在了经过光环行器 1030 且从 PASS 端口（相当于前述的 OUT 端口）输出的波分复用光中。

另一方面，对于 MEMS 反射镜处于状态 2 的光路，第一 AWG 和第二 AWG 处于光学连接状态，从 IN 端口进来的具有适当波长的光信号通过第二衍射光栅而包含在了通过第二 AWG 和光环行器 1031 的波分复用光中，并从 DROP 端口输出。而且，从 ADD 端口送进的具有适当波长的光信号通过第一衍射光栅、第一 AWG 和光环行器 1030 而被包含在了从 PASS 端口输出的波分复用光中。

这样，本设备能通过波长选择交换器插入和分离特定波长的光。

其中，波长选择交换器包括：波长分路滤波器，将波分复用光分解为各个波长；光交换器，用于切换分路光的路径；波长组合滤波器，用于在路径切换后组合各个波长的光。

此外，使用具有相同构造的滤波器作为波长分路滤波器和波长组合滤波器，因此，这样的波长分路滤波器和波长组合滤波器此后称为波长组合/分路滤波器。

图 4 是传统波长选择交换器的第三个示例。

其中，如图 4 所示的设备是包含光导的波长选择交换器，并且在下面的叙述中，这种类型的设备被称为波导型波长选择交换器。与此相反，如图 2 所示的包括衍射光栅，透镜，MEMS 反射镜等的波长选择交换器被称为空间连接型波长选择交换器。

图 4 的波导型波长选择交换器使用 AWG 作为波长分路滤波器 1a 和波长复用滤波器 1b，并且使用利用热光效应的 Mach-Zehnder 干涉仪型波导交换器作为光交换器 2（这在后面被称为热光效应型波导交换器）。图 4 显示了该设备的平板基板 100，纤芯 202 和包覆层 201。

其中，如图 2 所示的空间连接型波长选择交换器具有如此特点，例如，它们使用自由空间衍射光栅作为波长组合/分路滤波器，使用机械交换器（例如 MEMS）进行光路交换，使用自由空间光学系统进行光学功能部件之间的光学耦合。

另一方面，图 4 所示的波导型波长选择交换器具有如此特点，例如，它们把由平面光导构成的部件整体地集成在一起，它们使用 AWG 作为波长组合/分路滤波器，使用热光效应型波导交换器进行光路交换，使用波导进行光学功能部件之间的光学耦合。

对于图 2 所示的第一个传统示例，很难实现 WDM 系统所需的高分辨率和小型化。

为了提高衍射光栅的分辨率，有必要增大进入衍射光栅的光束直径，设备的尺寸也因此而增大。衍射光栅的分辨率用 N_m 表示（ N ：光束照射区域内的光栅数目； m ：衍射级）。假设进入衍射光栅的入射角与衍射光栅主平面的法线垂直且反射角为 θ ，则衍射光栅的分辨率 $\lambda/d\lambda$ 如下式（1）所示。

$$\lambda/d\lambda = Nm = N(a \cdot \sin \theta / \lambda) \quad \text{公式(1)}$$

其中， a 是衍射光栅的栅线之间的间隔， λ 是光的波长。

其中，当 $\theta = 15^\circ$ 和 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 时，可以用下式（2）。

$$\lambda/d\lambda = Na/5.99 \mu\text{m} \quad \text{公式(2)}$$

其中，如果反射镜之间的间距设为 $p_m = 500 \mu\text{m}$ 并且反射镜反射表面上的光束直径设为 $D_m = 100 \mu\text{m}$ ，为了适应第一个传统示例结构中光波长在 $1.55 \mu\text{m}$ 光谱范围内且波长间隔为 0.8nm 的 WDM 系统，分辨率：

$$\lambda/d\lambda = 1.55 \mu\text{m}/0.8\text{nm} \cdot p_m/D_m \quad \text{公式(3)}$$

$$\approx 10,000$$

是必需的。使用公式（2），衍射光栅处的光束直径 D_g 变大，表示为：
 $D_g = Na = \lambda/d\lambda \cdot 5.99 \mu\text{m} = 6\text{cm}$ 。

因此，设备内的组合/分路滤波器的宽度必须至少为 6cm ，使得整个波长选择交换器需要更大的宽度。

如图 4 所示，波导型波长选择交换器形成在平板基板上，因此很薄。

因为通常使用的是大约为 1mm 厚的平板基板，器件本身非常薄。因此，可以减小封装在保护壳内之后整个设备的厚度。与此相反，如前面所陈述的，很难使空间连接型波长选择交换器中使用的衍射光栅和透镜变薄，因此存在整个设备的厚度增大的问题。

此外，空间连接型波长选择交换器需要在五个轴方向上精确对准和固定透镜，这五个方向是：垂直于光轴的两个轴的方向，光轴方向和相互正交的两个轴方向，即偏移和间距或角度。对于透镜之外的光学部件，除了上述五个轴之外，还需要在第六个旋转方向的轴上精确对准和固定各个部件。因此，与波导型波长选择交换器相比存在装配难的问题。

图 3 所示的第二个传统示例中的透镜和衍射光栅具有同样的问题。

另一方面，对于使用 AWG 的第二个和第三个传统示例，用作波长组合/分路滤波器的 AWG 部件可以比第一个传统示例中的衍射光栅设计的更紧凑。

因此，有可能使波长选择交换器比第一个传统示例的更小一些，但是光信号每通过一次，具有如图 4 所示结构的 AWG 的插入损耗大约是 3dB。在第二个和第三个传统示例中，各个波长的光信号通过 AWG 两次（一次在分路时，一次在复用时），因此实际上 AWG 的插入损耗有大约 6dB 之大。这样高的插入损耗是个问题。

以下会解释在第二个和第三个传统示例的结构中 AWG 的插入损耗变大的原因。

图 5 是传统的 AWG 的框图。

在图 5 中，传统的 AWG 包括输入波导 3，输入平板波导 4，包括多个信道波导（channel waveguide）的信道波导阵列 5，输出平板波导 6，和多个输出信道波导 610。

输入波导 3 用于将来自波导端面 203 的输入光引导至输入平板波导 4，输入平板波导 4 用于将输入光分配到信道波导阵列 5 中。

输入平板波导 4 在平行于图 5 页面的方向上延伸，当光从输入波导 3 进入输入平板波导 4 时，它会自由扩张和传播而不会局限在图 5 页面的平行方向上。

为了使在平行于页面的方向上自由传播通过输入平板波导 4 的光传播至信道波导阵列 5 并进行光学耦合，把输入光的功率分配到组成信道波导阵列 5 的所有信道波导中。

信道波导阵列 5 用于给通过这里的光提供相移，其形成为相邻波导的有效光径长度之间的差值是固定的。

因此，当光从与输入平板波导 4 的界面通过信道波导阵列 5 传播至与输出平板波导 6 的界面时，产生了与各个信道波导内的光的波长相对应的相移。这个相移会引起下面叙述的分光效应。

输出平板波导 6 用于自由传播和干涉从信道波导阵列 5 输出的光。

当相同相位的光从组成信道波导阵列 5 的各个信道波导输出时，给定波长的光会聚在输出平板波导与图 5 中输出信道波导 610 的垂直中心处的波导的交界处。

这是因为信道波导阵列 5 和输出平板波导 6 之间的边界以光会聚的位置为中心形成了一个圆弧，离开各个信道波导的光直接进入了这个圆弧的中心，也就是，输出信道波导 610 的中心位于垂直方向的中心区域内。此时的波长称为中心波长。

在光的波长比中心波长短的情况下，从信道波导阵列 5 输出的光的相位向图的底部移动，会聚在从各个信道波导输出的光的相位相等的位置处（这在后面称为同相位波面 (equal phase front)），它们越移动至图的底部，它们的位置就越靠右面。这是相位超前的状态。因此，比中心波长短的光相对集中在顶部。

相反，当光的波长比中心波长长时，从信道波导输出的光的相位向图的顶部移动，因此，它们相对集中在底部。

这样，在连接输出平板波导 6 和输出信道波导 610 之间边界的线 611 上，分光和转化实现了顶部形成短波长，底部形成长波长的连续光谱。而且，连接输出平板波导 6 和输出信道波导 610 之间边界的线 611 形成圆弧。

输出信道波导 610 用于只截取会聚在圆弧 611 上的连续光谱中的特定波段的光，并将其引导至波导端面 204，它们包含多个信道波导。如前

所述，圆弧 611 上的位置不同，所截取的光的波段也不同。

圆弧 611 上输出信道波导 610 之间的间距与输出光的波长成正比。因此，如果输出信道波导在圆弧 611 上以等间隔排列，则被截取和输出的光的波长间隔也变得相等。而且，通过调节输出信道波导之间的间距，可以调节输出光的波长间隔。

另外，前面提到的 AWG 的结构及其分光原理在文献“Meint K. Smit and Cor van Dam, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, VOL. 2, pp. 236-250(1996).”中有描述。

图 6 是解释在输出信道波导部分中的光强度分布的示意图。

图 6 (a) 是图 5 中 A 部分的放大图，图 6 (b) 是图 6 (a) 中 B 部分的放大图。

如图 6 (a) 所示，会聚在圆弧 611 上的光具有中心区域（如 612 所示）强，向边缘处迅速减弱的强度分布。

例如，假设输入白色光，612 所示的光强度分布是波长 λ_c 的强度分布，那么具有稍短波长 ($\lambda_c - \Delta \lambda$) 的光和具有稍长波长 ($\lambda_c + \Delta \lambda$) 的光具有相同的强度分布。在入射光是白色光的情况下，这种强度分布的光连续地排列。

此时，关注与输出信道波导的耦合效率，由于输出信道波导和光轴一致，所以具有波长 λ_c 的光可以高效地形成耦合。与此相反，由于输出信道波导和光轴不在一条直线上，具有波长 ($\lambda_c - \Delta \lambda$) 的光或具有波长 ($\lambda_c + \Delta \lambda$) 的光的耦合效率就会降低，而且随着波长偏离 λ_c 越远，耦合效率越小。

这种情况下的耦合与高斯光束耦合 (Gauss beam coupling) 大体相似。

图 7 显示了此时与输出信道波导输出的光波长相对应的损耗。这是一个由输出信道波导输出的光强度图，水平轴为波长，垂直轴为强度（这与信道波导输出的光谱相同），其形状为高斯曲线 (Gaussian)。

但是，在通信系统中，希望端部大致是平的传输特性（以后称为平顶型）。这是因为希望即使构成波分复用光的各个波长由于环境条件的变

化而在给定光谱范围内变化时，损耗也保持大致相等。

这里，将解释实现平顶型传输特性的传统技术。

图 8 是实现平顶型传输特性的传统的结构示例。

在图 8 中，加宽部分 301（多模波导部分）位于输入波导 3 和输入平板波导 4 的边界上，这会实现光谱的平顶。光强度分布在输入波导的加宽部分 301 会变成双尖峰（后面称为“双尖峰模式”）。

图 9 是一个描述对应于图 8 的输出信道波导部分的光强度分布的示意图。图 9（a）是图 8 中 A 部分的放大图，图 9（b）是图 9（a）中 B 部分的放大图。

当进入输入平板波导中的光进入双尖峰模式时，会聚在输出信道波导 610 上的光强度分布 612 也进入双尖峰模式，如图 9（a）所示。换一句话说，进入输入平板波导中的光的强度分布形状和会聚在输出信道波导上的光的强度分布形状是一样的。

图 9（b）显示了具有波长 λ_c 的光、具有稍短波长 $(\lambda_c - \Delta\lambda)$ 的光和具有稍长波长 $(\lambda_c + \Delta\lambda)$ 的光的光强度分布。当入射光是白光时，它们形成相同的形状。

如果调节中心腔的尺寸和两个尖峰之间的间距，具有波长 λ_c 、 $(\lambda_c - \Delta\lambda)$ 和 $(\lambda_c + \Delta\lambda)$ 的双尖峰模式光与输出信道波导的耦合效率是一个常数。

图 10 显示了按照这种方式调节两个尖峰之间的间距时对应于输出信道波导中输出的光波长的损耗。例如，如图 10 中曲线（b）所示，获得了平顶传输特性。而且，图 10 中曲线（a）具有如图 7 所示的高斯传输特性。

这样，利用图 8 所示的结构，即通过形成使输入波导变成多模的部分 301，可以实现平顶传输特性。

但是，由图 10 中的（a）和（b）可以清楚地看到，（b）情况下（即形成了使输入波导变为多模的 301 部分）的损耗比（a）情况下的损耗大。

这个损耗在光通过 AWG 一次时大约是 3dB。例如，在图 3 的示例中，光通过 AWG 两次，这就使损耗增加至大约 6dB。

发明内容

本发明旨在解决这样的问题，其目的是提供一种具有平顶型传输特性和损耗低的紧凑型光学功能设备。

在下面的描述中将阐明本发明的附加特征和优点，其中的部分将通过说明书而理解，或者通过本发明的实践而体验到。

本发明的目的可以通过提供一种设备而实现，该设备包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的平板波导；和 (c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导。输入至平板波导中的光通过平板波导再输入至信道波导中。在基板上不形成后面的用于引导不同波段的光的信道波导。

本发明的目的可以通过提供一种设备而实现，该设备包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的平板波导；和 (c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导。从平板波导输出的光输入至信道波导中。从信道波导输出的光最终通过基板的端面，在不同长度的信道波导和该端面之间光所经过的基板上没有分别用于截取特定波段的光的信道波导。

另外，本发明的目的可以通过提供一种设备而实现，该设备包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的第一平板波导；(c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导，从第一平板波导输出的光输入至信道波导中；和 (d) 位于基板上的第二平板波导，从信道波导输出的光输入至第二平板波导中。第二平板波导的端面与基板的端面共处一个面。

本发明的目的也可以通过提供一种设备实现，该设备包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的第一平板波导；(c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导，从第一平板波导输出的光输入至信道波导中；和 (d) 位于基板上的第二平板波导，从信道波导输出的光输入至第二平板波导中。从第二平板波导输出的光最终通过基板的端面，在第二平板波导和该端面之间光所经过的基板上没有用于截取特定波段的光的信道波导。

本发明的目的进一步可以通过提供一种包括第一和第二光学设备的装置实现。第一光学设备接收第一波分复用 (WDM) 光，包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的平板波导；和 (c) 位于基板上的不同长度的多个信

道波导。在基板上不形成后面的用于引导不同波段的光的信道波导。第一 WDM 光输入至平板波导中，从而穿过平板波导输入到不同长度的多个信道波导中。不同长度的信道波导分别具有不同的光径长度，因此第一 WDM 光中不同波长的光依据波长而在基板的端面上在不同的方向上产生角度色散。第二光学设备接收第二 WDM 光，包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的平板波导；和 (c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导。在基板上不形成后面的用于引导不同波段的光的信道波导。第二 WDM 光输入到平板波导中，从而穿过平板波导输入到不同长度的多个信道波导中。不同长度的信道波导具有不同的光径长度，因此第二 WDM 光中不同波长的光根据波长而在基板的端面上分别在不同的方向上产生角度色散。至少一个会聚设备把从第一光学设备出来的不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置，并且把从第二光学设备出来的不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置，使得从第一光学设备角度色散和从第二光学设备角度色散的相同波长的光会聚在相同的位置。反射镜位于上述的相同位置处，并且可以进行控制而将会聚在上述相同位置的光反射至第一或第二光学设备。

另外，本发明的目的可以通过提供一种包括第一和第二光学设备的装置实现。第一光学设备接收第一波分复用 (WDM) 光，包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的平板波导；和 (c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导，其中，从信道波导输出的光最终通过基板的端面，在不同长度的信道波导和该端面之间光所经过的基板上没有用于分别截取特定波段的光的信道波导。

第一 WDM 光输入到平板波导中，从而穿过平板波导输入到不同长度的多个信道波导中。不同长度的信道波导具有不同的光径长度，因此第一 WDM 光中不同波长的光根据波长而在基板的端面上在不同的方向上分别产生角度色散。第二光学设备接收第二 WDM 光，包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的平板波导；和 (c) 位于基板上的不同长度的多个信道波导，其中，从信道波导输出的光最终通过基板的端面，在不同长度的信道波导和该端面之间光所经过的基板上没有用于分别截取特定波段的光的信

道波导。第二 WDM 光输入到平板波导中，从而穿过平板波导输入到不同长度的多个信道波导中。不同长度的信道波导具有不同的光径长度，因此第二 WDM 光中不同波长的光根据波长而在基板的端面上分别在不同的方向上产生角度色散。至少一个会聚设备把从第一光学设备出来的不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置，并且把从第二光学设备出来的不同波长的角度色散光分别会聚到不同的位置，使得从第一光学设备角度色散和从第二光学设备角度色散的相同波长的光会聚在相同的位置上。一个反射镜位于上述相同位置处，并且可以进行控制而将会聚在上述相同位置上的光反射至第一或第二光学设备。

本发明的目的也可以通过提供一种包括第一和第二光学设备的装置实现。第一光学设备接收第一波分复用 (WDM) 光，包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的第一平板波导；(c) 位于基板上的信道波导，从第一平板波导输出的光输入到信道波导中；和 (d) 位于基板上的第二平板波导，从信道波导输出的光输入到第二平板波导中，第二平板波导的端面与基板的端面共处一个面。第一 WDM 光输入到第一平板波导，从而穿过第一平板波导然后输入到信道波导中，再输入到第二平板波导中。信道波导具有不同的光径长度，因此根据第一 WDM 光中的波长而在第二平板波导输出的光中产生了角度色散。第二光学设备接收第二 WDM 光，包括：(a) 基板；(b) 位于基板上的第一平板波导；(c) 位于基板上的信道波导，从第一平板波导输出的光输入到信道波导中；和 (d) 位于基板上的第二平板波导，从信道波导输出的光输入到第二平板波导中，第二平板波导的端面与基板的端面同处一个面。第二 WDM 光输入到第一平板波导，从而穿过第一平板波导然后输入到信道波导中，再输入到第二平板波导中。信道波导具有不同的光径长度，因此根据第二 WDM 光中的波长而在第二平板波导输出的光中产生了角度色散。至少一个会聚设备把从第一光学设备出来的不同波长的角度色散光会聚在不同的位置上，并且把从第二光学设备出来的不同波长的角度色散光会聚在不同的位置上，使得从第一光学设备角度色散和从第二光学设备角度色散的相同波长的光会聚在相同的位置上。反射镜位于上述相同位置并且可以进行控制而将会聚在

上述相同位置的光反射至第一或第二光学设备。

由上述可以了解，本发明的一种光学功能设备具有这样一种结构，包括具有输入端的平板波导和不同长度的多个信道波导，来自平板波导的光输入到信道波导中。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，包括：具有输入端的第一平板波导，具有输出端的第二平板波导，以及不同长度的多个信道波导，光由平板波导输入到信道波导中，并输出至第二平板波导。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构：当信道波导从输入端输入波分复用光时，设定各个光径长度的差值，使得根据组成波分复用光的各个波长产生角度色散。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构：信道波导的输出端设置为一条直线。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构：第二平板波导和信道波导之间的边界位于一条直线上。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，具有：(A) 光会聚设备，根据角度色散方向，将具有产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置，和 (B) 光反射设备，至少位于一个产生了角度色散的各个波长的光大致会聚的位置处。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，具有：(A) 光会聚设备，根据角度色散方向将产生角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置，和 (B) 光反射设备，其中，至少在一个产生角度色散的各个波长的光大致会聚的位置处，反射表面在法线方向上的位置不一致。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，具有：(A) 光会聚设备，根据角度色散方向将产生角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置，和 (B) 光电转换设备，其至少位于一个产生角度色散的各个波长的光大致会聚的位置上。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，具有：(A) 第一光学功能设备和第二光学功能设备，各具有：具有输入端的平板波

导和不同长度的多个信道波导，光从平板波导输入到信道波导中。该光学功能设备还包括光会聚设备，其根据角度色散方向，将由第一光学功能设备产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置，和另一个光会聚设备，其根据角度色散方向，将由第二光学功能设备产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置。各个光学功能设备和光会聚设备设置为：（i）给定频率的由第一光学功能设备产生角度色散的光会聚的位置，和（ii）相同频率的由第二光学功能设备产生角度色散的光会聚的位置是重合的。另外，至少在一个各个波长的光大致会聚的位置处有光反射设备。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，具有第一光学功能设备和第二光学功能设备，各具有一个有输入端的第一平板波导，有输出端的第二平板波导和不同长度的多个信道波导，光从第一平板波导输入并且从第二平板波导输出。光会聚设备根据角度色散方向将由第一光学功能设备产生了角度色散的各个波长的光会聚到不同的位置上。另外，一个光会聚设备根据角度色散方向将由第二光学功能设备产生了角度色散的各个波长的光会聚到不同的位置上。各个光学功能设备和光会聚设备设置为：（i）给定频率的由第一光学功能设备产生角度色散的光的会聚位置，和（ii）相同频率的由第二光学功能设备产生角度色散的光的会聚位置一致。另外，至少在一个各个波长的光大致会聚的位置处有光反射设备。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构：构成第一光学功能设备和第二光学功能设备的多个波导部分位于相同的基板上。

另外，在本发明的不同的实施例中，光学功能设备可以具有这样一种结构，其中：（a）当信道波导从输入端输入波分复用光时，设立各个光径长度的差别，使得根据组成波分复用光的各个波长产生角度色散，和（b）在第二平板波导内设立一个反射表面，根据角度色散方向将产生角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置。另外，在本发明的不同实施例中，该光学功能设备可以至少在一个通过第二平板波导内的反射表面而使产生角度色散的各个波长的光大致会聚的位置处具有光反射设

备。

另外，在本发明的不同的实施例中，光学功能设备可以具有光反射设备，其中：在至少一个产生角度色散的各个波长的光由第二平板波导内的反射表面大致会聚的位置处，反射表面的法线方向不一致。

另外，在本发明的不同的实施例中，光学功能设备可以具有这样一种结构，其中：(A) 在第二平板波导内设立一个反射表面，根据角度色散方向将产生角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置，和 (B) 至少在一个产生角度色散的各个波长的光大致会聚的位置上设立光电转换设备。

另外，本发明的光学功能设备也可以具有这样的结构，包括：第一光学功能设备和第二光学功能设备，各具有一个有输入端的第一平板波导，有输出端的第二平板波导和不同长度的多个信道波导，光从第一平板波导输入并且输出至第二平板波导。当信道波导从输入端输入波分复用光时，设立各个光径长度的差别，使得根据组成波分复用光的各个波长产生角度色散。在第二平板波导内设立一个反射表面，根据角度色散方向将产生角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置。各个光学功能设备和反射表面设置为：(i) 给定频率的由第一光学功能设备产生角度色散的光会聚的位置，和 (ii) 相同频率的由第二光学功能设备产生角度色散的光会聚的位置一致。至少在一个各个波长的光所会聚的位置处具有光反射设备。

另外，在本发明的不同实施例中，构成第一光学功能设备和第二光学功能设备的各个波导可以位于同一基板上。

另外，本发明的光学功能设备组可以是包括任何两个或更多的上述光学功能设备的光学功能设备组，其中构成各个光学功能设备的波导可以位于同一基板上。

另外，本发明的光学功能设备可以具有这样的结构：具有将输入到第一端口的光输出至第二端口、并将输入到第二端口的光输出至第三端口的光学设备，其中第二端口连接到输入端。例如，该光学设备可以是环形器。

附图说明

通过以下的详细说明，结合附图，可以更清楚地理解本发明的其他目的、特点和优点。附图中：

图 1（现有技术）显示的是在 WDM 系统中使用的波长选择交换器的示例；

图 2（现有技术）显示的是波长选择交换器结构的第一个传统的示例；

图 3（现有技术）显示的是波长选择交换器结构的第二个传统的示例；

图 4（现有技术）显示的是波长选择交换器结构的第三个传统的示例；

图 5（现有技术）显示的是传统 AWG 的结构示例；

图 6（现有技术）解释了对应于图 5 的输出波导输入部分的光强度分布；

图 7（现有技术）显示的是相应于从输出波导输出的光波长的损耗；

图 8（现有技术）显示的是实现平顶型传输特性的传统的结构示例；

图 9（现有技术）解释了对应于图 8 的输出波导输入部分的光强度分布；

图 10（现有技术）显示的是对应于图 8 的相应于从输出波导输出的光波长的损耗；

图 11 解释了本发明的基本操作；

图 12 显示的是对应于图 11 的相应于光波长的损耗；

图 13 解释了实施例 1 的光学功能设备；

图 14 显示的是本发明的波长组合/分路滤波器的端面的示例；

图 15 是实施例 2 的波长选择交换器的平面图；

图 16 是实施例 2 的波长选择交换器的侧视图；

图 17 是图 15 的 A 部分的放大图；

图 18 显示的是反射镜阵列的结构示例；

- 图 19 是实施例 3 的波长选择交换器的平面图；
图 20 是实施例 3 的波长选择交换器的侧视图；
图 21 是图 19 的 A 部分的放大图；
图 22 是实施例 4 的波长选择交换器的平面图；
图 23 是实施例 4 的波长选择交换器的侧视图；
图 24 是实施例 5 的动态增益均衡器（DGEQ）的平面图；
图 25 是实施例 5 的 DGEQ 的侧视图；
图 26 是实施例 6 的波长选择交换器的平面图；
图 27 是实施例 6 的波长选择交换器的侧视图；
图 28 是实施例 7 的波长选择交换器的平面图；
图 29 是实施例 7 的波长选择交换器的侧视图；
图 30 是实施例 8 的 DGEQ 的平面图；
图 31 是实施例 8 的 DGEQ 的侧视图；
图 32 是实施例 9 的波长选择交换器的平面图；
图 33 是实施例 9 的波长选择交换器的侧视图；
图 34 是实施例 10 的波长选择交换器的平面图；
图 35 是实施例 10 的波长选择交换器的侧视图；
图 36 显示的是实施例 11 的 DGEQ 的结构示例；
图 37 显示的是实施例 12 的波长色散补偿设备的结构示例；
图 38 显示的是反射镜的结构示例；
图 39 显示的是实施例 13 的光功率监测器（OPM）的结构示例；
图 40 显示的是实施例 14 的波长选择交换器的结构示例；
图 41 显示的是实施例 15 的 OPM 的结构示例；
图 42 显示的是平板光学系统的结构示例；
图 43 显示的是平板光学系统的另外一个结构示例；
图 44 显示的是实施例 16 的 OPM 的结构示例；
图 45 显示的是实施例 17 的 DGEQ 的结构示例；
图 46 显示的是实施例 18 的 DGEQ 的结构示例；
图 47 显示的是实施例 19 的波长选择交换器的结构示例；

图 48 显示的是实施例 20 的光学功能设备的结构示例；
图 49 显示的是实施例 21 的 WDM 传输系统的结构示例。

具体实施方式

现在对本发明的具体实施方式进行详细的说明，在附图中显示了其实例。在图中，相同的标号指的是相同或者类似的部分。

图 11 解释了本发明的基本操作。在图 11 中，作为本发明的光学功能设备的组合/分路设备 20 包括：输入平板波导 4，作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，具有输出端的输出平板波导 6，和信道波导阵列 5，信道波导阵列 5 具有不同长度的多个信道波导，其中光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。图 11 也显示了反射镜 801 和透镜 12。

图 12 显示了光学设备由图 11 的输入波导 3 处输入光，通过反射镜 801 反射，并再次将它返回至输入波导的情况下，对应于光波长的损耗，这样带来了平顶和低损耗的特性，如图 12 的曲线 (c) 所示。另外，图 12 的曲线 (a) 具有图 10 所示的高斯传输特性。

能获得图 12 中曲线 (c) 所示的传输特性的原因是在图 11 中的组合/分路设备 20 中未设立用于输入各个波长的光并引导至输出端的信道波导（与图 8 的 610 等同）。

如前面所描述的关于图 8 所示的传统结构，在输出端一侧的信道波导截取光谱的一部分并传播特定波长的光。当截取光谱时，存在着降低损耗时传输特性变为高斯型，而输出特性是平顶型时插入损耗会增加的问题。

与此相反，因为本发明应用的组合/分路设备中不出现输出端一侧的信道波导，所以从组合/分路设备中输出的光具有非常宽的光谱。

图 11 中的反射镜 801 决定了光谱。

另外，反射光的光谱与反射镜 801 的宽度成正比（图 11 的页面中的垂直宽度）。

另外，对于反射镜，只要光会聚的点位于反射镜的有效区域范围内，

损耗就会低。因此，可以获得如图 12 中曲线 (c) 所示的平顶型和低损耗的传输特性。

如上所述，通过使用本发明的组合/分路设备作为光学功能设备，能获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备，例如，用于波长选择交换器的组合/分路滤波器。

另外，如果在图 11 中取代反射镜 801 而布置了另一个光学设备，比如光电转换器，则因为没有输出端的信道波导，很显然，也可以实现上述的效果。

另外，在这个实施例的示例中，设立输出平板波导 6 以降低各个信道波导的长度误差，以限制非邻接串扰 (nonadjacent crosstalk)。

换一句话说，在制造过程中，当没有设立输出平板波导 6 而截取信道波导阵列部分时，如果相邻信道波导的截面角之间有误差的话，就会直接变成信道波导的长度误差。

但是，通过设立一个短的输出平板波导 6，就没必要在信道波导阵列 5 的位置处截取，而可以利用纤芯处理时使用的光掩膜的精度来限制信道波导的长度误差。

由于这样的原因，使用图 11 所示结构配上输出平板波导 6 的结构，但是即使对于没有输出平板波导 6 而使用输出波导阵列 5 的输出端作为端面的组合/分路设备，也可以获得平顶型和低损耗的输出特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此很明显可以实现易于装配的低损耗光学功能设备，例如，用于波长选择交换器的组合/分路滤波器。

实施例 1

图 13 是本发明的光学功能设备的一个示例，是波长组合/分路滤波器结构的一个示例。图 13 (a) 是波长组合/分路滤波器的平面图，图 13 (b) 是图 13 (a) 中波长组合/分路滤波器虚线 A-A 处的剖面图，图 13 (c) 是图 13 (a) 中波长组合/分路滤波器虚线 B-B 处的剖面图，图 13

(d) 是图 13 (a) 中波长组合/分路滤波器虚线 C-C 处的剖面图。

例如, 如图 13 (b) 所示, 本发明的波长组合/分路滤波器包括: 平板基板 100 和位于平板基板 100 的主平面上的光导 200。其中, 平板基板 100 的“主平面”是指图 13 (b) 的平板基板 100 和光导 200 接触的表面。

光导 200 包括: 包覆层 201 和纤芯 202, 纤芯 202 被包覆层 201 包住并且比包覆层具有更高的折射率。但是, 纤芯 202 只向波导端面 203 和波导端面 204 露出。

在图 13 (a) 中, 构成波长组合/分路滤波器的光导 200 的纤芯形状 (以后称为芯型) 包括: 输入平板波导 4, 作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3, 具有输出端的输出平板波导 6, 以及信道波导阵列 5, 信道波导阵列 5 包括多个具有不同长度的信道波导, 光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

另外, 图 13 (a) 中的光导 200 的芯型嵌入在包覆层 201 内, 为了方便起见, 使用了实线而不是虚线显示。即使同样是嵌入层, 在下面的平面图中各层都以实线显示, 但如图 13 (b), 图 13 (c), 和图 13 (d) 所示, 纤芯 202 是嵌入在包覆层 201 内的。

另外, 图 13 (b) 的纤芯 202 对应于图 13 (a) 中的输入波导 3, 图 13 (c) 的纤芯 202 对应于图 13 (a) 中的输入平板波导 4, 图 13 (d) 的纤芯 202 对应于图 13 (a) 中的输出平板波导 6。

把图 13 (a) 所示的波长组合/分路滤波器的输入平板波导 4 和信道波导阵列 5 的边界定义为信道波导阵列 5 的输入口 501, 信道波导阵列 5 的输入口 501 位于以 R 为半径, 以输入波导 3 和输入平板波导 4 的连接点 400 为圆心的圆弧 401 上。

另外, 输入波导 3 和输入平板波导 4 的连接点 400 位于构成圆弧 401 的罗兰圆 (Rowland circle) 上, 输入平板波导 4 的边界是这个罗兰圆的一部分。其中, “罗兰圆” 是以 $R/2$ 为半径的圆, 其圆弧经过以 R 为半径的圆的中心。

另外, 只要位于这个罗兰圆上, 可以把输入波导 3 布置在不同于位置 400 的位置上。

另外，把信道波导阵列 5 和输出平板波导 6 的边界定义为信道波导阵列 5 的输出口 502，信道波导阵列 5 的输出口 502 排列在一条直线上，如图所示。构成输出平板波导 6 的纤芯的边界 601、构成信道波导阵列 5 的纤芯和包覆层 201 也位于一条直线上。

另外，调节信道波导阵列 5 的长度，使得相邻信道波导的芯型输入口和输出口之间的光径长度之差是固定的。

建立这个光路差，使得当波分复用光从用作输入端的输入波导 3 输入时，基于构成这个波分复用光的各个波长而产生角度色散。

所以，在图 11 至图 13 的实施例中，在输出平板波导 6 之后，不在平板基板 100 上形成随后的用于引导不同波段的光的信道波导。与之相比，图 5 和图 8 显示的传统结构中，在同一个基板上形成了分别传导不同波段的光的输出信道波导 610。

图 14 显示的是本发明的波长组合/分路滤波器的端面的一个示例。

图 14 (a) 是在输入波导一侧的波导端面 203 的一个结构示例，图 14 (b) 是在输出平板波导一侧的波导端面 204 的一个结构示例。这两个波导端面都与平板基板 100 的端面同处一个面。通常，光纤连接至输入波导一侧的波导端面 203。

由图 14 (a) 和图 14 (b) 可以看到，在信道阵列波导 5 和波导端面 204 之间的平板基板 100 上没有附加的信道波导来截取和传导特定波段的光。与之相比，图 5 和图 8 显示的传统结构中，在信道阵列波导 5 和波导端面 204 之间的基板上有输出信道波导 610。

另外，在有必要衰减返回至光纤或波导的波导端面的反射光的情况下，波导端面可以相对于光纤或波导与垂直面有一定的倾斜。

下面，解释本实施例的波长组合/分路滤波器的具体结构。例如，使用 CVD（化学汽相沉积）的方法，在 1mm 厚的硅基板（相当于平板基板 100）上形成层叠的作为包覆层的 $20\mu\text{m}$ 厚硅玻璃和作为纤芯的 $6\mu\text{m}$ 厚硅玻璃。

施加光阻剂，通过光刻处理，形成与芯型的形状大致相同的光阻图案。接下来，使用光阻图案作为掩膜，进行反应离子蚀刻（RIE），形成

芯型。

通过这个处理，只留下输入波导 3、输入平板波导 4、信道波导阵列 5 和输出平板波导 6 的芯型，纤芯 202 被除去了。

接下来，使用 CVD 方法，例如，在芯型上层叠 $20\mu\text{m}$ 厚的硅玻璃作为包覆层。然后，通过使用剪切半导体器件的剪切机进行剪切，同时形成波导端面 203 和 204。如上所述，形成了本实施例的组合/分路滤波器。

具体尺寸如下，例如：输入波导 3 的宽度为 $6\mu\text{m}$ ，长度为 5mm ，输入平板波导 4 和信道波导阵列 5 之间边界的半径 R 为 17mm ，构成信道波导阵列 5 的信道波导宽度为 $6\mu\text{m}$ ，相邻信道波导的从输入口到出口的有效光径长度之差为 $45\mu\text{m}$ ，各个信道波导的芯型的输入口和出口的间距为 $14\mu\text{m}$ 。所有的纤芯厚度为 $6\mu\text{m}$ ，并且纤芯/包覆层的折射率之差 = 0.8% 。

其他材料，如石英玻璃和硼化玻璃也可以用于平板基板 100。

另外，可以通过不是 CVD 的其它制造工艺或不是硅玻璃的其它材料制成光导，例如，通过 FHD（火焰水解沉积）方法形成的硅玻璃材料或通过涂层方法形成的塑料材料。

如图 11 所示的光学系统由这样构造的波长组合/分路滤波器构成，当光由反射镜 801 反射时所测的光谱如图 12 曲线 (c) 所示。

在图 11 中，当透镜 12 的焦距设为 58mm 并且反射镜 801 反射表面宽度设为 $100\mu\text{m}$ 时，损耗由最小值增大 0.5dB 的光谱宽度为 0.8nm 。

另外，当反射镜 801 反射表面宽度设为 $50\mu\text{m}$ 时，损耗由最小值增大 0.5dB 的光谱宽度为 0.4nm 。此时插入损耗为 6dB 。因此与如图 8 所示的使用传统 AWG 的情况相比，损耗降低了 $1/2$ 。

这样，通过本实施例的组合/分路设备，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备，例如，用于波长选择交换器的组合/分路滤波器。

另外，在本实施例中，波导的尺寸和光学器件（如透镜）的焦距都给出了具体的数值，但是很明显，即使没有根据这些值应用本实施例的

结构时，也可以获得本发明的效果。

实施例 2

图 15 和图 16 显示了本发明的光学功能设备的实施例。图 15 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图，图 16 显示的是其侧视图。

图 17 是图 15A 部分放大图，示意了当以 100GHz 频率间隔（相当于在 $1.5\mu\text{m}$ 波长范围内大约 0.8nm 的波长间隔）进行波长复用的光从信道波导阵列 5 中射出时，各个波长光的射出方向。

在图 15 和图 16 中，100GHz 频率间隔的第一组合/分路设备 20 和第二组合/分路设备 21 安装在导热片 10 上，导热片 10 安装在加热器 22 上。

组合/分路设备 20 和 21 具有相同的结构，包括：输入平板波导 4，作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5，光由输入平板波导 4 输入。

当 40 信道 100GHz 频率间隔的波长复用光 40 进入第一组合/分路设备 20 的输入波导 3 时，光可以自由通过输入平板波导 4，到达信道波导阵列 5，并进行光学耦合。因此，输入光功率被分布到构成信道波导阵列 5 的各个信道波导上。

构成信道波导阵列 5 的各个信道波导内的光发生与其波长相对应的相移，并且由输出端输出，由于干涉，如图 17 所示，根据各个波长在角度色散方向上以平行光射出。

此这种方法通过信道波导阵列 5 分路至各个波长的光被引导至柱面透镜 11，变成了相对于垂直方向的平行光（相当于图 16 中页面的垂直方向）。

波长复用光送至第二组合/分路设备 21 的情况与此相同。

透镜 12 作为光学设备，可以（a）根据角度色散方向将由第一组合/分路设备 20 产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置，和（b）根据角度色散方向将由第二组合/分路设备 20 产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置。

另外，这个透镜 12 被布置为使得：(a) 给定频率的由第一组合/分路设备 20 产生角度色散的光所会聚的位置，和 (b) 相同频率的由第二组合/分路设备 21 产生角度色散的光所会聚的位置一致。

另外，包括多个反射镜的反射镜阵列 13 作为光反射设备，设立在至少一个产生这种角度色散的各个频率的光大致会聚的位置处，第一组合/分路设备分路的各个频率的光被送入至这个阵列。

对应于各个分路波长的反射镜排列在反射镜阵列 13 上。各个反射镜的角度根据需要进行调节，第一组合/分路设备 20 出来的光或者返回至第一组合/分路设备 20，或者反射至第二组合/分路设备 21。

换一句话说，对于送至第一组合/分路设备 20 的波分复用光中不进行波长交换的光，调节对应于那个波长的位置处的反射镜的反射角，使第一组合/分路设备 20 出来的光返回至第一组合/分路设备 20。

另一方面，对于进行波长交换的光，调节对应于那个波长的位置处的反射镜的反射角，使第一组合/分路设备 20 出来的光引导至第二组合/分路设备 21。此时，从第二组合/分路设备 21 出来的相同波长的光被这个反射镜反射至第一组合/分路设备 20。

这样，实现了波长选择交换器的功能。波长选择交换器是一种光学功能设备，可以 (a) 从进入第一组合/分路设备 20 的波分复用光中分离出预定波长的光并引导至第二组合/分路设备 21，和 (b) 在进入第二组合/分路设备 21 的波分复用光中插入与所分离的波长相同波长的光并作为波分复用光返回至第一组合/分路设备 20。

另外，光的输入和输出都要通过组合/分路设备 20 和组合/分路设备 21 的输入波导 3 进行，但是可以在各个组合/分路设备的输入波导 3 的输入端上设置用于分离输入光和输出光的光学设备，例如，把输入进第一端口的光输出至第二端口，并把输入进第二端口的光输出至第三端口的光学设备，比如光环行器。这同样也适用于其它实施例。

这样，通过本实施例，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

其中，作为示例，使用石英波导在硅基板上形成各个组合/分路设备 20 和 21（折射率差：0.8%）。

另外，作为示例，输入波导 3 的输入端和信道波导阵列 5 的输出端成 90 度角，如图 17 所示，各个信道波导在输出端平行排列。

在图 15 的示例中，构成信道波导阵列 5 的信道波导的数量大约是 300，在图 17 的示例中，信道波导阵列 5 的输出端各个信道波导之间的间距为 $14\ \mu\text{m}$ 。此时，信道波导阵列 5 上输出端射出的衍射光信道（ch）之间的衍射角之差为 0.0017 弧度/ch。柱面透镜 11 的直径为 12mm，焦距大约是 10mm。

透镜 12 的焦距大约是 58.3mm，位于与信道波导阵列 5 的输出端相距焦距 f 的位置处。其有效直径为 9mm。

另外，反射镜阵列 13 位于柱面透镜 11 的相对一侧，与透镜 12 相距焦距 f 。

图 18 是反射镜阵列 13 的结构示例。更具体的，从右侧看，图 18 (a) 是一个平面图，图 18 (b) 是一个侧视图， N 个反射镜从 ch1 到 chN 以大致恒定的间距 P 排列。在本实施例中， N 为 40。另外，如 18 (b) 的侧视图所示，各个反射镜可以电动控制和倾斜。反射镜 801 的间距 P 为 $100\ \mu\text{m}$ ，反射表面 811 的尺寸为 $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 。

在图 16 中，导热片 10 的安装组合/分路设备的部分的厚度 d_1 和 d_2 都是 1mm，安装组合/分路设备的部分之间的距离是 5mm。因此，两个组合/分路设备 20 和 21 在垂直方向上的安装距离为 6mm。

当光从组合/分路设备 20 返回至组合/分路设备 20 和光被引导至组合/分路设备 21 时，反射镜摆动角 α 为 0.12 弧度。

另外，在本实施例中，通过 (a) 配置为：波分复用光输入进组合/分路设备 20，并且分路至各个波长的光由构成反射镜阵列 13 的对应于各个波长的反射镜反射并引导至组合/分路设备 21，和 (b) 调节反射镜的反射角，控制引导至组合/分路设备 21 的光量，可以独立地改变构成波分复用光的各个波长的光强度。

换一句话说，通过本实施例的结构，可以实现动态控制各个信道（波

长)的光功率水平的设备,这里各个信道对应于 100GHz 频率间隔的 40 信道波分复用光。(以后,这种设备称为动态增益均衡器,简称 DGEQ)。

另外,对于这种结构的 DGEQ,波分复用光的输入端变为组合/分路设备 20,输出端变为组合/分路设备 21,因此用于分离输入光和输出光的光学设备(例如光环行器)就变得没必要了。

另外,在使用本发明的组合/分路设备构造的波长选择交换器的其它实施例中,很明显通过适当地调节对应于各个波长的反射镜的角度,也可以实现 DGEQ。

实施例 3

图 19 和图 20 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 19 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图,图 20 显示的是其侧视图。

图 21 是图 19 中 A 部分的放大图,示意了当以 100GHz 频率间隔(相当于在 $1.5\mu\text{m}$ 波长范围内大约 0.8nm 的波长间隔)进行波长复用的光从输出平板波导 6 中射出时,各个波长的光的射出方向。

本实施例结构与实施例 2 相似,区别在于(a)组合/分路设备直接安装在加热器 22 上,没有设置导热片来安装组合/分路设备,和(b)在输入平板波导 4 的相对侧,在信道波导阵列 5 一端设置了具有输出端的短输出平板波导 6。

具体而言,在图 19 和图 20 中,用于 100GHz 频率间隔的第一组合/分路设备 20 和第二组合/分路设备 21 分别安装在加热器 22 的两侧,加热器 22 由支架 16 支撑。

组合/分路设备 20 和 21 具有相同的结构,包括:输入平板波导 4,作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3,具有输出端的输出平板波导 6,以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5,光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

其中,本实施例的输出平板波导的长度为 $500\mu\text{m}$ 。

在本实施例中,也可以实现如实施例 2 所描述的波长选择交换器的

功能，这里的波长选择交换器是一种光学功能设备，可以（a）从进入第一组合/分路设备 20 的波分复用光中分离出预定波长的光并引导至第二组合/分路设备 21，和（b）在进入第二组合/分路设备 21 的波分复用光中插入与所分离波长相同波长的光并作为波分复用光返回至第一组合/分路设备 20。

这样，通过本实施例，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外，本实施例中，通过把组合/分路设备直接安装在加热器上，可以实现部件比实施例 2 更少的波长选择交换器，并且具有更薄的组合/分路滤波器部件。

另外，通过设置输出平板波导 6，可以通过纤芯制造过程时使用的掩膜的精度而限制信道波导长度的偏差，还可以限制非邻接串扰。

实施例 4

图 22 和图 23 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 22 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图，图 23 显示的是其侧视图。

本实施例的结构与实施例 3 相似，区别在于光信号的输入波导 3 的输入端面与输出平板波导 6 的输出端面是平行的。

在本实施例中，如上述实施例 2 一样，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外，本实施例中，通过把组合/分路设备直接安装在加热器上，可以实现部件比实施例 2 更少的波长选择交换器，并且具有更薄的组合/分路滤波器部件。

另外，通过设置输出平板波导 6，可以通过纤芯制造过程中使用的掩膜的精度来限制信道波导长度的偏差，还可以限制非邻接串扰。

实施例 5

图 24 和图 25 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 22 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的 DGEQ 的平面图，图 23 显示的是其侧视图。

本实施例中的 DGEQ 只使用了上述实施例 4 中波长选择交换器部件中的一个组合/分路设备，并把它配置为可以通过改变对应于各个波长的反射镜角度来调节返回至该组合/分路设备的光强度。

在图 24 和图 25 中，用于 100GHz 频率间隔的 40 信道的组合/分路设备 20 安装在加热器 22 上。

组合/分路设备 20 包括：输入平板波导 4，作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，具有输出端的输出平板波导 6，以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5，光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

其中，本实施例的输出平板波导的长度为 $500\ \mu\text{m}$ 。

当 40 信道 100GHz 频率间隔的波长复用光 40 进入组合/分路设备 20 的输入波导 3 时，光可以自由通过输入平板波导 4，到达信道波导阵列 5，并进行光学耦合。因此，输入光功率被分布到构成信道波导阵列 5 的各个信道波导上。

构成信道波导阵列 5 的各个信道波导内的光产生与其波长相对应的相移，并且由输出端输出，由于干涉，根据各个波长而在角度色散方向上以平行光射出。

如此通过信道波导阵列 5 分路至各个波长的光被引导至透镜 11，变成了相对于垂直方向的平行光（相当于图 25 中页面的垂直方向）。

另外，透镜 12 作为光学设备，可以根据角度色散方向将由组合/分路设备 20 产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同的位置。

另外，设置了包括多个反射镜的反射镜阵列 13 作为光反射设备，设置在至少一个产生了这种角度色散的各个频率的光大致会聚的位置处，组合/分路设备 20 分路的各个频率的光被送入至这个阵列。

如图 18 所示，对应于各个分路波长的 40 个反射镜排列在反射镜阵

列 13 上。光通过这些反射镜反射，根据需要调节各个反射镜的角度，所有的光或者沿着相同的光路返回至组合/分路设备 20 的输出平板波导 6 的输出端，或者减少返回至输出平板波导 6 输出端的光量。这样可以通过调节反射镜的角度来调节返回光量。

因此，利用反射面的角度可以电动控制的反射镜，例如，对于输入到组合/分路设备 20 的波分复用光，它可以用作 DGEQ，可以独立地、动态地衰减各个波长的光强度。

这样，通过本实施例，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

实施例 6

图 26 和图 27 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 26 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图，图 27 显示的是其侧视图。

本实施例的结构与实施例 2 相似，区别在于 (a) 在透镜 12 和反射镜阵列 13 之间插入了 45 度反射镜 15 作为把光路转换 90 度的设备，并且组合/分路设备 20 和 21 的安装面和反射镜阵列 13 的安装面相互平行，和 (b) 在组合/分路设备的输出端部设置了短输出平板波导 6。

在本实施例中，也可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

并且，通过本实施例，透镜 12 和反射镜阵列 13 之间的光路被 45 度反射镜 15 改变了 90 度角，所以可以减小纵向尺寸。另外，由于组合/分路设备 20 和 21 的安装面和反射镜阵列 13 的安装面相互平行，如图 27 所示，也可以在同一基板上有效地安装加热器 22 和反射镜阵列 13。

另外，通过设置输出平板波导 6，可以通过纤芯制造过程中使用的光掩膜的精度来限制信道波导长度的偏差，还可以限制非邻接串扰。

实施例 7

图 28 和图 29 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 28 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图，图 29 显示的是其侧视图。

本实施例的结构与实施例 4 相似，区别在于在透镜 12 和反射镜阵列 13 之间插入了 45 度反射镜 15 作为把光路转换 90 度角的元件，并且组合/分路设备 20 和 21 的安装面和反射镜阵列 13 的安装面相互平行。

在本实施例中，也可以象前面描述的实施例 4 一样，获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外，通过本实施例，透镜 12 和反射镜阵列 13 之间的光路改变了 90 度角，所以可以减小纵向尺寸。另外，由于组合/分路设备 20 和 21 的安装面和反射镜阵列 13 的安装面相互平行，如图 27 所示，也可以在同一基板上有效地安装加热器 22 和反射镜阵列 13。

另外，通过设置输出平板波导 6，可以通过纤芯制造过程中使用的光掩膜的精度来限制信道波导长度的偏差，还可以限制非邻接串扰。

实施例 8

图 30 和图 31 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 30 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图，图 31 显示的是其侧视图。

本实施例的结构与实施例 5 相似，区别在于在透镜 12 和反射镜阵列 13 之间插入了 45 度反射镜 15 作为把光路转换 90 度角的元件，并且组合/分路设备 20 的安装面和反射镜阵列 13 的安装面相互平行。

在本实施例中，也可以象前面描述的实施例 5 一样，获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外，通过本实施例，透镜 12 和反射镜阵列 13 之间的光路被 45 度反射镜 15 改变了 90 度角，所以可以减小纵向尺寸。另外，由于组合/分

路设备 20 的安装面和反射镜阵列 13 的安装面相互平行，如图 31 所示，也可以在同一基板上有效地安装加热器 22 和反射镜阵列 13。

另外，通过设置输出平板波导 6，可以通过纤芯制造过程中使用的光掩膜的精度来限制信道波导长度的偏差，还可以限制非邻接串扰。

实施例 9

图 32 和图 33 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 32 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光的波长选择交换器的平面图，图 33 显示的是其侧视图。在图 32 和图 33 中，光环行器 30 和 31 以及滤波器 32 和 33 是示意表示。

在图 32 和图 33 中，光环行器 30 和 31 是将输入到第一端口 (a) 的光输出至第二端口 (b)，并将输入到第二端口 (b) 的光输出至第三端口 (c) 的光学设备的一个示例。

在图 32 中，如果频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光从光环行器 30 的端口 a (IN 端口) 输入，再通过端口 b 到达滤波器 32。

另外，如果包含如上所述插入的波长光的波分复用光从光环行器 31 的端口 a (ADD 端口) 输入，则会通过端口 b 到达滤波器 32。

其中，滤波器 32 和 33 设计为：如果频率间隔为 100GHz 的 40 信道波分复用光从输入/输出端 d 输入，那么光谱中短波长侧的 20 个信道从输入/输出端 e 输出，光谱中长波长侧的 20 个信道从输入/输出端 f 输出。相反，如果光谱中短波长侧的 20 个信道的光和光谱中长波长侧的 20 个信道的光从输入/输出端 e 和 f 输入，那么这些光谱的光组合并从输入/输出端 d 输出。

短波长侧 20 个信道的波分复用光被引导至波长选择交换器 40 并通过组合/分路设备 20 和安装在组合/分路设备 20 下面的组合/分路设备 21 分别分路至各个信道，并且根据与构成反射镜阵列 13 的各个波长相对应的反射镜的角度而引导至组合/分路设备 20 或组合/分路设备 21。

被引导至组合/分路设备 20 和组合/分路设备 21 的各个波长的光进行组合并分别通过滤波器 32 和滤波器 33 从光环行器 30 的端口 c (OUT

端口)和光环行器31的端口c(DROP端口)输出。

另一方面,长波长侧20个信道的波分复用光被引导至波长选择交换器41并通过组合/分路设备24和安装在组合/分路设备24下面的组合/分路设备25分别分路至各个信道,并且根据与构成反射镜阵列13的各个波长相对应的反射镜的角度而引导至组合/分路设备24或组合/分路设备25。

被引导至组合/分路设备24和组合/分路设备25的各个波长的光进行组合,然后分别与上述通过滤波器32和滤波器33由组合/分路设备20和组合/分路设备21组合的组合光再进行组合,并分别输出至光环行器30的端口c(OUT端口)和光环行器31的端口c(DROP端口)。

其中,从频率间隔为100GHz的40信道的输入光的光谱中,波长选择交换器40用于短波长侧20信道的波长谱的波分复用光,波长选择交换器41用于长波长侧20信道的波长谱的波分复用光。对应于各个分路波长的20个反射镜排列在各个波长选择交换器的反射镜阵列13上。

这样,通过本实施例,可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外,因为它紧凑,只需要装配很少的几个部件,因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外,通过本实施例,可以将用于频率间隔为100GHz的40个信道的波长选择交换器构造为四个用于频率间隔为100GHz的20个信道的组合/分路设备。对于用于频率间隔为100GHz的20个信道的组合/分路设备,因为该组合/分路设备的衍射级比用于频率间隔为100GHz的40个信道的组合/分路设备更高,所以可以扩大衍射角。另外,可以使透镜12的焦距更短,可以减小焦距方向上的尺寸。

其中,构成波长选择交换器40和41的各个组合/分路设备包括:输入平板波导4,作为将光输入进输入平板波导4的输入端的输入波导3,具有输出端的输出平板波导6,以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列5,光由输入平板波导4输入并且输出至输出平板波导6。

另外,本实施例的输出平板波导的长度为 $500\mu\text{m}$ 。

信道波导阵列输出端的间距为 $14\mu\text{m}$ 。在此,信道波导侧的输出端射

出的衍射光信道（频率间隔为 100GHz）之间的衍射角之差为 0.0034 弧度/ch（衍射级 60）。

柱面透镜 11 的直径为 2mm，焦距大约是 10mm。凸透镜的焦距大约是 29.2mm，安装在与组合/分路设备的输出端距离为这个焦距的位置处。透镜的有效直径为 9mm。

另外，在图 32 中，各个组合/分路设备都具有输出平板波导，但是很明显，由信道波导阵列而不是输出平板波导构成输出端的结构也可以实现同样的功能和效果。

实施例 10

图 34 和图 35 显示了本发明的光学功能设备的一个实施例。图 34 显示的是应用于频率间隔为 100GHz 的 40 个信道波分复用光的频率选择交换器的平面图，图 35 显示的是其侧视图。

在图 34 中，两个用于通过 100GHz 的频率间隔进行复用的 40 个信道的组合/分路设备 20 和 21 安装在加热器 22 顶面上的一条直线上。

各个安装的组合/分路设备包括：输入平板波导 4，作为将光输入输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，具有输出端的输出平板波导 6，以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5，光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

另外，本实施例的输出平板波导的长度为 $500\ \mu\text{m}$ 。

波分复用光输入到组合/分路设备 20，分路至各个波长的光被送至柱面透镜 11，并在垂直方向变成平行光。用透镜 12 会聚并送至反射镜阵列 13，其位于光会聚的位置。

在此，使用 45 度反射镜 15 将光弯成 90 度角。另外，使用 45 度反射镜 17 的一面将光弯至对角的下侧，并送至安装在底部的反射镜阵列 13，反射镜 17 具有两个反射面。

反射镜 40 对应于各个波长以 $100\ \mu\text{m}$ 的间距排列在反射镜阵列 13 上。

根据需要，可以改变反射镜的反射表面相对入射光的角度，使用双面 45 度反射镜 17 的与光从组合/分路设备 20 所送至的表面不同的一个

反射表面将光弯至 45 度反射镜 18 的方向，并且适当波长的光被 45 度反射镜 18 弯折 90 度角并送至组合/分路设备 21。

也可以改变反射镜的反射表面相对入射光的角度，使适当波长的光通过与入射光路相同的光路返回至组合/分路设备 20。

其中，各个组合/分路设备可以用上述实施例 3 相同的方法分别制成，或者可以在相同的平板基板上同时制成两个组合/分路设备。

通过本实施例，也可以与上述实施例 4 一样，获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外，通过本实施例，可以在同一个平面上有效地安装组合/分路设备 20 和组合/分路设备 21，并且为了改变透镜 12 和反射镜阵列 13 之间的光路，也可以缩短长度方向上的尺寸。

实施例 11

图 36 是本发明的光学功能设备的一个实施例，即可以动态地控制 WDM 通信中各个信道（波长）的光功率水平的 DGEQ。

在图 36 中，本实施例的 DGEQ 配备有光环行器 30，光环行器 30 作为将输入到第一端口（a）的光输出至第二端口（b），并将输入到第二端口（b）的光输出至第三端口（c）的光学设备。

本实施例的组合/分路设备 20 包括：输入平板波导 4，作为将光输入进入输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，输出平板波导 6，以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5，光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

如果波分复用光从光环行器 30 的 IN 端口（端口（a））输入，则输入光会由组合/分路设备 20 产生角度色散并被分路至各个波长。通过由柱面透镜 803、作为根据角度色散方向将产生该角度色散的各个波长的光会聚至不同位置的光学设备的透镜 804、和作为改变光路的设备的反射镜 805 和 806 构成的光学系统，光会聚在对应于各个波长的多个反射镜 801 上（以后这些光路被称为前向路径）。

其中，如果反射镜 801 的角度调节为反射表面与入射光几乎垂直，那么当反射表面与入射光精确垂直时，反射镜 801 反射的光沿着与前向路径相同的路径返回，从光环行器 30 的 OUT 端口输出（这里称为返回路径）的光损耗达到最小。如果角度有偏差，则沿着返回路径从光环行器 30 的 OUT 端口输出的光强度会随着偏差的增大而减小。

这样，可以通过调节反射镜 801 的角度而实现一种可以控制构成入射波分复用光的各个波长的光强度的设备。换一句话说，可以实现 DGEQ。

通过本实施例，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现作为易于装配的低损耗光学功能设备的 DGEQ。

本实施例的 DGEQ 的具体构造在下面进行解释。

在图 36 中，在把由（例如）硼硅玻璃制成的块（条）粘结在组合/分路设备 20 的末端之后，粘结具有 10mm 焦距的柱面透镜 803，输出光在垂直方向上变成了平行光。

透镜 804 的焦点与组合/分路设备 20 的信道波导阵列 5 的芯型边界和输出平板波导 6 的芯型边界重合。光路通过反射镜 805 和 806 而弯折，并且在透镜 804 的另一焦点处设置了如图 18 所示的多个反射镜 801 排列而成的反射镜阵列 13。

光环行器 30 通过由（例如）硼硅玻璃制成的块（条）和由硼硅玻璃块夹着的信号模式光纤与输入波导 3 相连。

另外，在图 36 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个反射镜 801，但是很明显，分路波长的数量和反射镜 801 的数量并不限于这些数字。

实施例 12

图 37 是本发明的光学功能设备在 WDM 通信中作为波长色散补偿设备的实施例。

图 37 所示的波长色散补偿设备的结构与图 36 所示的 DGEQ 的结构几乎相同，区别在于构成反射镜阵列 13 的各个反射镜与图 18 中所示的不

同。

换一句话说，如图 37 所示的反射镜阵列 13 设置在至少一个产生了角度色散的各个波长的光大致会聚的位置，并且设置为光反射设备，其中在法线方向上各个反射表面的位置不同。

图 38 是图 37 中构成反射镜阵列 13 的反射镜 821 的结构示例。图 38 (a) 是整个反射镜的图，图 38 (b) 是在反射表面中心处截取图 38 (a) 的反射镜，示意显示 A 方向的剖视图。

在图 38 中，反射镜 821 包括：多个反射镜部件 822，各个反射镜部件的反射表面在其法线方向可以移动。例如，反射镜部件 822a 的反射表面是平的，而反射镜部件 822b 的反射表面是凹的，即反射表面在其法线方向进行了移动。

当变为凹进时控制凹进的量，即，控制反射表面在法线方向上的移动量。例如，可以控制为如图 38 (b) 所示。

在图 37 中，本实施例的波长色散补偿设备配备有光环行器 30 作为将输入到第一端口 (a) 的光输出至第二端口 (b)，并将输入到第二端口 (b) 的光输出至第三端口 (c) 的光学设备。

本实施例的组合/分路设备 20 包括：输入平板波导 4，作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，输出平板波导 6，以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5，光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

如果波分复用光从光环行器 30 的 IN 端口 (端口 (a)) 输入，则输入光会由组合/分路设备 20 产生角度色散并被分路至各个波长。通过由：柱面透镜 803、作为根据角度色散方向将产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同位置的光学设备的透镜 804、和作为改变光路的设备的反射镜 805 和 806 构成的光学系统，光会聚在对应于各个波长的多个反射镜 821 上 (以后这些光路被称为前向路径)。

在此会聚的各个波长的光具有固定的波长谱，如果中心波长为 λ ，那么比 λ 稍短的 $\lambda - \Delta \lambda$ 波长的光和比 λ 稍长的 $\lambda + \Delta \lambda$ 波长的光也根据其波长而由组合/分路设备产生角度色散，该光会聚在与波长 λ 的

光不同的位置上。

另外，多个反射镜部件 822 排列在由组合/分路设备产生角度色散方向的直线上（图 38（b）的 x 轴方向）。关于前面提到的波长谱范围内的各个波长的光，通过控制各个反射镜部件 822 使光在光轴方向上的距离不同，可以控制波长谱范围内各个波长的延迟时间，从而实现波长色散补偿设备的功能。

通过本实施例，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备。

另外，在使用本发明的组合/分路设备构造的 DGEQ 的实施例中，很明显，使用图 38 所示的结构作为对应于各个分路波长的反射镜，可以实现波长色散补偿设备。

另外，在图 37 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个反射镜 821，但是很明显，分路波长的数量和反射镜 821 的数量并不限于这个数字。

实施例 13

图 39 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为在 WDM 通信中各个信道（波长）的光功率水平的监测设备（以后这样的设备称为光功率监测器，简称 OPM）。

图 39 所示的 OPM 结构为：图 36 所示 DGEQ 的反射镜阵列 13 由配备有多个光电转换元件 50 的光电转换元件阵列 51 代替，作为光电转换设备，并且去掉了光环行器 30。除了这几部分，与图 36 所示的结构完全相同。

在图 39 中，组合/分路设备 20 包括：输入平板波导 4，作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3，输出平板波导 6，以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5，光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

另外，光电转换元件 50 设置为光电转换设备，设置在至少一个各个

波长的由组合/分路设备 20 产生了角度色散的光大致会聚的位置上。

如果波分复用光从输入波导 3 输入,则输入光会由组合/分路设备 20 产生角度色散并被分路至各个波长。通过由:柱面透镜 803、作为根据角度色散方向将产生了角度色散的各个波长的光会聚至不同位置的光学设备的透镜 804、和作为改变光路的设备的反射镜 805 和 806 构成的光学系统,光会聚在对应于各个波长的多个光电转换元件 50 上。这使得能够监测各个波长的光功率水平,从而实现 OPM 功能。

对于本实施例的光电转换元件阵列 51,光接收器件的间距是 $100\ \mu\text{m}$,光接收器件的直径是 $50\ \mu\text{m}$ 。

通过本实施例,可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外,因为它紧凑,只需要装配很少的几个部件,因此可以实现作为易于装配的低损耗光学功能设备的 OPM。

另外,本实施例可以使用实施例 11 所示的 DGEQ 几乎所有的通用部件来实施。

另外,在图 39 中,为了方便起见,只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个光电转换元件 50,但是很明显,分路波长的数量和光电转换元件 50 的数量并不限于这个数字。

实施例 14

图 40 是本发明的光学功能设备的一个实施例,作为 WDM 通信系统中的波长选择交换器。

在图 40 中,本实施例的波长选择交换器配备有光环行器 30 和 31 作为将输入到第一端口 (a) 的光输出至第二端口 (b),并将输入到第二端口 (b) 的光输出至第三端口 (c) 的光学设备,光环行器 30 和 31 分别与组合/分路设备 20 和 21 的输入端相连。

另外,本实施例的组合/分路设备 20 和 21 包括:输入平板波导 4,作为将光输入进输入平板波导 4 的输入端的输入波导 3,输出平板波导 6,以及具有不同长度的多个信道波导的信道波导阵列 5,光由输入平板波导 4 输入并且输出至输出平板波导 6。

在图 40 中，如果波分复用光送至光环行器 30 的 IN 端口，它会被引导至第一组合/分路设备 20 的输入波导 3。光自由通过输入平板波导 4，到达信道波导阵列 5，并进行光学耦合，从而输入光功率被分布到构成信道波导阵列 5 的所有信道波导上。

构成信道波导阵列 5 的各个信道波导内的光产生对应于其波长的相移，并且由输出端输出，根据各个波长在角度色散的方向上以平行光射出。

如此通过信道波导阵列 5 分路至各个波长的光被引导至柱面透镜 803，变成了相对于垂直方向的平行光。

波分复用光被送至光环行器 31 的 ADD 端口的情况与此相同。

另外，分别设置透镜 804，用于根据角度色散方向把 (a) 各个波长的由第一组合/分路设备 20 产生了角度色散的光和 (b) 相同波长的由第二组合/分路设备 20 产生了角度色散的光会聚至不同的位置。

另外，这些透镜 804 和反射镜 805 和 807 布置为：(a) 由第一组合/分路设备 20 产生角度色散的频率的光所会聚的位置，和 (b) 由第二组合/分路设备 21 产生角度色散的相同频率的光所会聚的位置一致。

另外，反射镜阵列 13 包括多个反射镜 801，设置为光反射设备，设置在至少一个产生这种角度色散的各个频率的光大致会聚的位置，由第一组合/分路设备分路的各个频率的光被送入至这个阵列。

对应于各个分路波长的反射镜 801 排列在反射镜阵列 13 上。各个反射镜的角度根据需要进行调节，第一组合/分路设备 20 出来的光或者返回至第一组合/分路设备 20，或者反射至第二组合/分路设备 21。

换一句话说，对于送至第一组合/分路设备 20 的波分复用光中不进行波长交换的光，调节对应于那个波长的位置处的反射镜的反射角，使第一组合/分路设备 20 出来的光返回至第一组合/分路设备 20。

相反，对于要进行波长交换的光，调节对应于那个波长的位置处的反射镜的反射角，使第一组合/分路设备 20 出来的光引导至第二组合/分路设备 21。在此，从第二组合/分路设备 21 出来的相同波长的光由这个反射镜反射并引导至第一组合/分路设备 20。

这样，实现了波长选择交换器的功能，该波长选择交换器是一种光学功能设备，可以（a）从进入光环行器 30 的 IN 端口的波分复用光中分离出预定波长的光并引导至光环行器 31 的 DROP 端口，和（b）在进入光环行器 31 的 ADD 端口的波分复用光中插入与所分离的波长相同波长的光并作为波分复用光从光环行器 30 的 OUT 端口输出。

这样，通过本实施例，可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现作为易于装配的低损耗光学功能设备的波长选择交换器。

另外，对于包括组合/分路设备、柱面透镜 803、透镜 804、反射镜 805 和 807 的光学系统，因为可以使用类似于实施例 10~13 中的结构，因此对于光学选择交换器没有必要单独地开发这些部件，通过通用部件的批量生产也可以达到降低成本的效益。

例如，本实施例的波长选择交换器可以配置为，图 36 所示的 DGEQ 轴对称布置并且共用反射镜 801 和反射镜 806 的阵列 13。

另外，在图 40 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个反射镜 801，但是很明显，分路波长的数量和反射镜 801 的数量并不限于这个数字。

实施例 15

图 41 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为 WDM 通信系统中的 OPM，实现与图 39 所示的 OPM 相同的功能。

图 41 的结构与图 39 的结构之间的差别在于，图 39 中自由空间光学系统的部件功能的一部分是在输出平板波导 6 内实现的。

在图 41 中，形成了平板波导内部端面 603 和 604（当把平板波导内部的端面投影在平板基板 100 的主平面上时，各个边缘形成的线是直线），使得它们大致垂直于平板基板 100 的主平面，从而在输出平板波导 6 的芯型内自由传播的光在平行于平板基板 100 的主平面的方向上进行反射，这样实现了图 39 中反射镜 805 的功能。

其中，“当把平板波导内部的端面投影在平板基板 100 的主平面上时，

各个边缘形成的线”是指“直接从平板基板 100 的上方看时，由平板波导内部端面所形成的线（例如 603）”。

在输出平板波导 6 内部设置平板波导内部端面 605，当把其边缘投影在平板基板 100 的主平面上时所形成的线是曲线。这是反射表面，根据角度色散方向将各个波长的由组合/分路设备 20 产生了角度色散的光会聚至不同的位置，这样实现了图 39 中透镜 804 的功能。

另外，如上所述，输出平板波导 6 包含具有相对高折射率的纤芯和具有相对低折射率的包覆层，因此，光限制在纤芯内。这表明图 39 所示的柱面透镜 803 的功能也可以在图 41 的结构中实现。

另外，通过设置平板波导内部端面 605，使得其边缘投影在平板基板的主平面上时所形成的的线是抛物线，可以实现将平行光束无像差地会聚至一个点，以及将可以认为是点源的光源发出的光束无像差地转换为平行光的功能。

换一句话说，如图 13 所示，从信道波导阵列 5 输出的光根据各个波长而作为不同方向的平行光在输出平板波导 6 的内部传播。经过端面 605（当这个平行光投影在平板基板的主平面上时由其边缘形成的线是抛物线）的反射，可以使光会聚。

另外，通过布置光电转换元件阵列 51，将光电转换元件 50 排列在对应于各个波长的光大致会聚的位置上作为光电转换设备，可以作为监测各个信道（波长）的光功率水平的 OPM。

另外，使用反射镜 806 将光路改变 90 度角，本实施例能使平板基板 100 和光电转换元件阵列 51 安装在同一平面上。

这样，通过本实施例，也可以如上述实施例 14 一样，获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现作为易于装配的低损耗光学功能设备的 OPM。

另外，在输出平板波导 6 上具有平板波导内部端面的光学系统以后称为平板光学系统，具有曲面型平板波导内部端面（如图 41 中所示的平板波导内部端面 605）的光学系统称为会聚型平板光学系统。

其中，(a) 构成输入波导 3、输入平板波导 4 和信道波导阵列 5 的纤

芯和 (b) 构成作为会聚型平板光学系统的输出平板波导 6 的纤芯可以使用相同的材料在厚度方向上同时制成，因此它们可以自动对齐。

另外，可以和半导体制造工艺一样，通过光掩膜上形成的印刷图案形成平面内部波导端面 603、604 和 605。

例如，为实现图 39 所示的由柱面透镜 803、透镜 804 和反射镜 805 构成的自由空间光学系统，因为这些部件需要精确对准和固定，所以装配和调节费力费时。

与此相反，使用平板光学系统，只需通过设计掩膜图案就可以实现相同功能的光学系统，这使制造过程变得简单。

图 42 是显示平板光学系统示例的图，其具有与图 41 所示输出平板波导 6 相同的结构。

如图 42 所示，在单独制造输出平板波导、再与图 39 所示的组合/分路设备进行连接和光学耦合的方法中，制造过程比使用柱面透镜 803、透镜 804 和反射镜 805 构成光学系统更简单。

另外，构成平板波导端面的反射面的数量、形状以及排列可以根据需要进行更改。

图 43 是平板光学系统的另外一个结构示例。其中，构成平板波导端面的反射表面分成两个平板波导端面 603 和 605，这个反射表面位于平板基板的端面上或端面附近。这种结构会使反射表面上高反射膜和低反射膜的形成变得简单。

接下来，解释图 41 所示的 OPM 的具体结构。

构成图 41 中的输出平板波导 6 的纤芯和构成波长组合/分路滤波器的纤芯可以用相同的材料同时制造，所以它的折射率和厚度与构成波长组合/分路滤波器的纤芯相同，接着形成信道波导阵列的芯型。

平板波导内部端面 603、604 和 605 是在由包覆层覆盖纤芯后，通过反应离子刻蚀而形成的。这个制造过程中使用了光刻工艺，因此，平板波导内部端面 603、604 和 605 的形状和相对位置通过玻璃掩膜上形成的图案决定。

波导的厚度、宽度、长度和纤芯/包覆层的折射率差与实施例 1 相同。

该平板光学系统的尺寸如下：从信道波导阵列芯型的输出口至平板波导内部端面 603 之间的距离大约为 45mm，沿着光路从信道波导阵列芯型的输出口至平板波导内部端面 605 之间的距离大约为 85mm，平板波导内部端面 605 的曲率半径为 200mm。

沿着光路从平板波导内部端面 605 至会聚位置 701 之间的距离大约为 100mm。光电转换元件阵列 51 的各个光电转换元件 50 的光接收器件之间的间距是 $100\ \mu\text{m}$ ，光接收器件的直径是 $50\ \mu\text{m}$ 。

另外，可以在光通过平板光学系统的地方设置柱面透镜，用于把垂直于平板基板主平面的方向上照射的光会聚在会聚位置 701。

另外，在图 41 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的光电转换元件 50，但是很明显，分路波长的数量和光电转换元件 50 的数量并不限于这个数字。

实施例 16

图 44 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为 WDM 通信系统中的 OPM，其实现与图 41 所示的 OPM 相同的功能。

图 44 的结构与图 41 的结构之间的差别在于，本实施例的图 44 中：(a) 未设置作为图 41 所示的自由空间光学系统的部件的反射镜 806 (b) 产生角度色散的光会聚的位置 701 和会聚型平板光学系统的最末端面 606 集合在一起，和 (c) 光电转换元件阵列 51 连接在这个端面上。

通过本实施例，可以如上述实施例 15 一样，获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备 OPM。

另外，通过本实施例，与实施例 15 相比可以产生如下效益：器件的数量进一步减少，成本降低，器件需要对准的点数减少，光学系统的结构变得简单，由于更少发生器件位置不对准的情况，光学系统的稳定性得到提高，系统也变得紧凑。

在图 44 中，平板波导内部端面 605 的曲率半径大约为 180mm。

另外，在图 44 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路

以及与之相对应的光电转换元件 50，但是很明显，分路波长的数量和光电转换元件 50 的数量并不限于这个数字。

实施例 17

图 45 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为 WDM 通信系统中的 DGEQ，实现与图 36 所示的 DGEQ 相同的功能。

本实施例与实施例 11 的关系与实施例 15 和实施例 13 的关系相同。

换一句话说，图 45 所示的实施例的结构与图 36 所示的结构之间的差别在于：图 36 中自由空间光学系统的部件功能一部分是在输出平板波导 6 内实现的。

在图 45 中，平板波导内部端面 603 和 604 大致与平板基板 100 的主平面垂直，从而在输出平板波导 6 的芯型内自由传播的光在平行于平板基板 100 的主平面的方向上反射，这样实现了图 36 中反射镜 805 的功能。

平板波导内部端面 605 设置在输出平板波导 6 内部，当其边缘投影在平板基板 100 的主平面上时形成的线是曲线。它是反射表面，根据角度色散方向将各个波长的由组合/分路设备 20 产生了角度色散的光会聚至不同的位置，从而实现了图 36 中透镜 804 的功能。

另外，它与实施例 11 以相同的方式工作，实现 DGEQ 的功能。

这样，通过本实施例，也可以如上述实施例 14 一样，获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现易于装配的低损耗光学功能设备 DGEQ。

另外，通过本实施例，由于组合/分路设备和会聚型平板光学系统形成一个单元，可以产生如下效益：部件的数量进一步减少，成本降低，部件需要对准的点的数量减少，光学系统的结构变得简单，光学系统的稳定性由于更少发生部件位置不对准的情况而得到提高，系统也变得紧凑。

另外，在图 45 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个反射镜 801，但是很明显，分路波长的数量和反射镜 801 的数量并不限于这个数字。

实施例 18

图 46 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为 WDM 通信系统中的 DGEQ，实现与图 45 所示的 DGEQ 相同的功能。

图 46 所示的本实施例的结构与图 45 所示的结构之间的差别在于，图 45 中构成自由空间光学系统的反射镜 805 的功能是在输出平板波导 6 内实现的，其它部件与图 45 完全相同。

换一句话说，在图 46 中，在输出平板波导 6 内设置倾斜于平板基板 100 主平面的平板波导内部端面 607，并通过这个倾斜面把输出平板波导中传播的光引导到垂直于平板基板 100 的方向上，从而图 45 中所需要的反射镜 806 就变得不必要了。通过图 45 所示的结构，可以通过使反射镜阵列 13 的主平面和平板基板 100 的主平面平行而简化安装。

另外，本实施例也与实施例 11 以相同的方式工作，实现 DGEQ 的功能。

通过本实施例，也可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现没有装配麻烦的低损耗 DGEQ 光学功能设备 DGEQ。

另外，通过本实施例，由于组合/分路设备和会聚型平板光学系统形成一个单元，可以产生如下效益：部件的数量进一步减少，成本降低，部件需要对准的点数减少，光学系统的结构变得简单，光学系统的稳定性由于更少发生部件位置不对准的情况而得到提高，系统也变得紧凑。

另外，在图 46 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个反射镜 801，但是很明显，分路波长的数量和反射镜 801 的数量并不限于这个数字。

实施例 19

图 47 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为 WDM 通信系统中的波长选择交换器，实现与图 40 所示的波长选择交换器相同的功能。

本实施例与实施例 14 的关系与实施例 15 和实施例 13 的关系相同。

换一句话说，图 47 所示的实施例的结构与图 40 所示的结构之间的差别在于，图 40 中自由空间光学系统的部件功能的一部分是在输出平板波导 6 内实现的。

在图 47 中，平板波导内部端面 603 和 604 大致与平板基板 100 的主平面垂直，在输出平板波导 6 的芯型内自由传播的光在平行于平板基板 100 的主平面的方向上反射，从而实现了图 40 中反射镜 805 的功能。

平板波导内部端面 605 设置在输出平板波导 6 内部，其边缘投影在平板基板 100 的主平面上时形成的线是曲线。它是反射表面，根据角度色散方向将各个波长的由组合/分路设备 20 产生了角度色散的光会聚至不同的位置，这样实现了图 40 中透镜 804 的功能。组合/分路设备 21 的输出平板波导与此相同。

另外，它与实施例 15 以相同的方式工作，实现波长选择交换器功能。

通过本实施例，也可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外，因为它紧凑，只需要装配很少的几个部件，因此可以实现作为易于装配的低损耗光学功能设备的波长选择交换器。

另外，通过本实施例，由于组合/分路设备和会聚型平板光学系统形成一个单元，可以产生如下效益：光学系统的结构变得简单，光学系统的稳定性由于更少发生部件位置不对准的情况而得到提高，系统也变得紧凑。

另外，构成本实施例的一部分或所有的波导可以在同一个平板基板上同时制成。

另外，在图 47 中，为了方便起见，只显示了三支分路波长光的光路以及与之相对应的三个反射镜 801，但是很明显，分路波长的数量和反射镜 801 的数量并不限于这个数字。

实施例 20

图 48 是本发明的光学功能设备的一个实施例，作为 WDM 通信系统、DGEQ、和 OPM 组合设备中的波长选择交换器。为实现各个功能，它具有本发明的组合/分路设备和平板光学系统形成一个单元的结构。

在图 48 中，组合/分路设备 20、组合/分路设备 21、它们的平板光学系统、反射镜阵列 13 和控制反射镜的辅助电路 401 构成了大致与图 47 所示的结构相同的波长选择交换器。

其中，平板光学系统输出端的平板波导内部端面 607 倾斜于平板基板 100 的主平面，由组合/分路设备 20 分路的各个波长的光和由组合/分路设备 21 分路的各个波长的光分别引导至安装在基板 400 上的反射镜阵列 13 相应的反射镜上，基板 400 大致平行于平板基板 100 的主平面，相同波长的光会聚在同一反射镜上，这样实现了图 47 中反射镜 807 的功能。

输入到光环行器 34 的 IN1 端口的波分复用光中的上述波长的光从光环行器 35 的 DROP 端口输出。其它波长的光与从光环行器 35 的 ADD 端口输入的具有与上述波长相同波长的光进行组合，并从光环行器 34 的 OUT1 端口输出，这样实现了波长选择交换器的功能。

从光环行器 35 的 OUT1 端口输出的波分复用光输入到光环行器 36 的 IN2 端口。

组合/分路设备 23、组合/分路设备 23 的平板光学系统、光电转换元件阵列 51 和处理各个光电转换元件的电信号并控制各个光电转换元件的辅助电路 402 构成了大致与图 41 所示的结构相同的 OPM。

输入到光环行器 36 的 IN2 端口的一部分波分复用光被引导至组合/分路设备 23 进行监测，在此产生角度色散并进行分路。光会聚在光电转换元件阵列 51 中与各个波长相对应的光电转换元件上，并监测其强度，这样实现了 OPM 的功能。

组合/分路设备 24、组合/分路设备 24 的平板光学系统、反射镜阵列 14 和控制反射镜阵列 14 的辅助电路 403 构成了大致与图 41 所示的结构相同的 DGEQ。

其中，组合/分路设备 24 的平板光学系统输出端的平板波导内部端面 608 倾斜于平板基板 100 的主平面，由组合/分路设备 24 分路的各个波长的光分别被引导至安装在基板 300 上的反射镜阵列 14 中相应的反射镜上，基板 300 大致平行于平板基板 100 的主平面，这样实现了图 41 中反射镜 806 的功能。

上述输入到上述光环行器 36 的 IN2 端口的波分复用光中除被分路监测的光之外的其它光被引导至组合/分路设备 24, 产生角度色散并被分路至各个波长。

光会聚在反射镜阵列 14 中相应的反射镜上, 产生预定的衰减, 并作为波分复用光从光环行器 36 的 OUT2 端口输出。从而实现了 DGEQ 的功能。

如上所述, 使用本实施例的光学功能设备, 可以 (a) 对于从 (例如) 终端传输来的波分复用光插入和分离特定波长的光, (b) 监测和生成各个波长的波分复用光, (c) 将各个波长的光调节至设定的光功率水平。

通过本实施例, 也可以获得平顶型和低损耗的传输特性。另外, 因为它紧凑, 只需要装配很少的几个部件, 因此可以实现没有装配麻烦的低损耗的光学功能设备。

另外, 通过本实施例, 光导、反射镜和光电转换元件构成的部件的对准可以同时进行, 这可以降低对准所需的人力。另外也可以同时进行光纤连接, 这可以降低光纤连接所需的人力。

另外, 在图 48 中, 为了方便起见, 只显示了三支分路波长光的光路以及构成反射镜阵列 13 的三个反射镜、构成光电转换元件阵列 51 的三个光电转换元件、和构成反射镜阵列 14 的三个反射镜, 但是很明显, 分路波长的数量和反射镜以及光电转换元件的数量并不限于这个数字。

另外, 本实施例设置为按照波长选择交换器、OPM、DGEQ 的顺序顺次实现这些功能, 但这些功能的组合、实现数量及其顺序都可以根据需要进行选择。

实施例 21

图 49 是将本发明的光学功能设备应用于 WDM 通信系统的实施例, 显示了具有将 A 点的波分复用光的各个信道 (波长) 分路至 C 点和 D 点的功能的 B 点的结构。

B 点的结构具有以下功能: (a) 向/从朝向 C 点和 D 点的波分复用光插入/分离特定信道, (b) 监测构成波分复用光的各个信道的光强度的 OPM 功能, 和 (c) 调节各个信道光的衰减的 DGEQ 功能。

在图 49 中,从 A 点来的波分复用光输入到波长选择交换器 61 的 IN1 端口。特定信道的光从 OUT1 端口输出并分路至 C 点方向,同时其它信道的光从 DROP1 端口输出并分路至 D 点方向。

在此,可以将波分复用光输入到 ADD1 端口,向 OUT1 端口输出的波分复用光中插入与分路至 D 点的信道相同的信道(波长)的光,并向 C 点传输。

这个通向 C 点的波分复用光通过 DGEQ 63 到达至 C 点,并且一部分输入到 OPM 65。构成波分复用光的各个波长的光强度可由 OPM 65 进行测量,并且如果需要可由 DGEQ 63 对特定波长的光强度进行调节。

例如,通向 C 点的波分复用光的各个信道包括:使用 A 点作为传输源的信道、和使用 B 点作为传输源的附加信道,并且可以考虑光强度随(例如)传输源的变化和传输路径的变化而显著变化的情况。但是,通过本实施例,可以监测和调节各个信道的光强度,并且可以在使各个信道的光强度大致相等之后,再将光传输至 C 点。

另外,从波长选择交换器 61 的 DROP1 端口输出的通向 D 点的波分复用光被输入到波长选择交换器 62 的 IN2 端口。可以从 DROP2 端口输出特定信道的光,在 B 点使用,例如,将其转化为电信号,或将其传输至其它点。

另外,不从 DROP2 端口输出的其它信道的光从 OUT2 端口向 D 点输出,但在此,可以将波分复用光输入到 ADD2 端口,向 OUT2 端口输出的波分复用光中插入与从 DROP2 端口输出的信道相同的信道的光,并向 D 点传输。

另外,DGEQ 64 和 OPM 66 可以向通向 D 点的波分复用光提供与上述 DGEQ 63 和 OPM 65 相同的操作和效果。

所有上述实施例所示的光学功能设备都可用于本实施例的波长选择交换器、DGEQ 和 OPM。例如,它们可以分别采用图 40、图 36、和图 39 所示的结构,或采用图 48 所示的结构。

通过本实施例,可以直接将任意信道(波长)的光分配至多个路径,与首先将光转化为电信号的情况相比,会产生降低系统成本的效益。

根据本发明的上述实施例，一种光学功能设备包括第一光组合/分路设备和第二光组合/分路设备，其具有输入波导、平板波导和包含多个不同长度的信道波导的信道波导阵列。光学设备会聚由第一和第二光组合/分路设备分路的光。反光镜位于分路光会聚的位置上，具有不同的反射角。根据反光镜的反射角度，可以选择从第一光组合/分路设备射出的光中至少一个波长的光进入第二光组合/分路设备的光路，或者这个光返回至第一光组合/分路设备的光路。

根据本发明的上述实施例，一种光学功能设备包括光组合/分路设备，其包含输入波导、平板波导，以及包含多个不同长度的信道波导的信道波导阵列。一个光学设备会聚由光组合/分路设备分路的光。反光镜位于分路光会聚的位置上，具有不同的反射角。

根据本发明的上述实施例，一种光学功能设备包括光组合/分路设备，其具有输入波导、平板波导、以及包含多个不同长度的信道波导的信道波导阵列。一个光学设备会聚由光组合/分路设备分路的光。反光镜位于分路光会聚的位置上，入射光的传输方向上的反射位置可以移动。通过在入射光的波长谱范围内改变反光镜的反射位置，可以调节入射光的波长谱范围内的返回至光组合/分路设备的光的光径长度。

根据本发明的实施例，一种光轴转换设备将光组合/分路设备和反光镜之间的光路改变 90 度角，光组合/分路设备和反光镜所安装的基板的主平面是平行的。

根据本发明的实施例，一种光学功能设备包括光组合/分路设备，其将构成波分复用光的各个波长的光分为两个或更多的组，并对各个波长组的波分复用光进行复用。

根据本发明的实施例，一种光学功能设备连接至光组合/分路设备的各个分路侧端口。

根据本发明的实施例，一种光学功能设备包括平面型光导，其包括：具有主平面的平板基板、位于平板基板的主平面上的包覆层、具有比包覆层更高的折射率且被包覆层包住的纤芯、以及波导端面，在波导端面中包覆层和纤芯的截面通过一个垂直于平板基板的平面而露出。信道波

导阵列的芯型为：(A) 光导包括：(a) 纤芯的一端延伸到该波导端面的输入波导芯型，和 (b) 多个独立芯型，一侧用作输入口，另外一侧用作输出口，和 (B) 设置为相邻芯型的输入口和输出口之间的光路之差为固定值的芯型。输入平板波导的芯型连接到输入波导芯型和信道波导阵列芯型的输入口。信道波导阵列芯型的输入口位于半径为 R 的第一个圆的圆弧上，输入波导芯型位于第一个圆的罗兰圆上，信道波导阵列芯型的输出口以固定间隔位于一条直线上。进入光导端面的输入波导芯型的光经过输入波导芯型到达输入平板波导芯型，然后在平板基板的主平面方向上在输入平板波导芯型内自由传播，并与多个信道波导阵列芯型进行光学耦合。输入波导芯型、输入平面芯型、和信道波导阵列芯型布置为：光经过信道波导阵列芯型后，变成了大致平行的光，并在平板基板的主平面方向和对应于各个波长的方向上由信道波导阵列芯型的输出口发生衍射。

根据本发明的不同实施例，设置了连接至信道波导阵列芯型的输出口的输出平板芯型。根据本发明的不同实施例，平面内部波导端面位于输出平板芯型的内部，这是用于反射在平板基板主平面方向上传输的光的波导端面。另外，根据本发明的不同实施例，平面内部波导端面在平行于平板基板主平面的方向上会聚几乎所有的产生了角度色散并从信道波导阵列芯型的输出口以平行光输出的光。

根据本发明的附加实施例，对于平面内部波导端面，当把平板波导内部端面投影到平板基板的主平面上时，由边缘形成的线是一条曲线。

根据本发明的不同实施例，当把平面内部波导端面投影到平板基板的主平面上时，由边缘形成的线是一个圆弧。

另外，根据本发明的实施例，当把平面内部波导端面投影到平板基板的主平面上时，由边缘形成的线是一条抛物线。

根据本发明的实施例，对于一个平面内部波导端面，当把平面内部波导端面投影到平板基板的主平面上时，由边缘形成的线是一条直线。对于一个平面内部波导端面，当把平面内部波导端面投影到平板基板的主平面上时，由边缘形成的线是一条曲线。这些端面配置为在平行于平

板基板主平面的方向上会聚几乎所有的产生角度色散并从信道波导阵列芯型的输出口以平行光输出的光。

根据本发明的实施例，一种光学功能设备在输出平板芯型的内部具有倾斜于平板基板主平面的倾斜波导端面。光由该倾斜的波导端面反射并射出至波导的外部。

根据本发明的实施例，反光镜能够改变入射光的相对角度并且反射表面位于光大致会聚的位置。

根据本发明的实施例，反光镜能够在入射光的传输方向上改变垂直于入射光的反射表面的位置。反射表面对应于各个波长而位于光大致会聚的位置。

根据本发明的实施例，光电转换设备对应于各个波长位于光大致会聚的位置，从而与入射光进行光学耦合。

根据本发明的实施例，一种平面型光导包括：具有主平面的平板基板，位于平板基板主平面上的包覆层，具有比包覆层更高的折射率且被包覆层包住的纤芯，和波导端面，在波导端面中包覆层和纤芯的截面通过一个垂直于平板基板的平面而露出。信道波导阵列的芯型为：(A) 光导包括：(a) 纤芯的一端延伸到波导端面的输入波导芯型，和 (b) 多个独立芯型，一侧用作输入口，另外一侧用作输出口，和 (B) 相邻芯型的输入口和输出口之间的光路之差为固定值。输入平面的芯型连接到输入波导芯型和信道波导阵列芯型的输入口。信道波导阵列芯型的输入口位于半径为 R 的第一个圆的圆弧上，输入波导芯型位于第一个圆的罗兰圆上，信道波导阵列的输出口以固定间隔位于一条直线上。输出平板芯型连接至信道波导芯型的输出口。在输出平板芯型内部，第一光学功能设备和第二光学功能设备具有平面内部波导端面，该波导端面用于 (a) 反射在平板基板主平面方向上传输的光和 (b) 在平行于平板基板主平面的方向上会聚几乎所有的产生角度色散并从信道波导阵列芯型的输出口以平行光输出的光。各个光学功能设备配置为使得光大致会聚的位置相同，并且在光大致会聚的位置上设置了能够改变入射光和反射表面的相对角度的反光镜。

根据本发明的实施例，多个光学功能设备位于同一个平板基板上形成一个单元。

根据本发明的实施例，在输出至平面光导外部的光的传输路径上设置凸透镜，使其焦点位于信道波导阵列芯型的输出口上。在平面光导相反一侧的凸透镜焦点位置上设置反光镜。

根据本发明的实施例，在输出至平面光导外部的光的传输路径上设置凸透镜，使其焦点位于信道波导阵列芯型的输出口上。反光镜能够在入射光的传输方向上改变垂直于入射光的反射表面的位置。在平面光导相反一侧的凸透镜的焦点位置处设置反光镜。

根据本发明的实施例，在输出至平面光导外部的光的传输路径上设置凸透镜，使其焦点位于信道波导阵列芯型的输出口上。在平面光导相反一侧的凸透镜的焦点位置处设置光电转换器，因此可以与入射光进行光学耦合。

根据本发明的实施例，设置了多个光学功能设备。在输出至各个光学功能设备的平面光导外部的光的传输路径上设置凸透镜，使其焦点位于信道波导阵列芯型的输出口上。各个光学功能设备和凸透镜布置为：使平面光导相反一侧的凸透镜焦点位置与输出至各个光学功能设备外部的相同波长光的焦点位置相同。反光镜能够改变入射光的相对角度，反射表面位于平面光导相反一侧的凸透镜焦点位置处。

根据本发明的实施例，可以实现具有平顶传输特性、低损耗、且紧凑的光学功能设备。

以上叙述了不同的示例尺寸和度量。但是，本发明不局限于任何特定的尺寸和/或度量。例如，本发明不局限于信道的数量、层/设备的间隔、以及上述的设备尺寸。

尽管显示并叙述了本发明的一些优选实施例，但本领域的技术人员可以理解，在不脱离本发明的精神或范围的情况下，可以对本发明的进行多种变化，本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

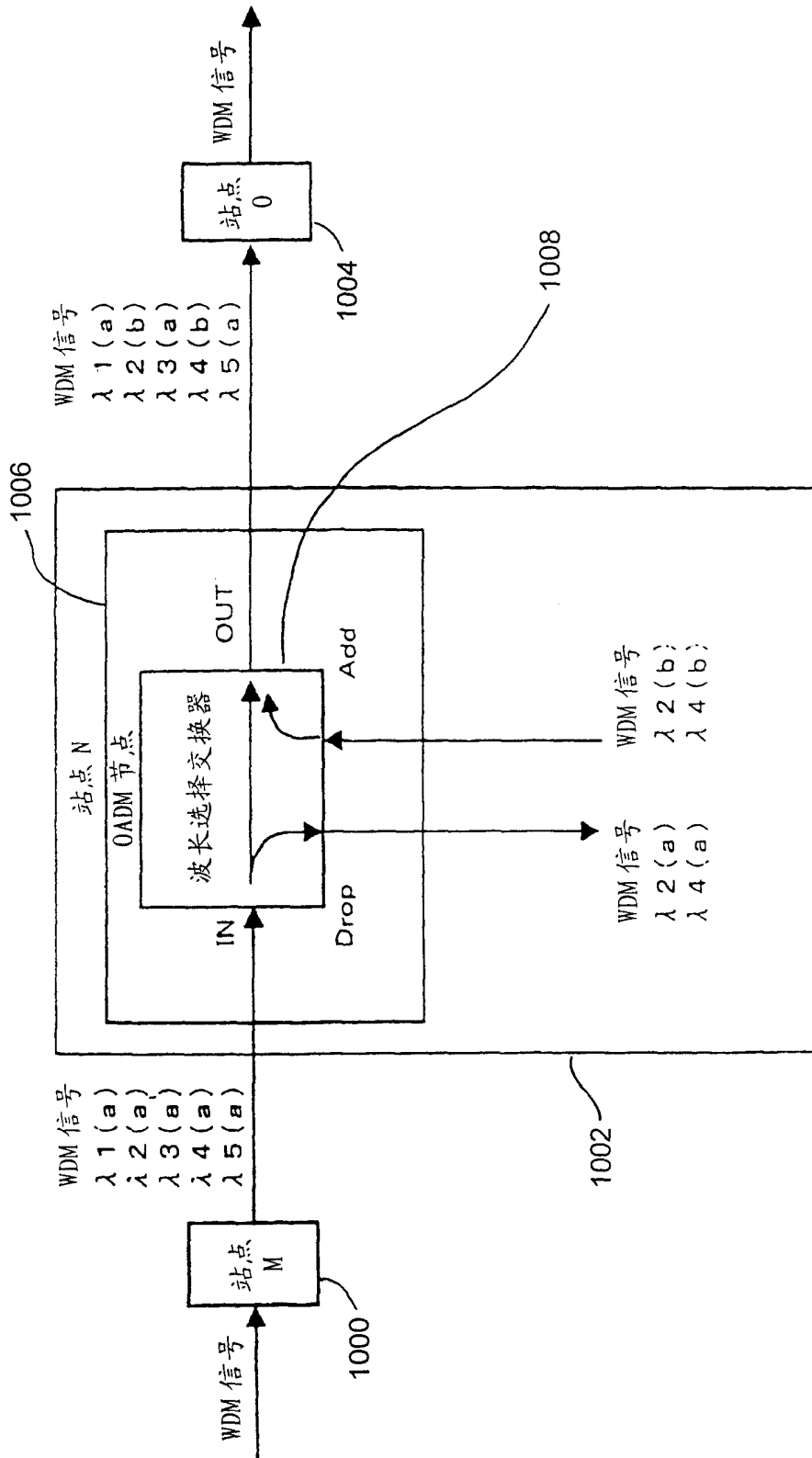


图 1 (现有技术)

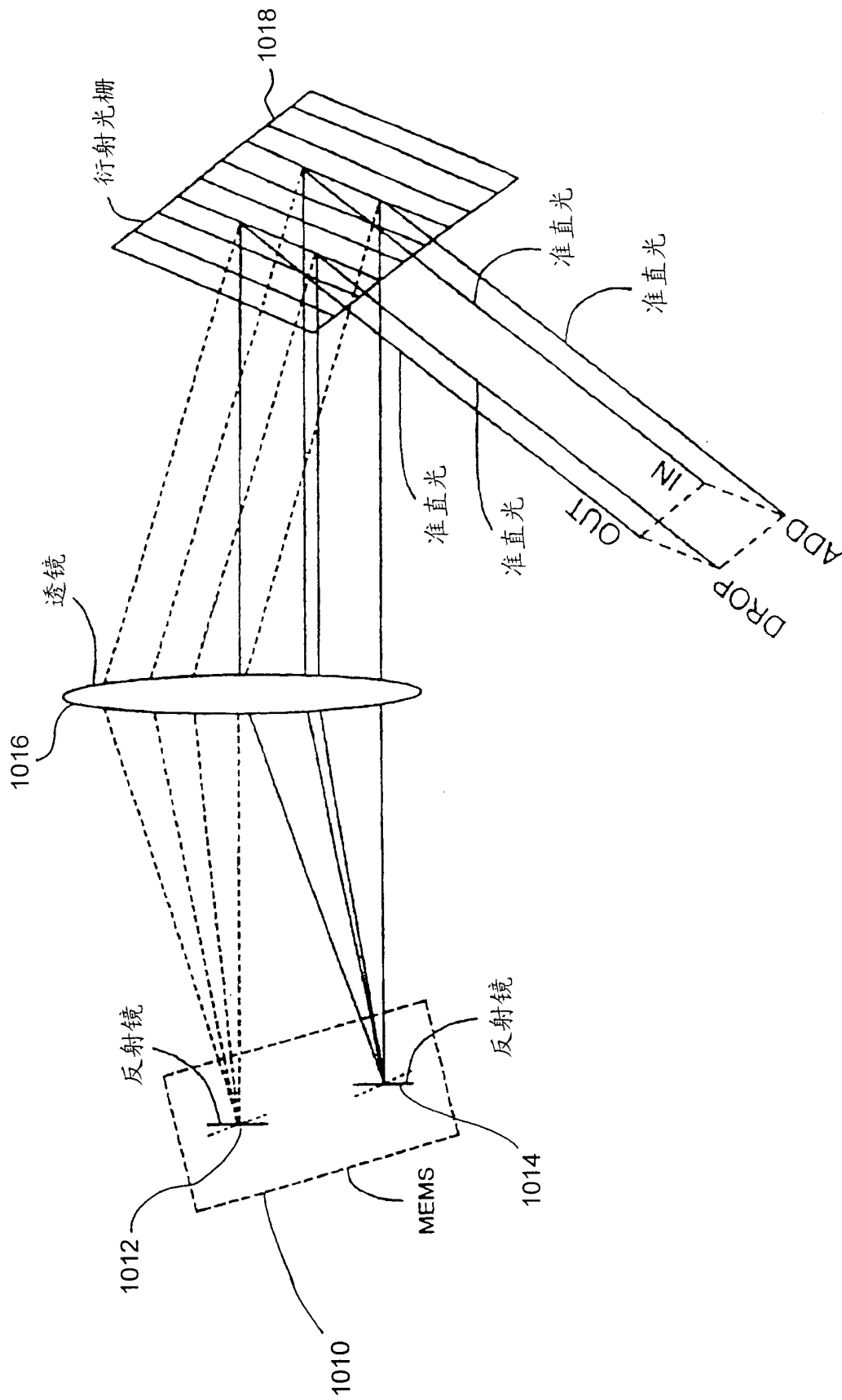


图 2 (现有技术)

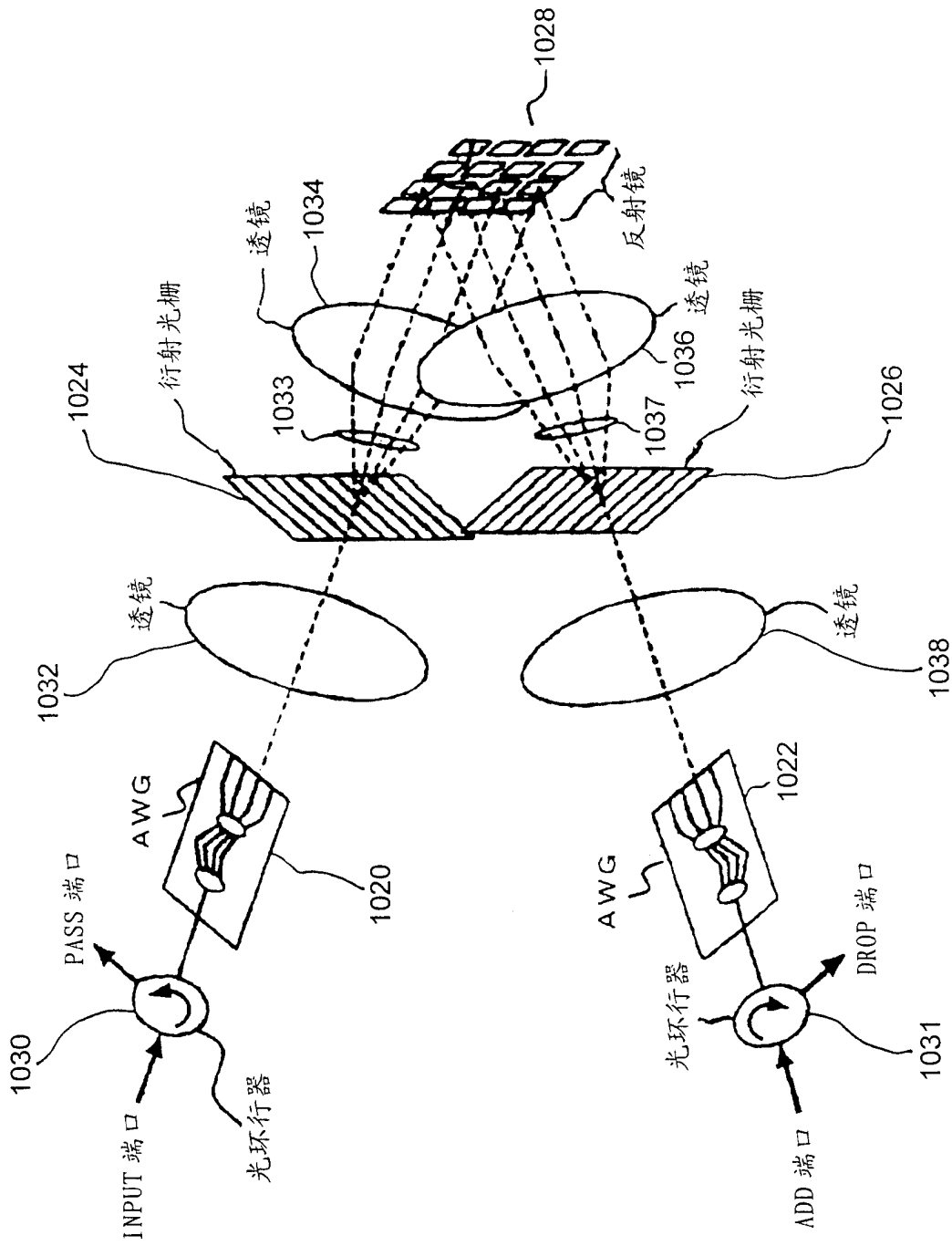


图 3 (现有技术)

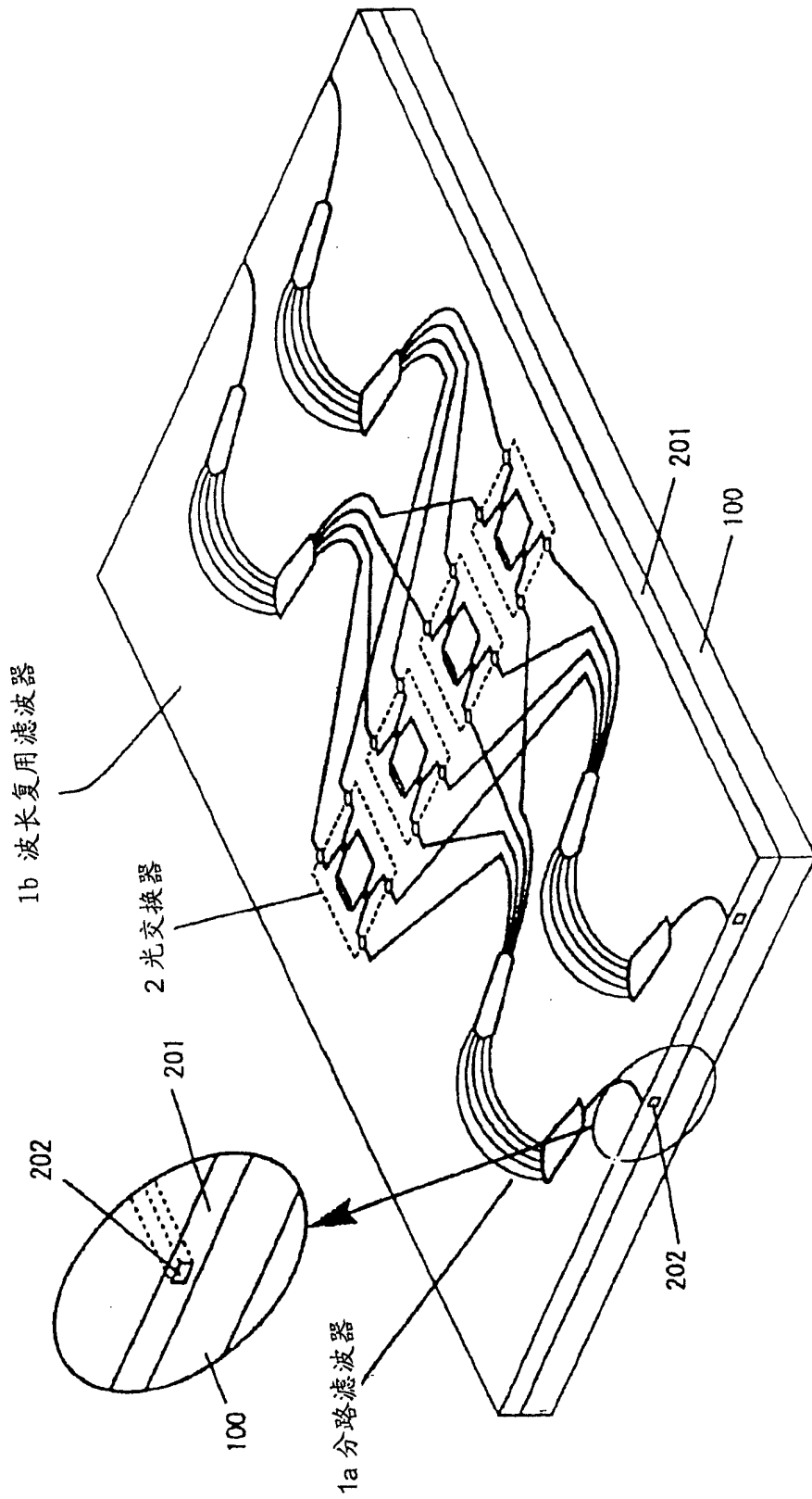


图 4 (现有技术)

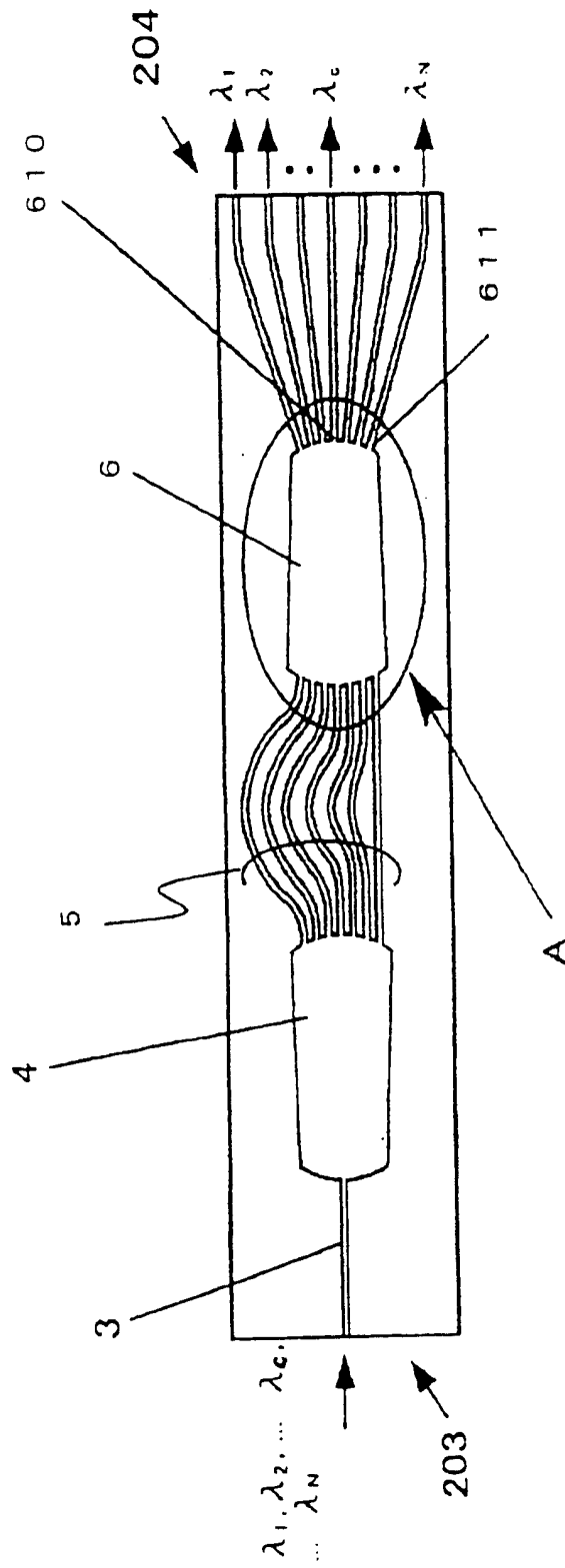


图5 (现有技术)

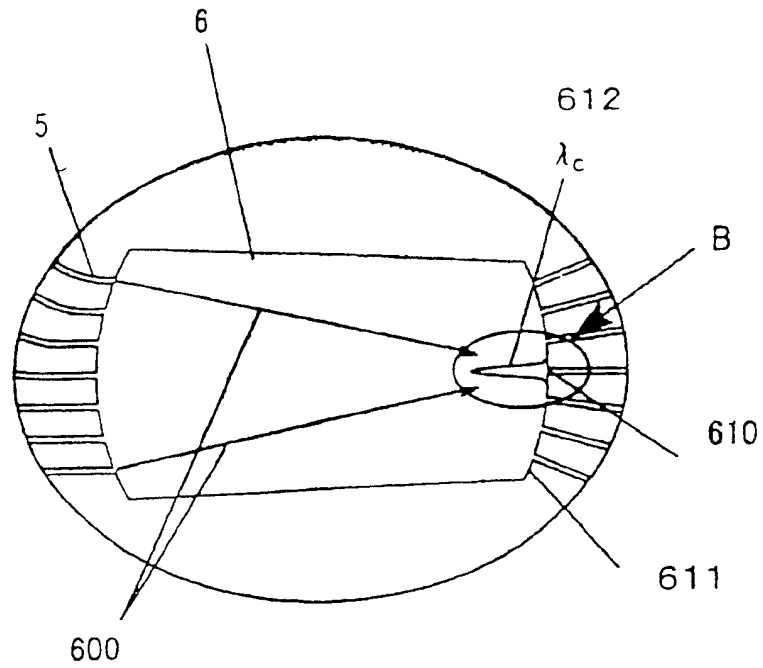


图 6A (现有技术)

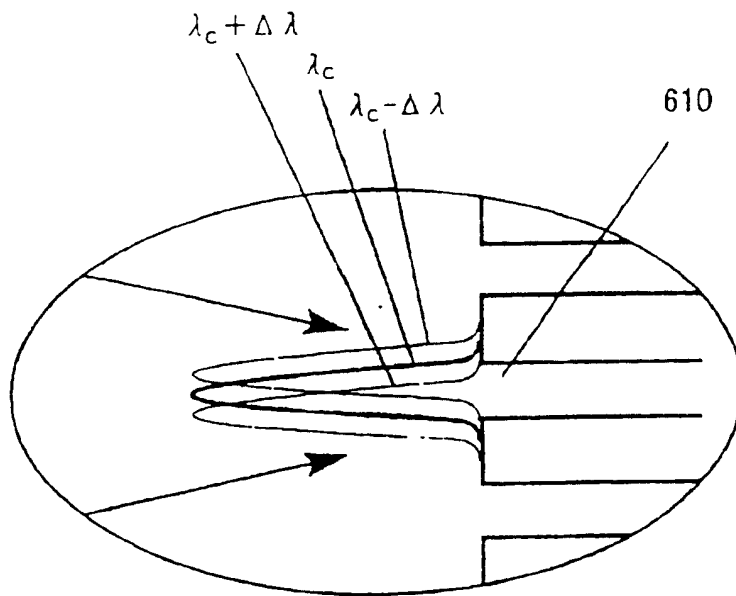


图 6B (现有技术)

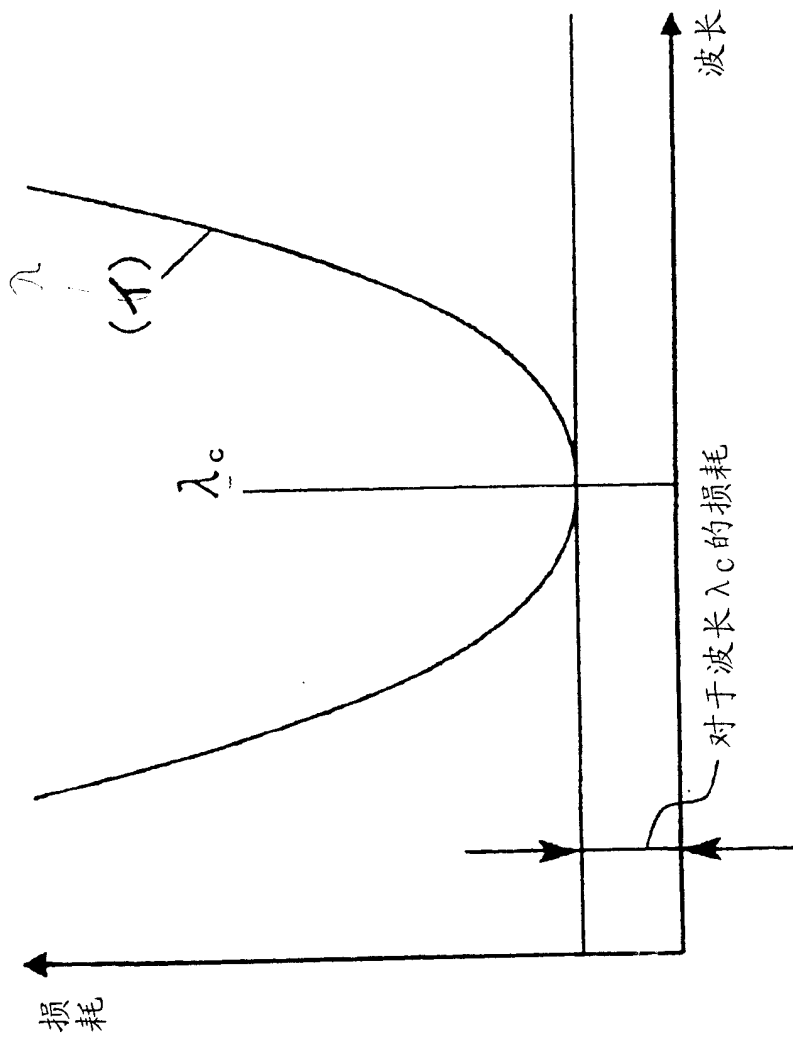


图7 (现有技术)

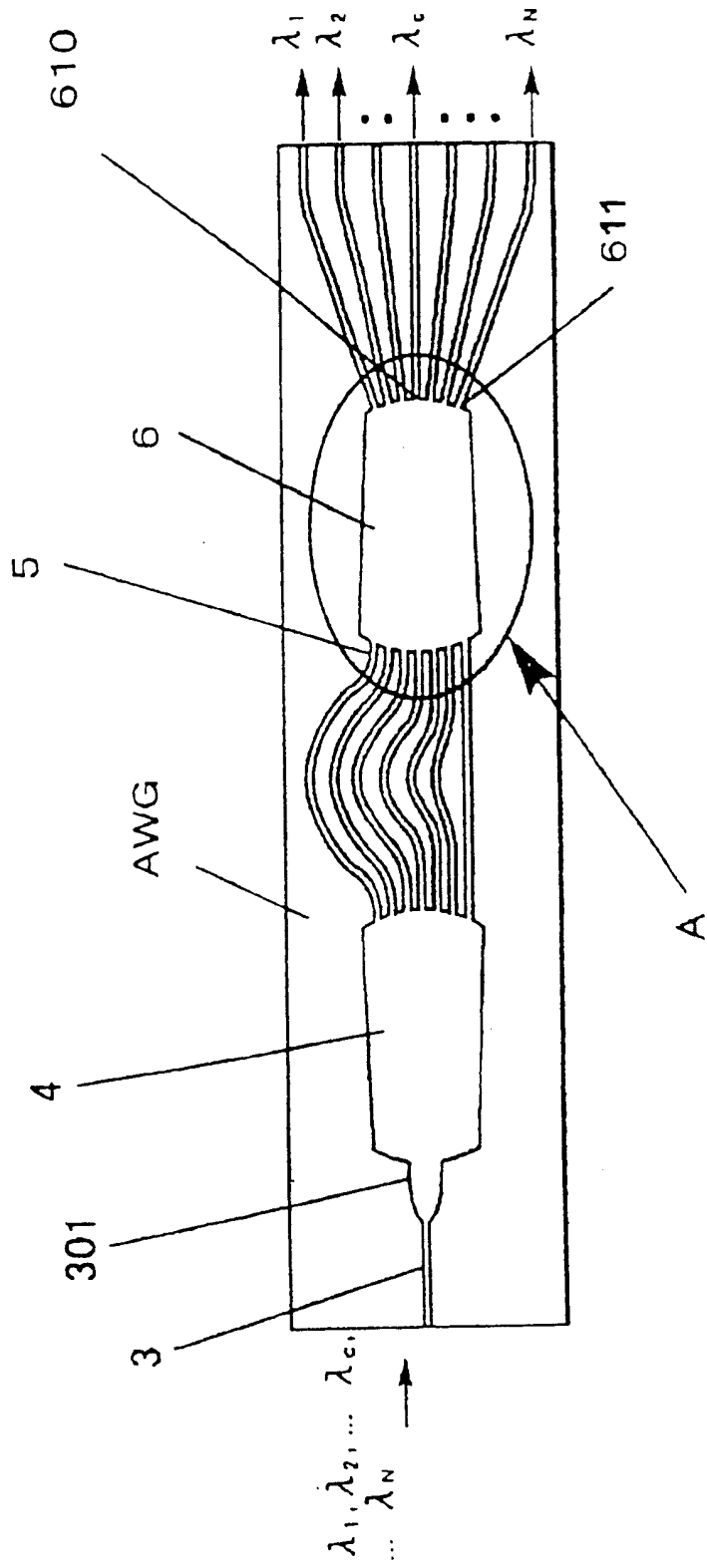


图8 (现有技术)

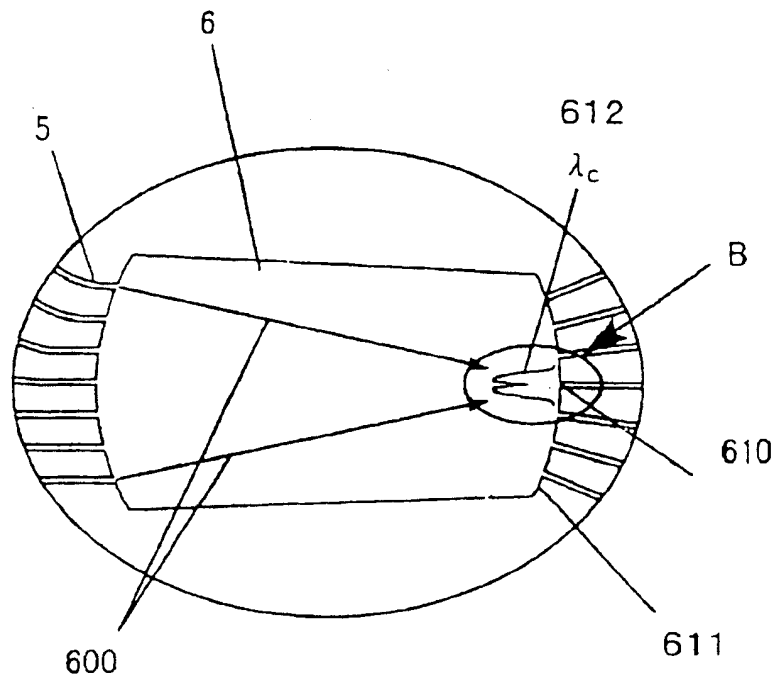


图 9A (现有技术)

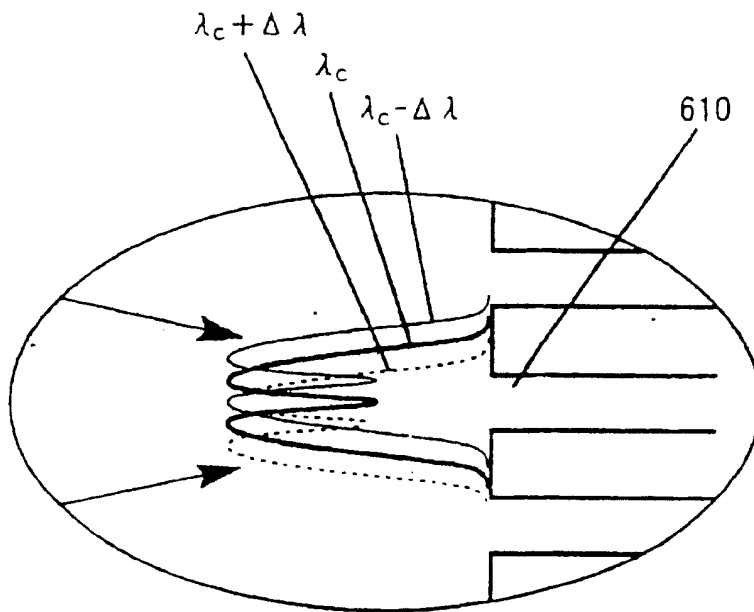


图 9B (现有技术)

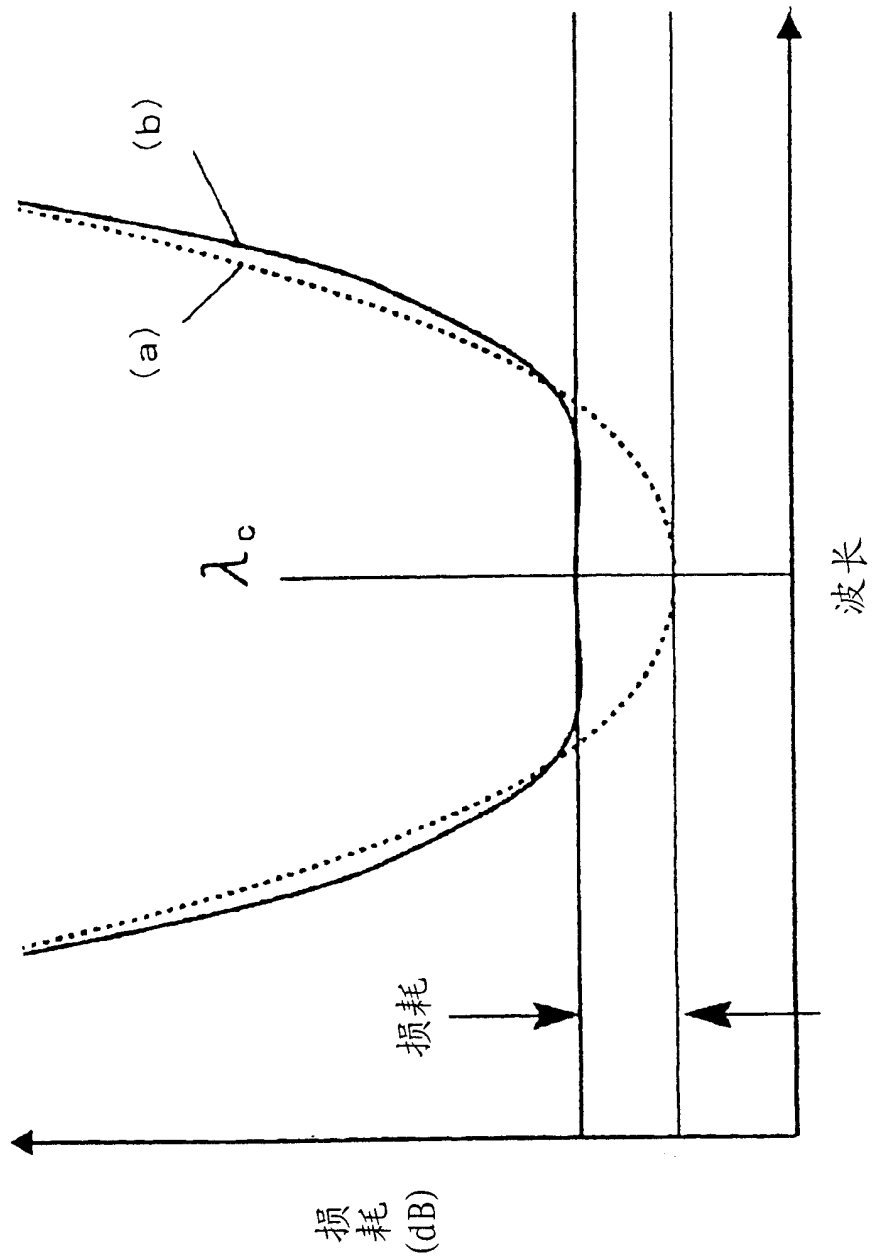


图 10 (现有技术)

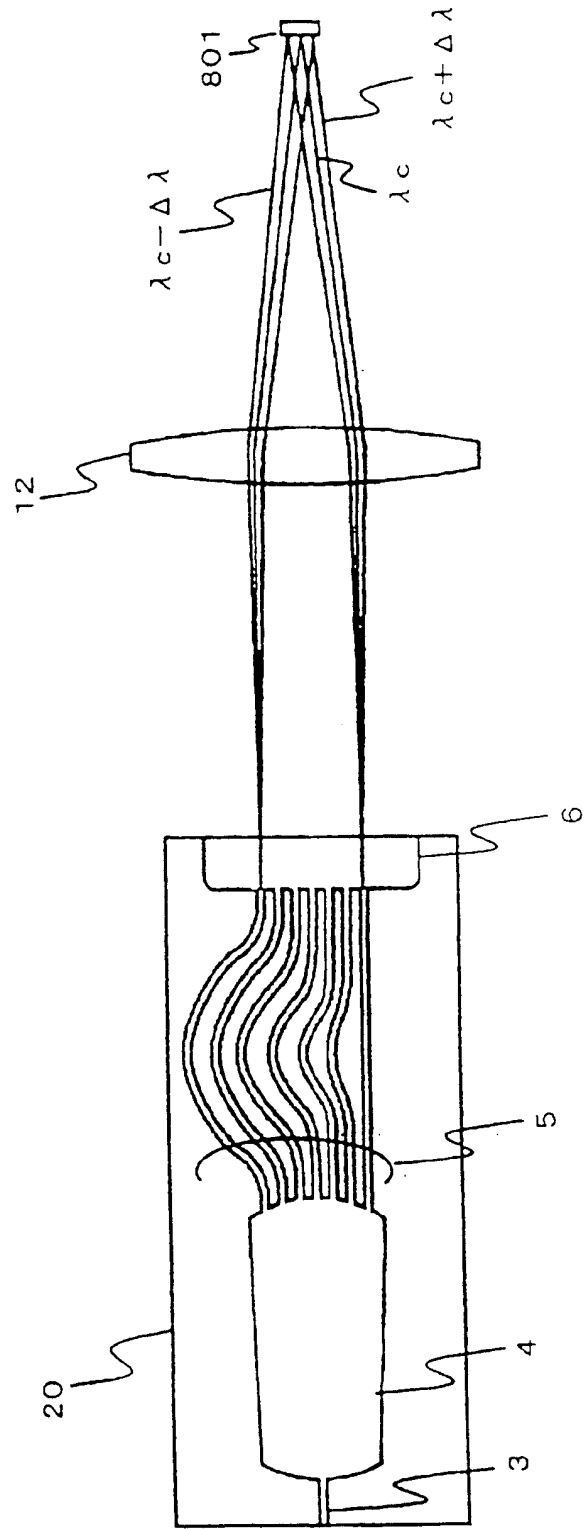


图 11

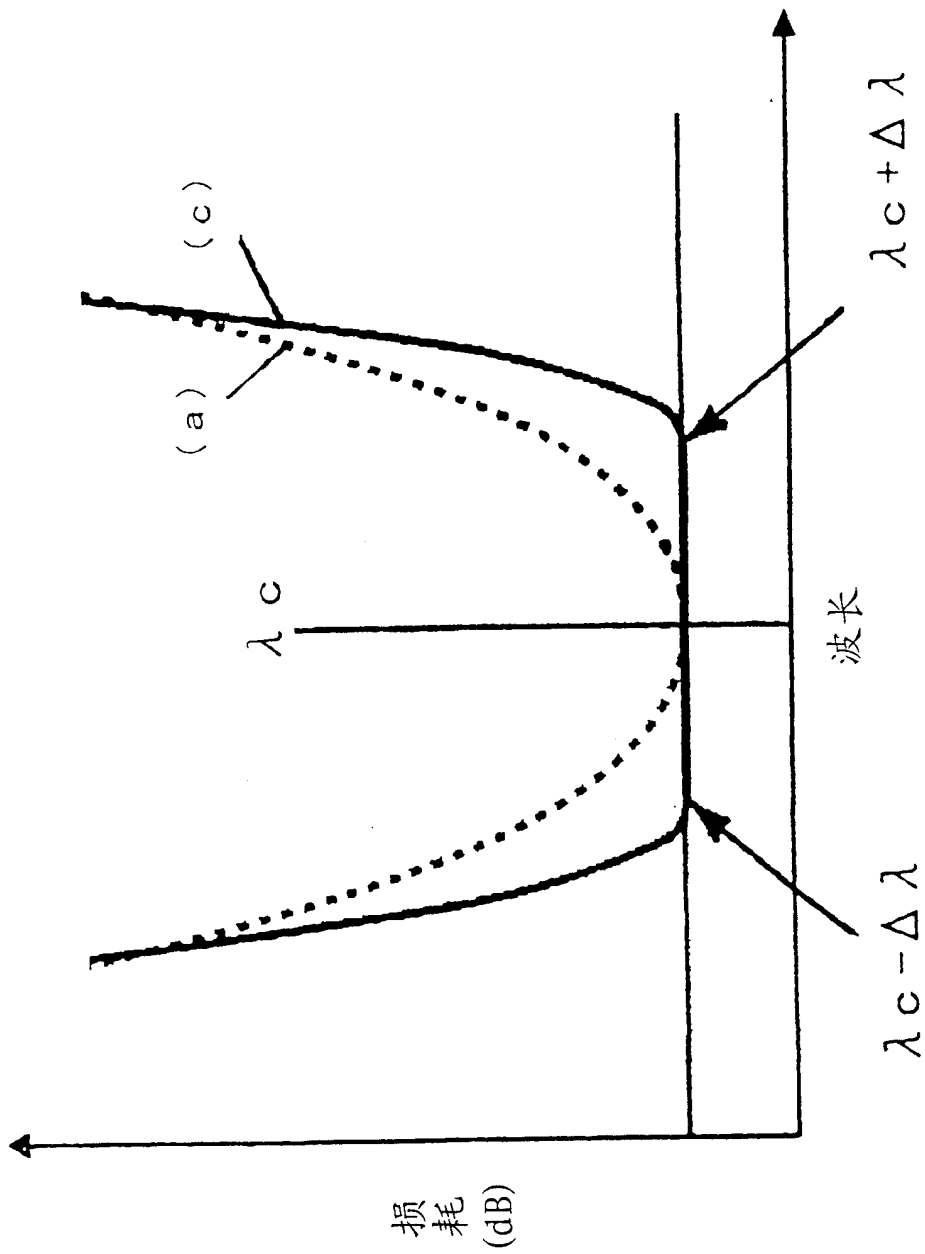


图 12

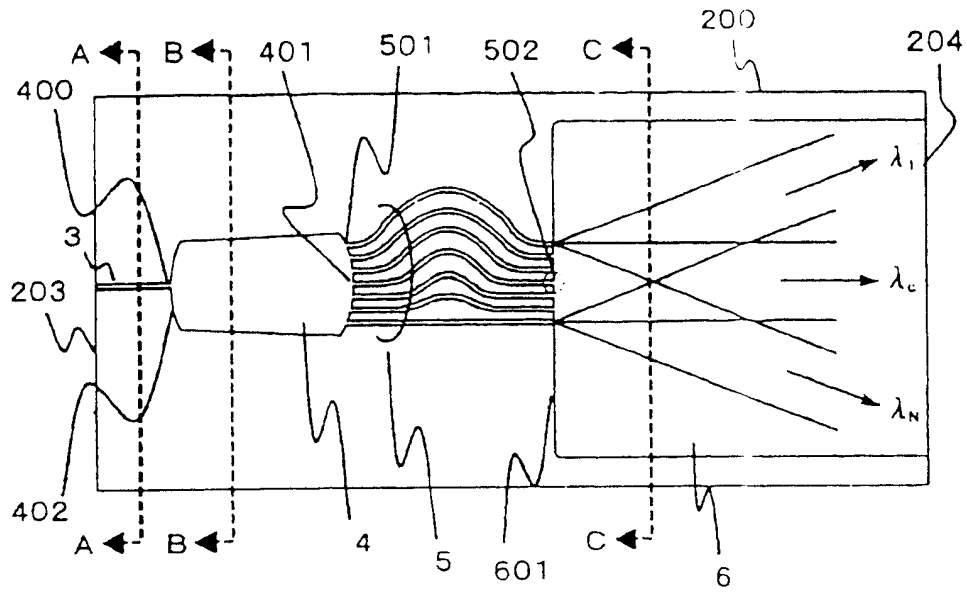


图 13A

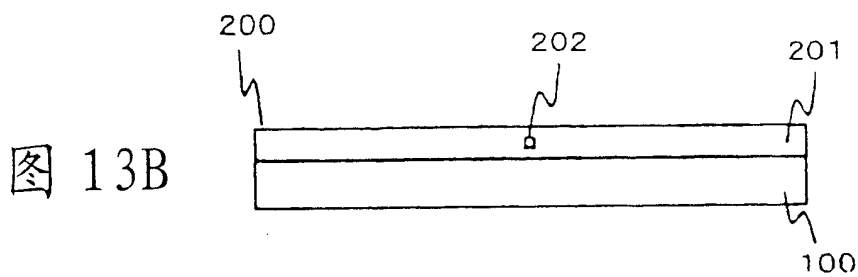


图 13B

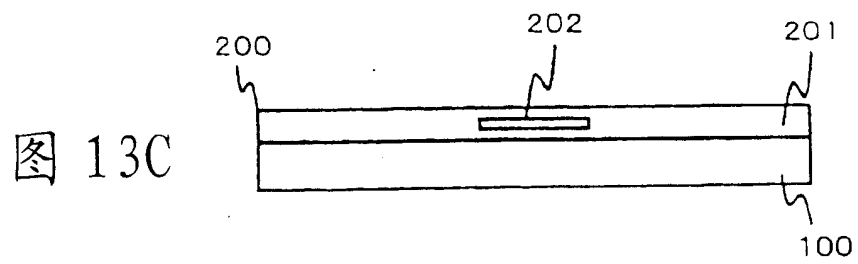


图 13C

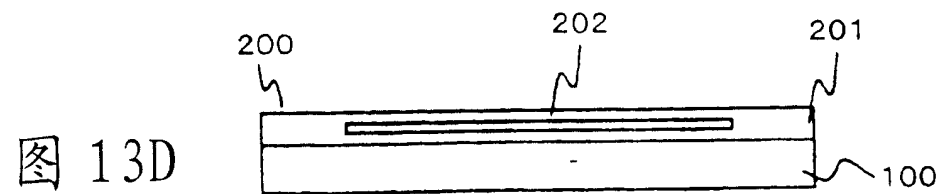


图 13D

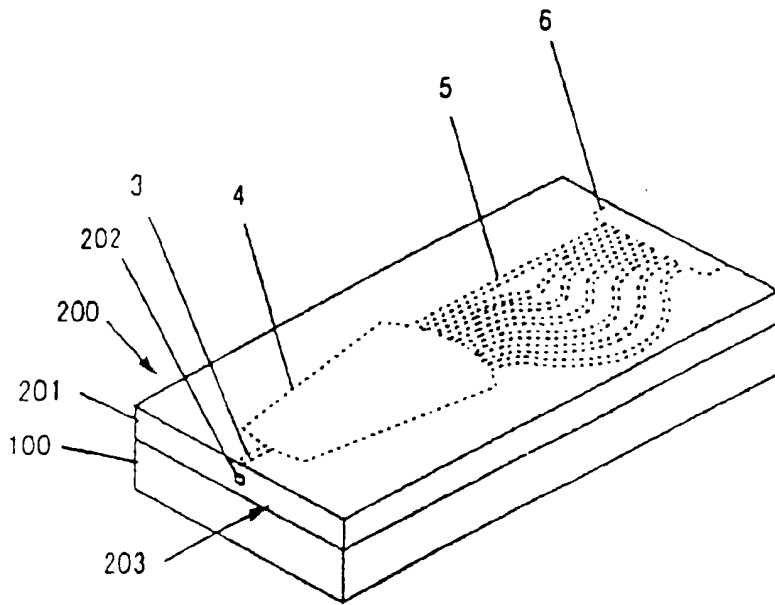


图 14A

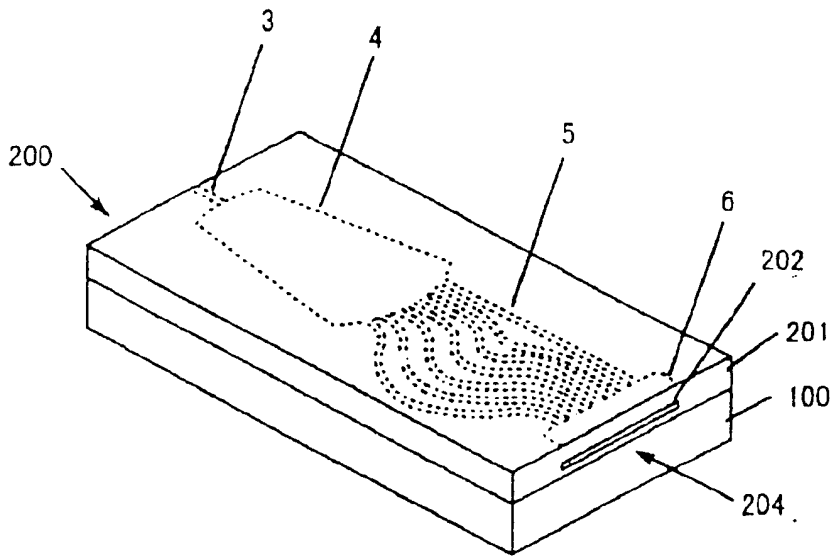


图 14B

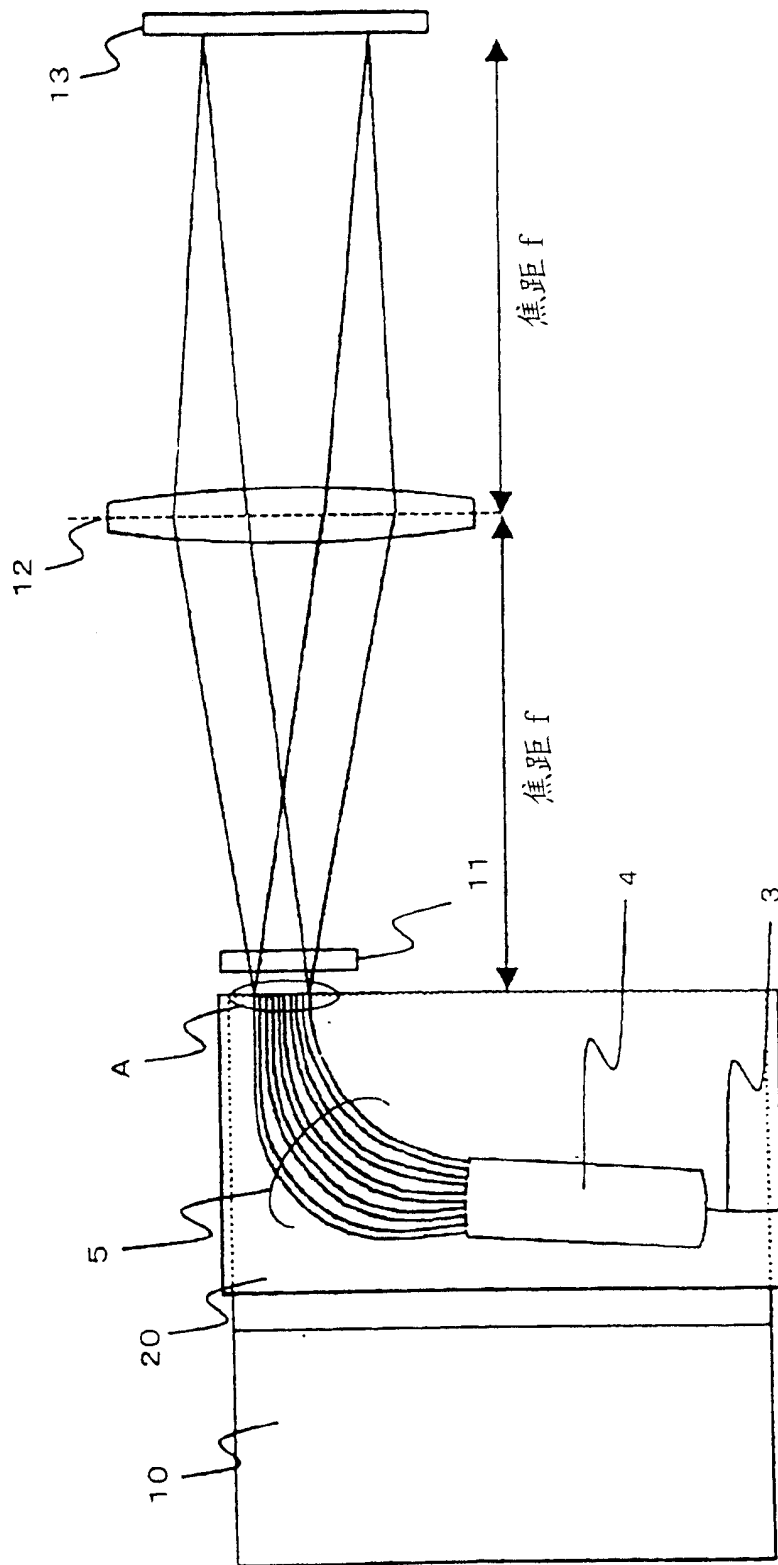


图 15

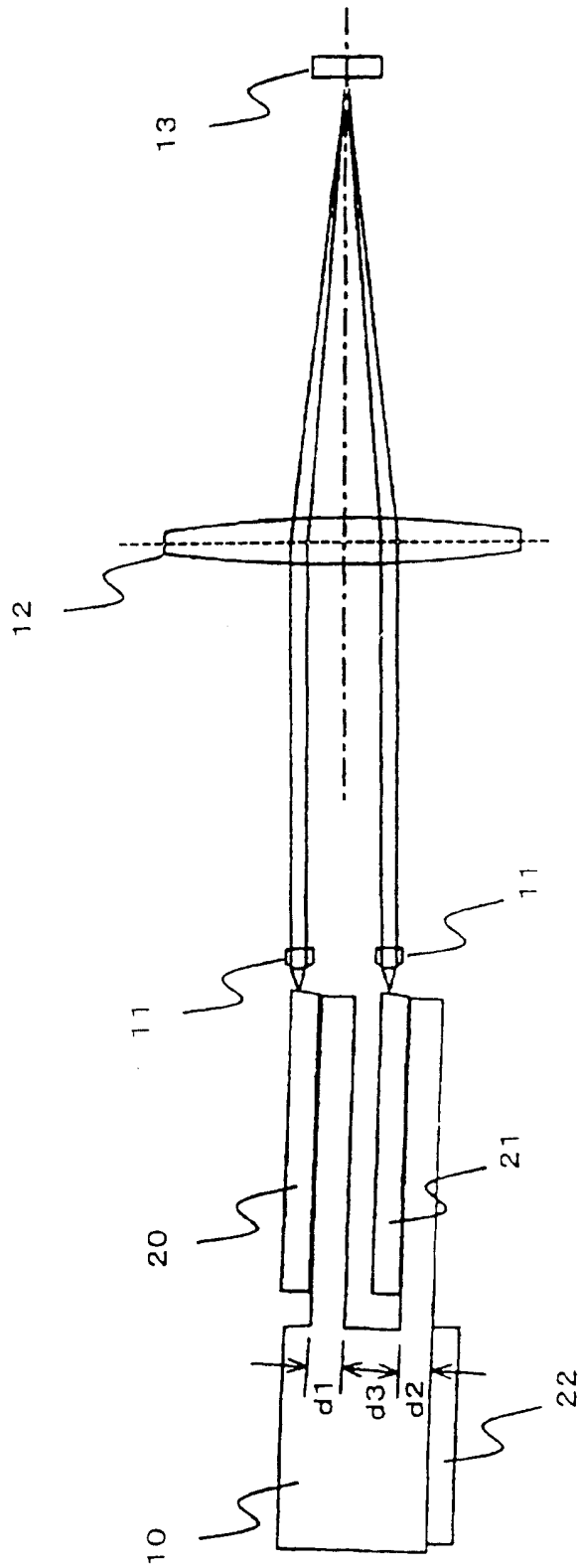


图 16

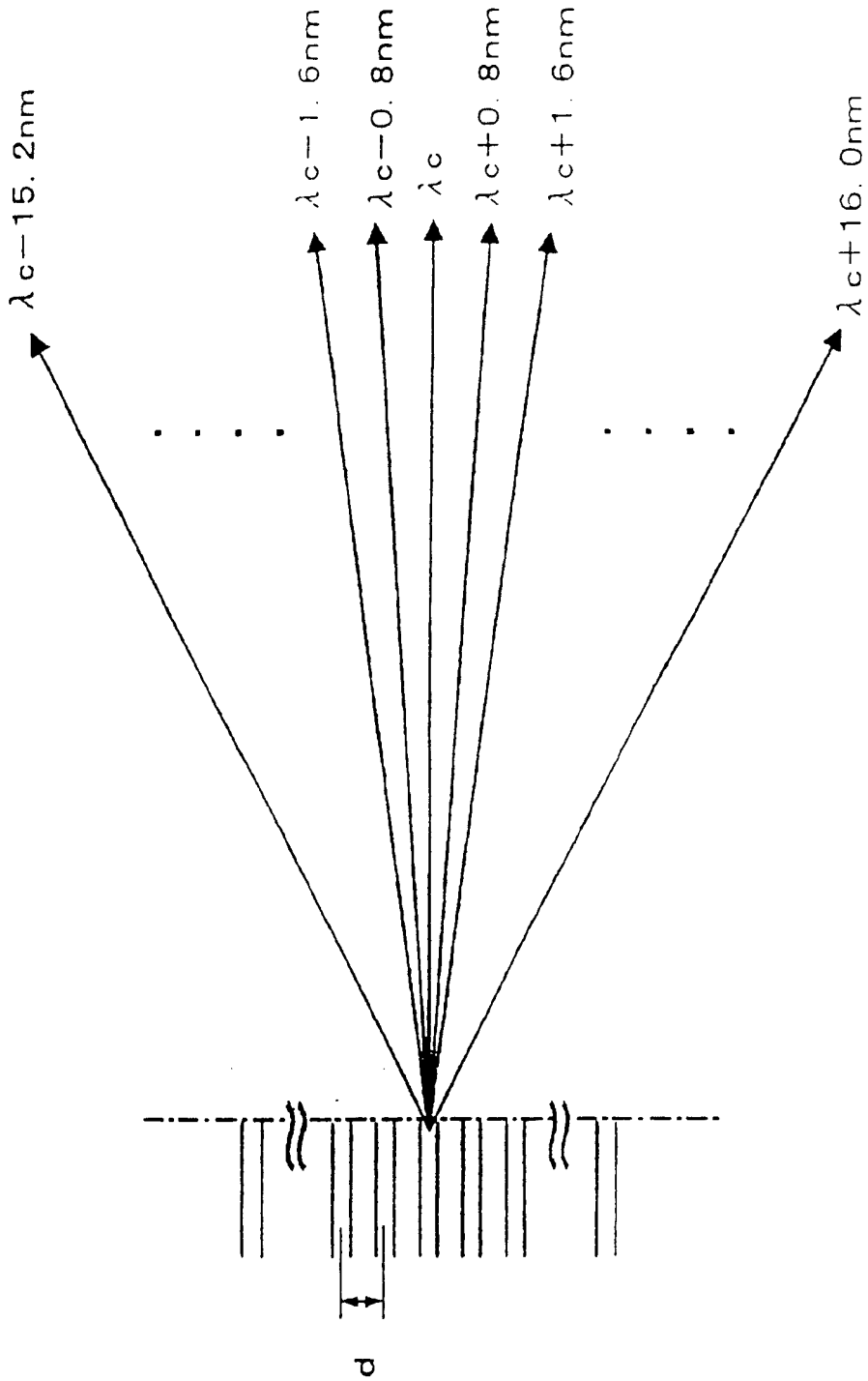


图 17

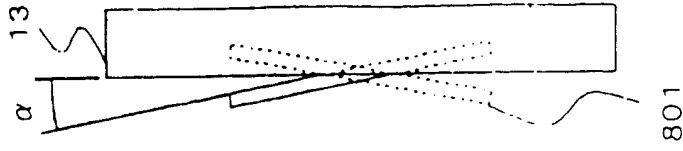


图 18B

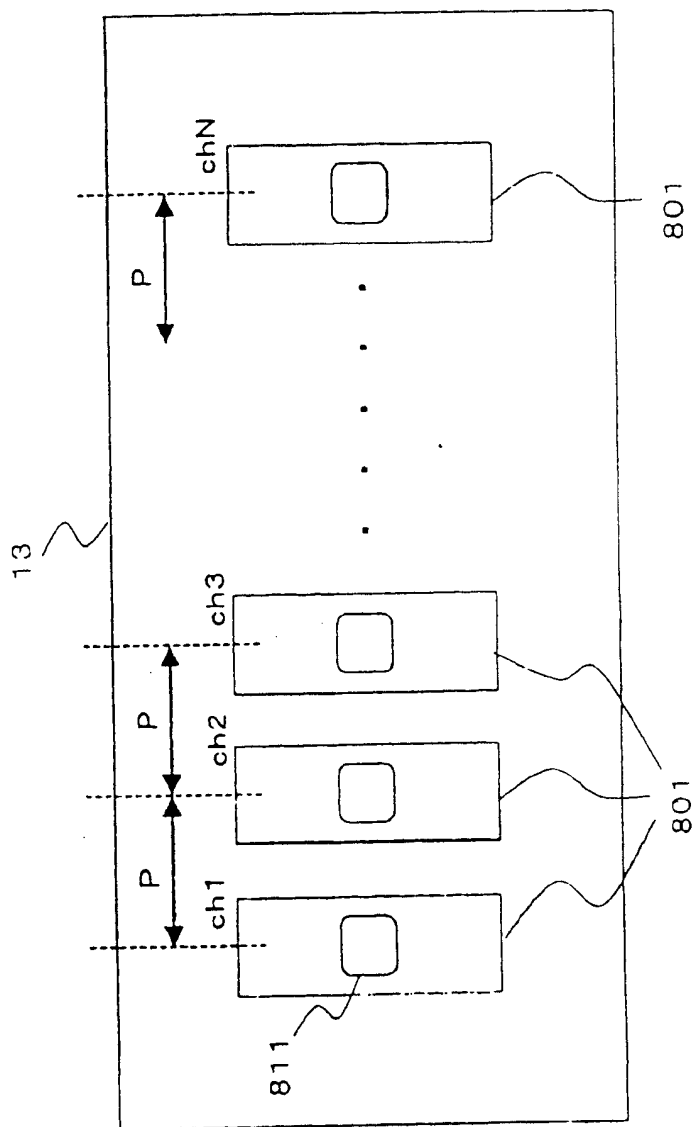


图 18A

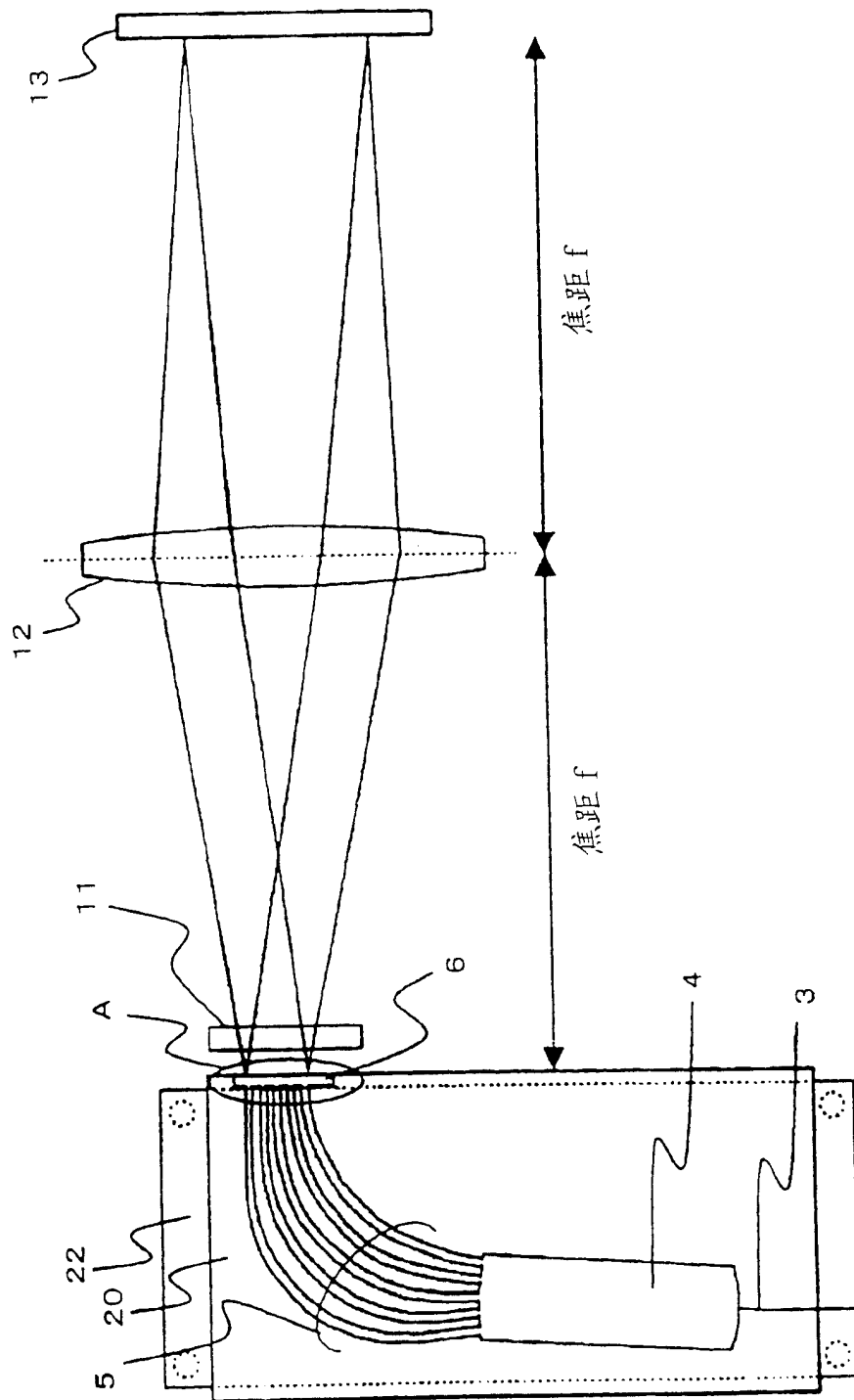


图 19

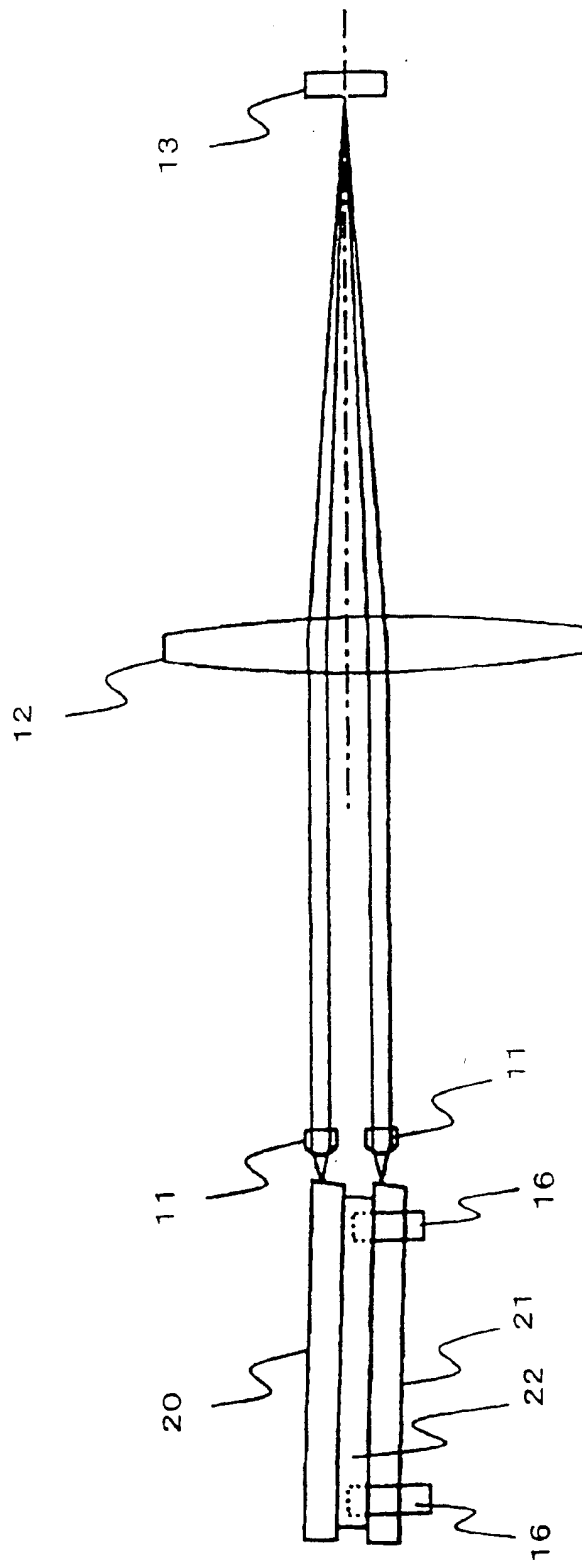


图 20

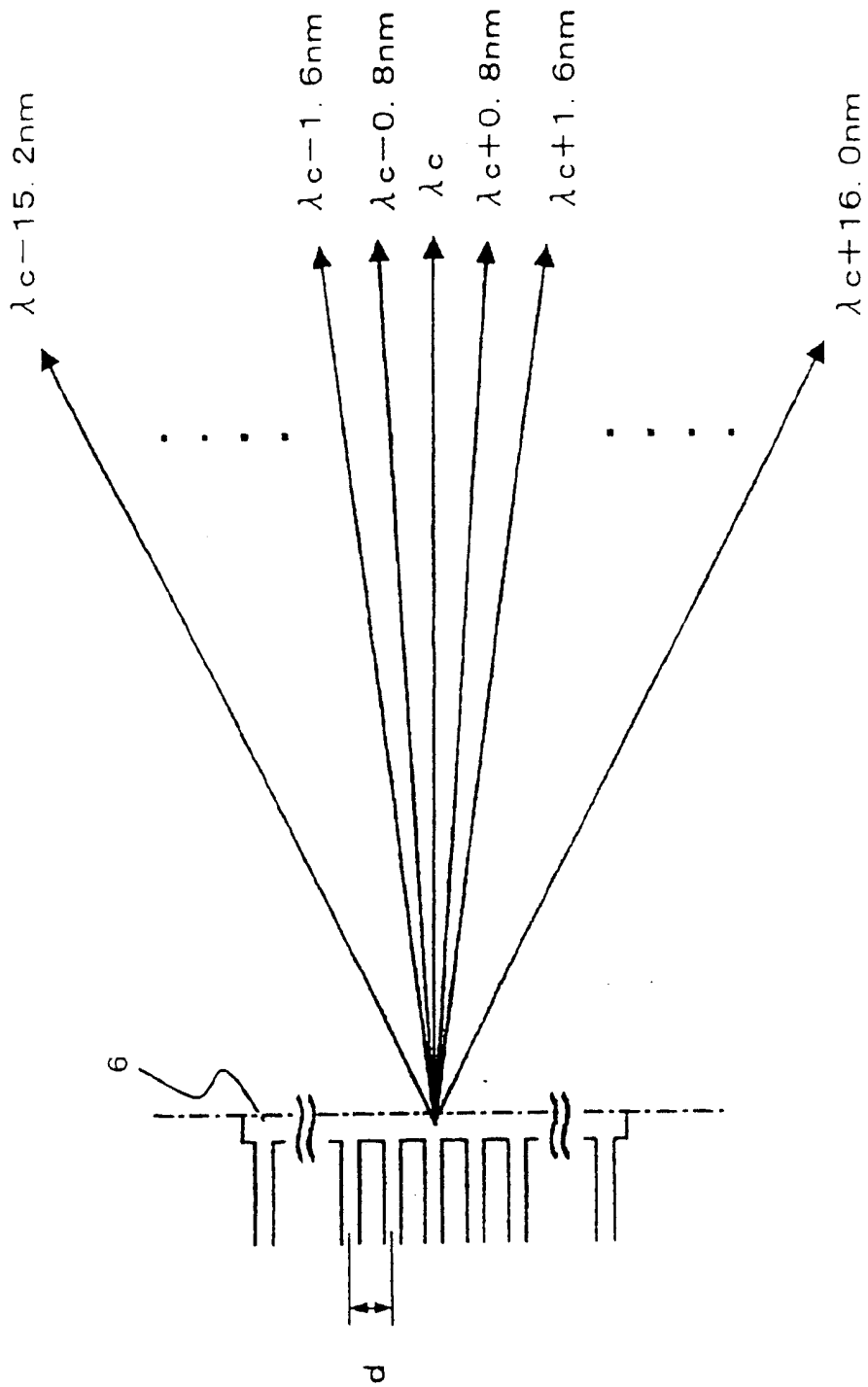


图 21

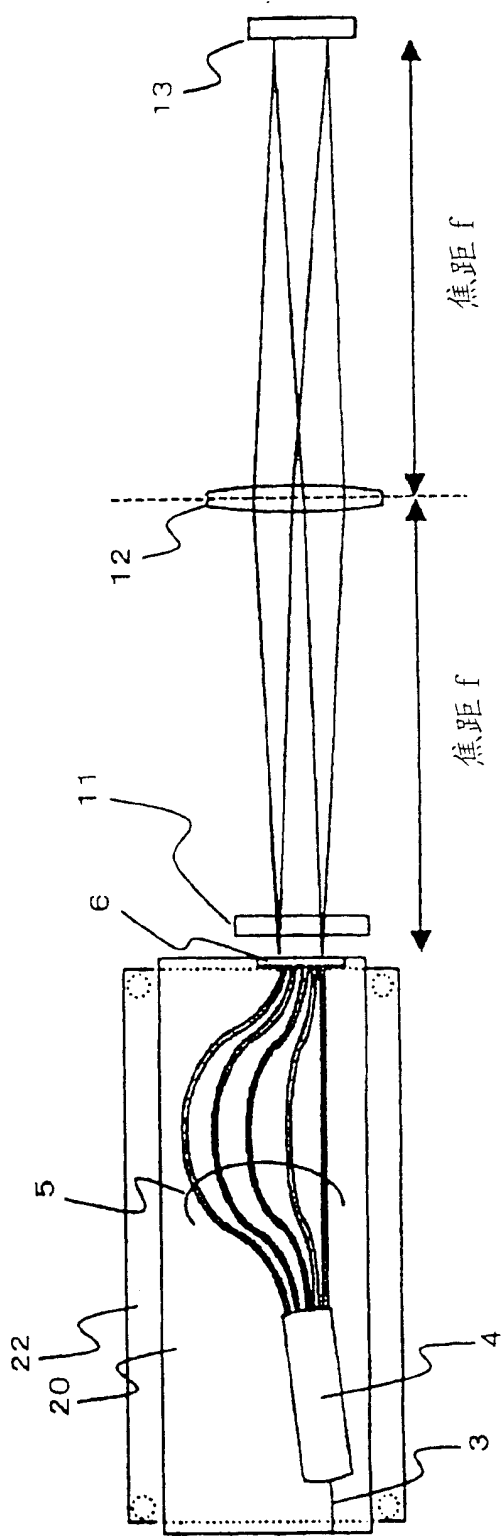


图 22

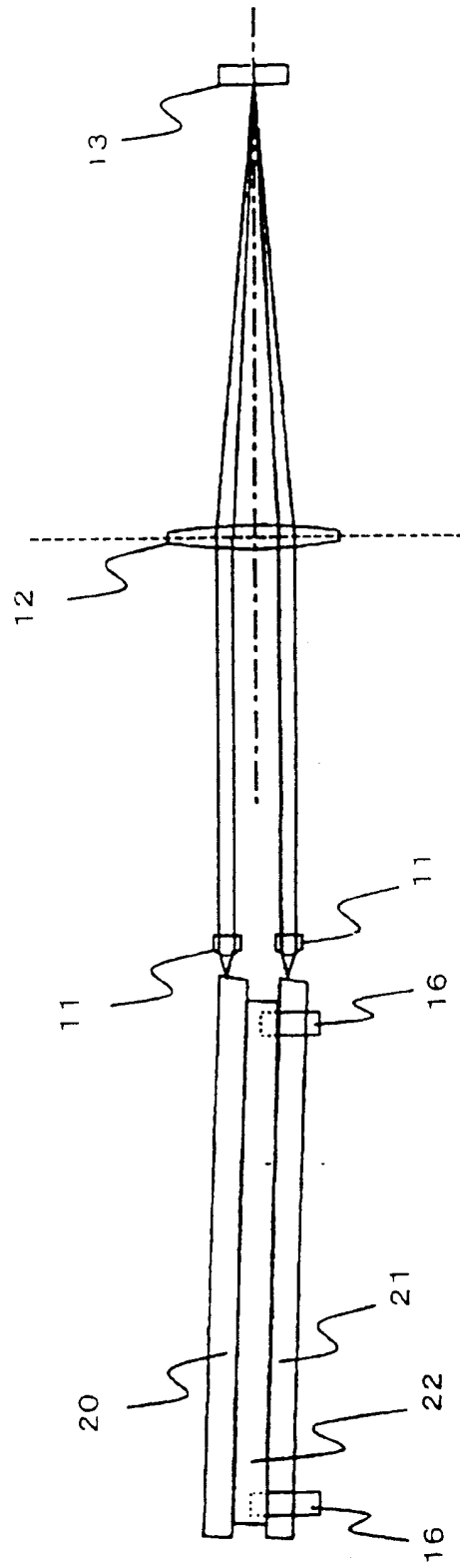


图 23

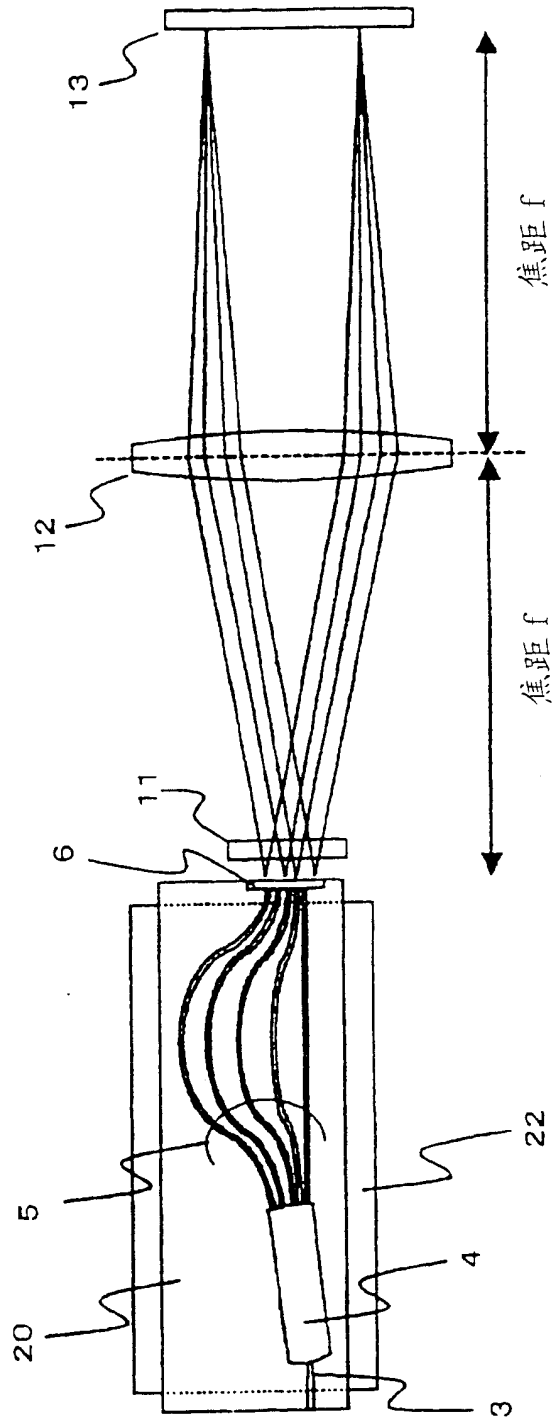


图 24

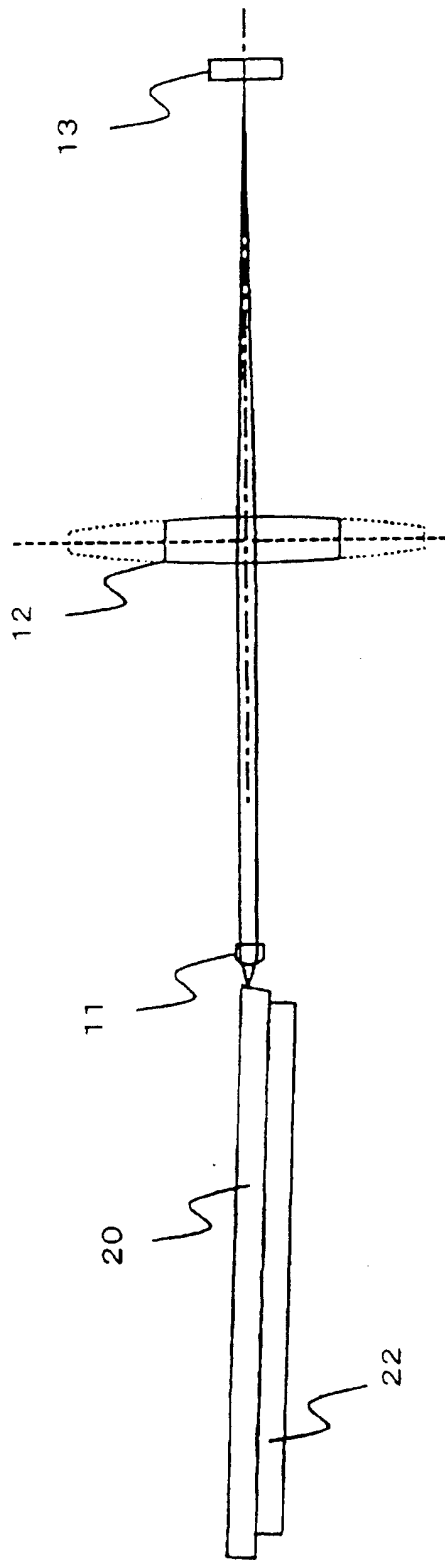


图 25

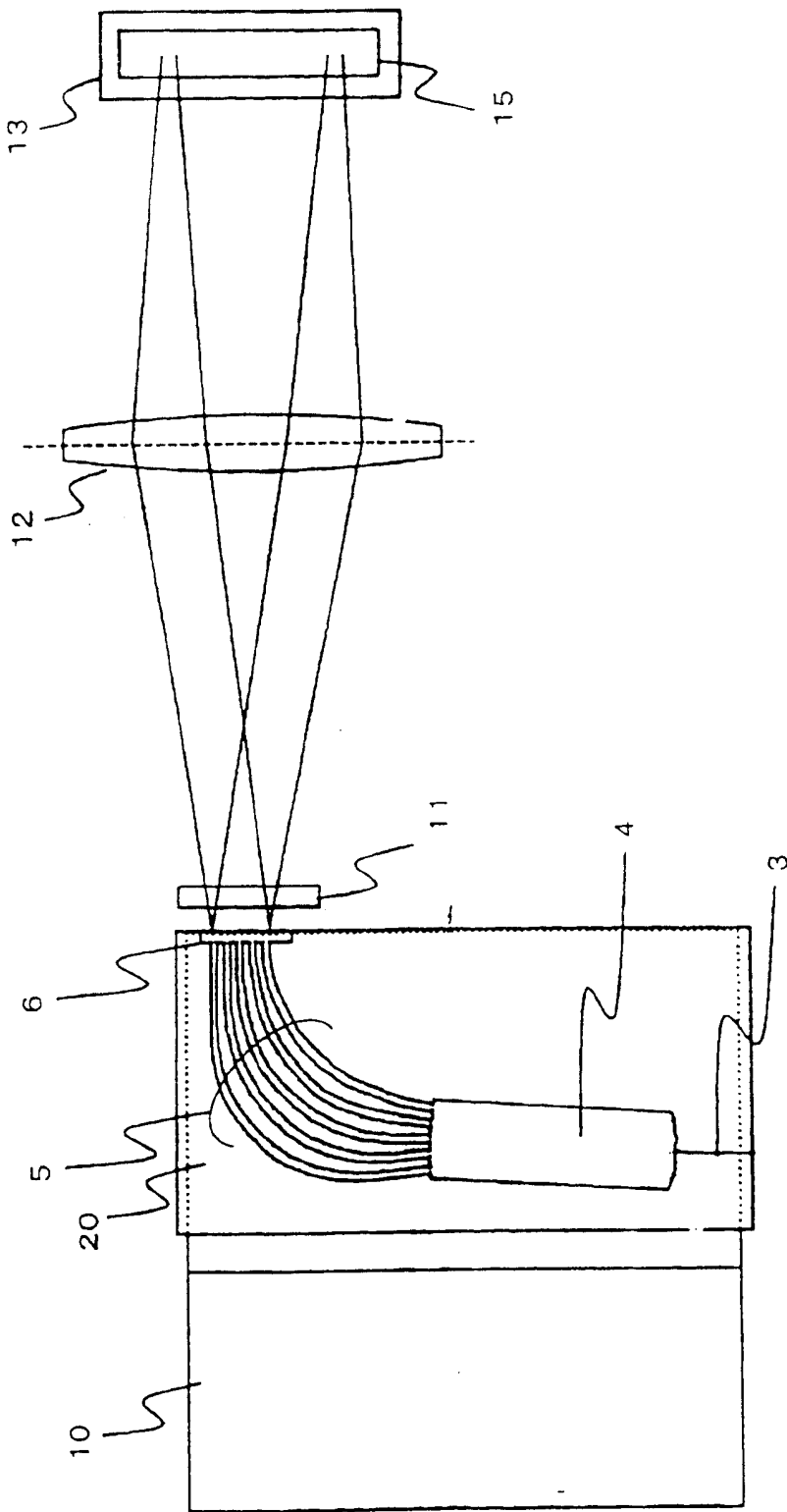


图 26

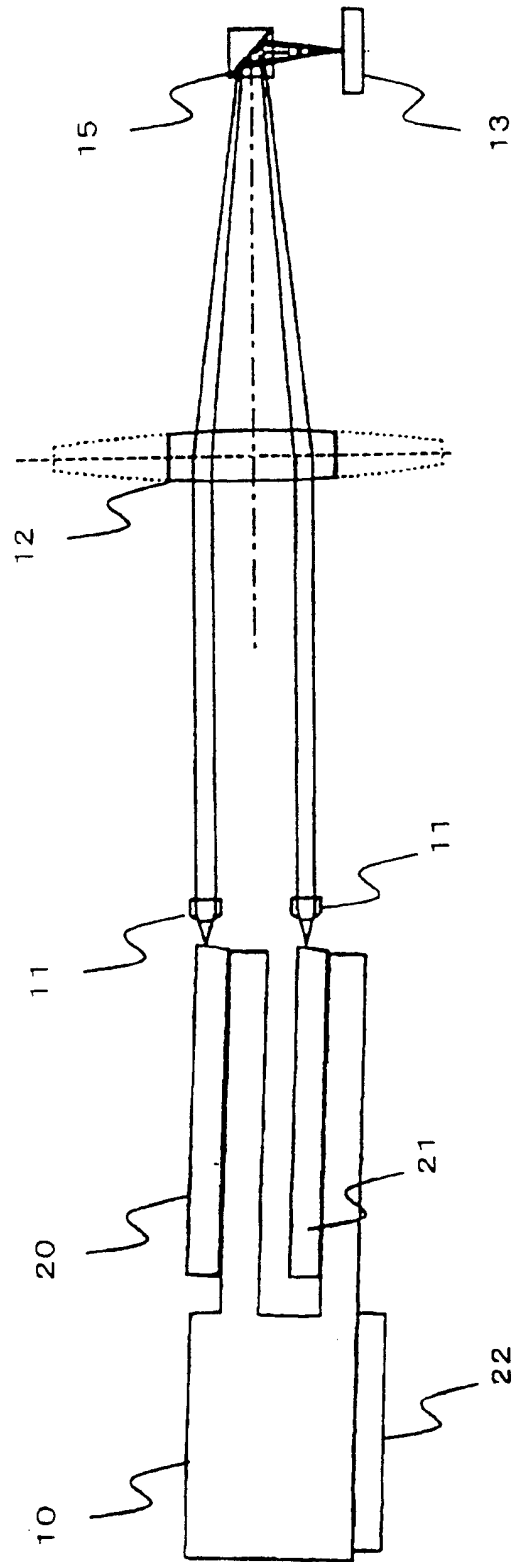


图 27

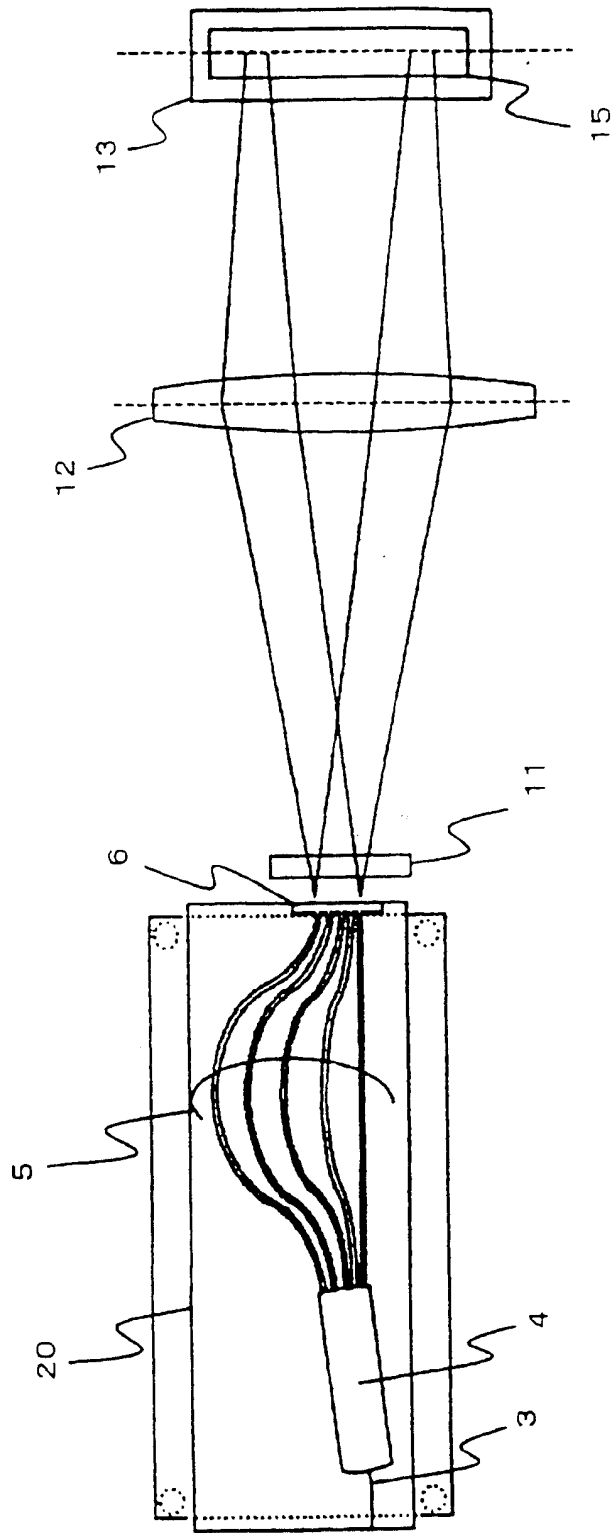


图 28

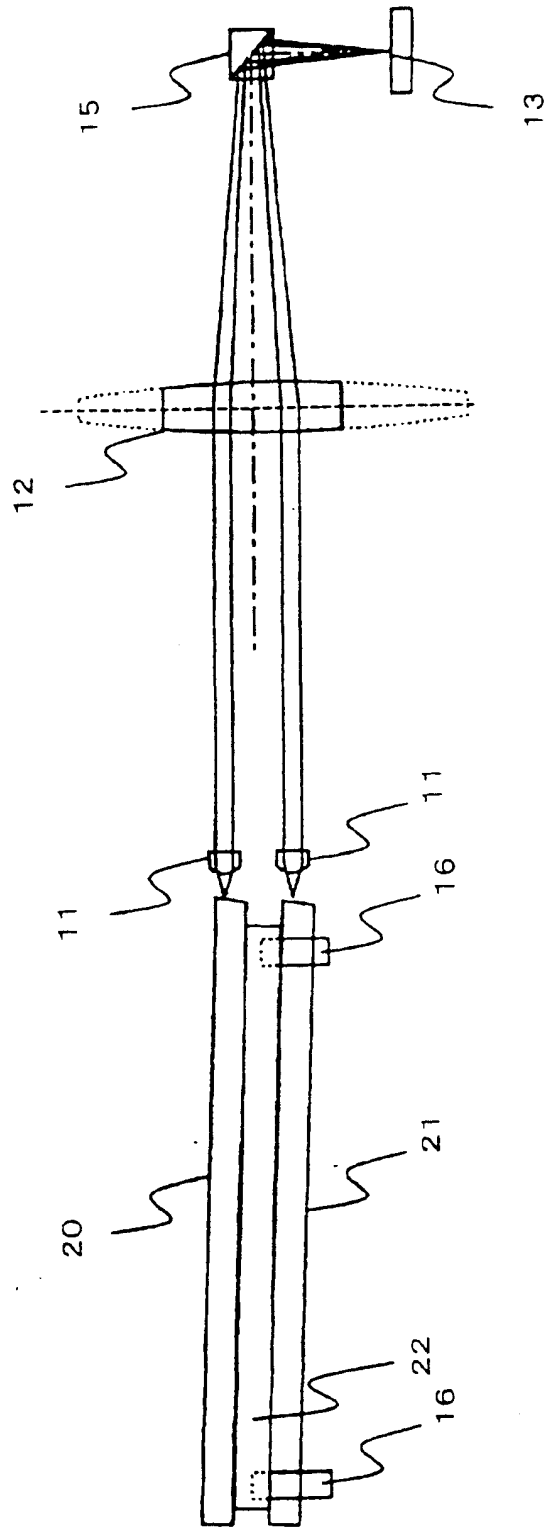


图 29

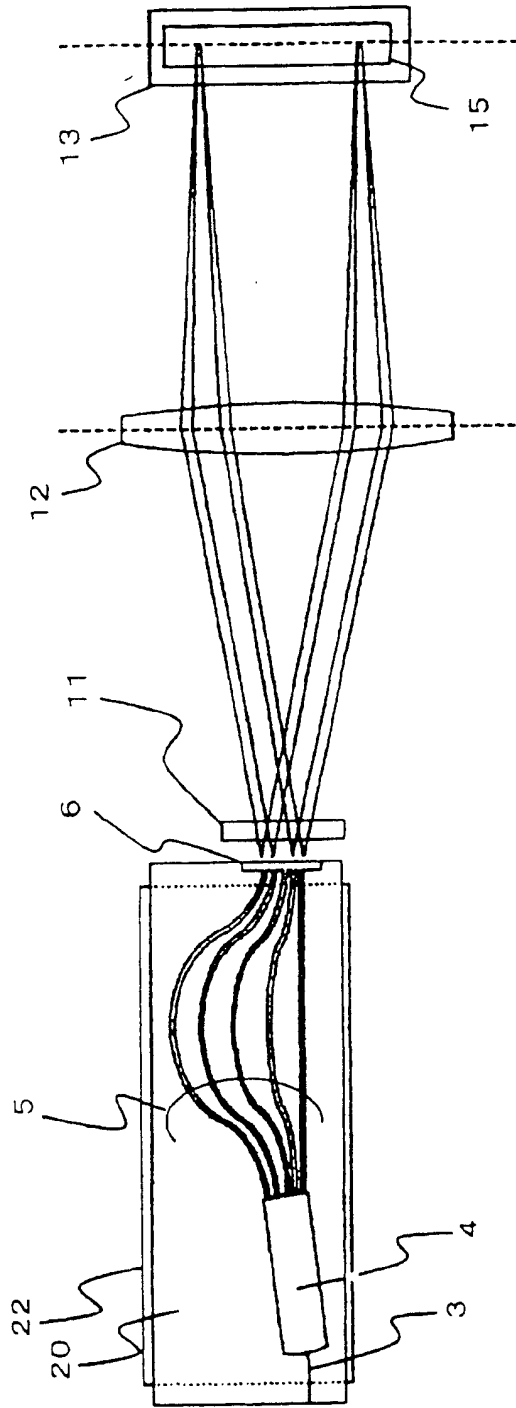


图 30

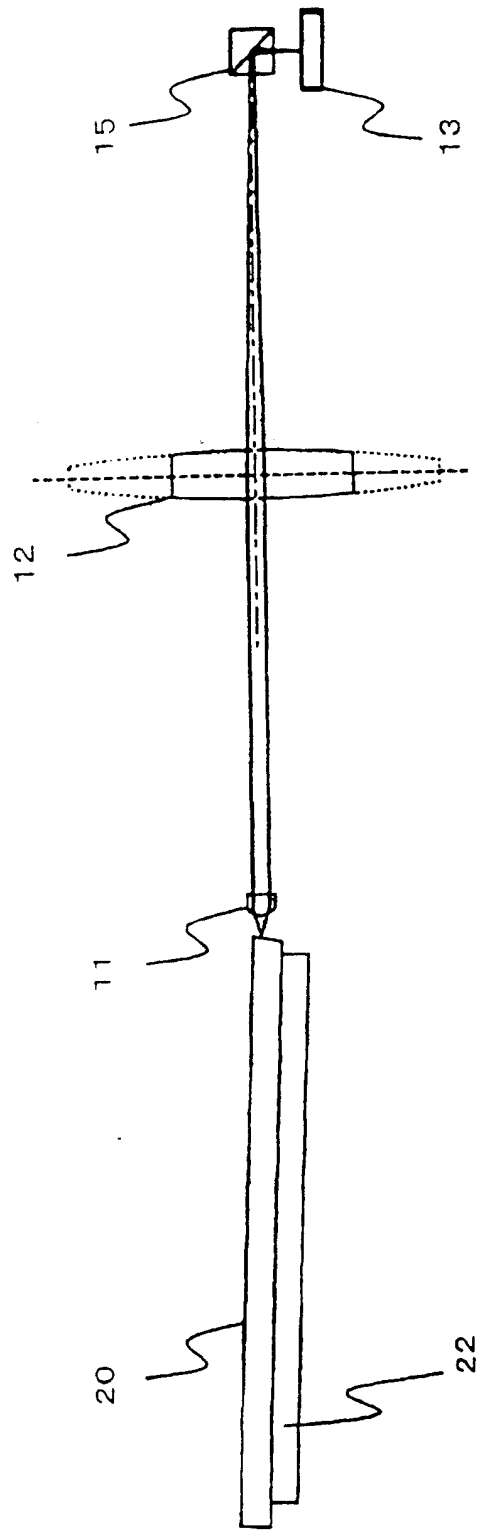


图 31

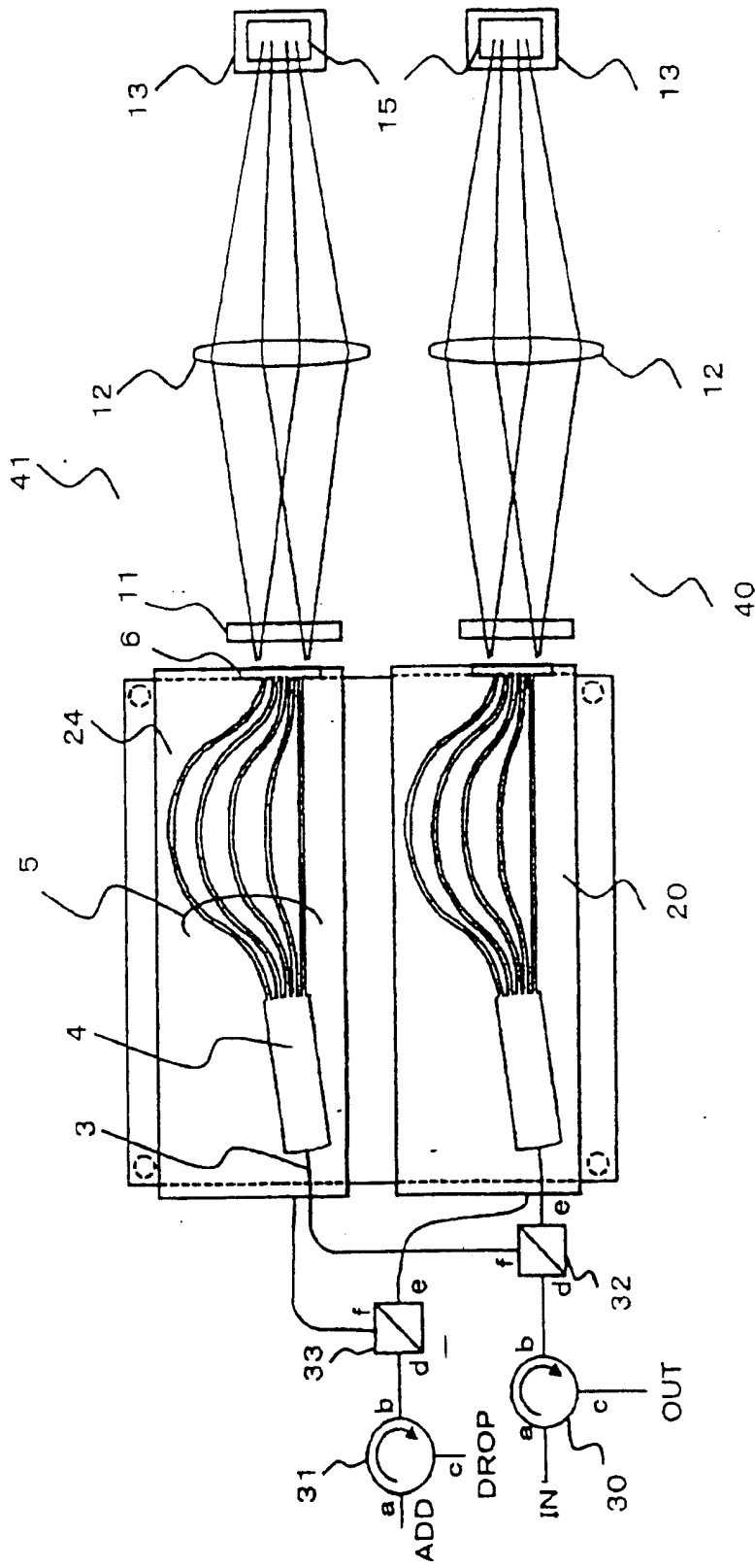


图 32

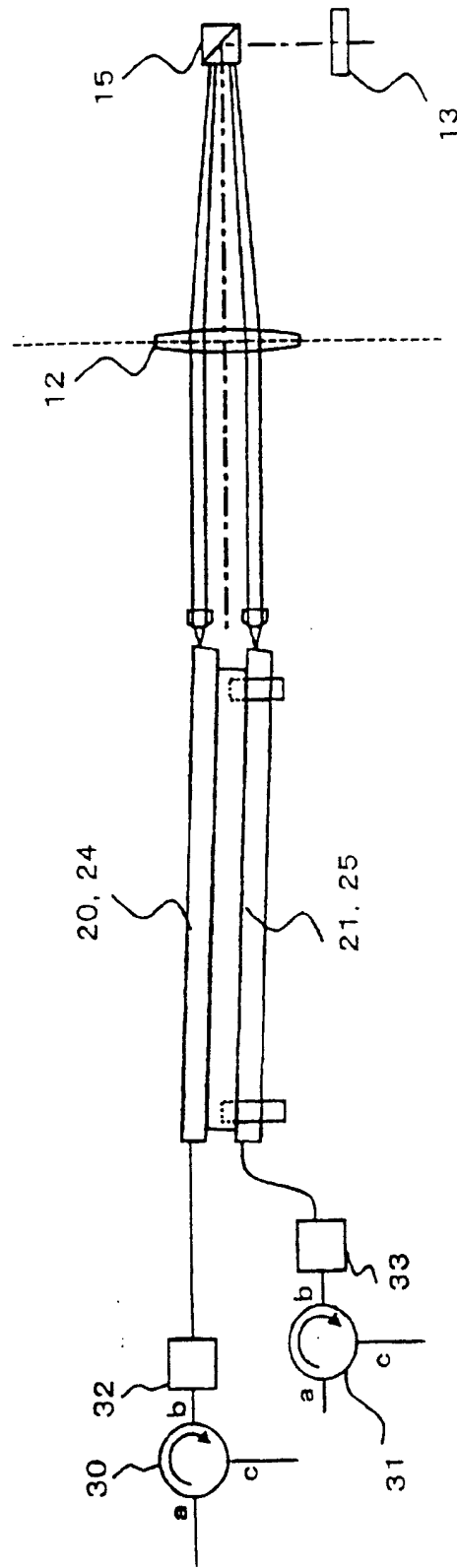


图 33

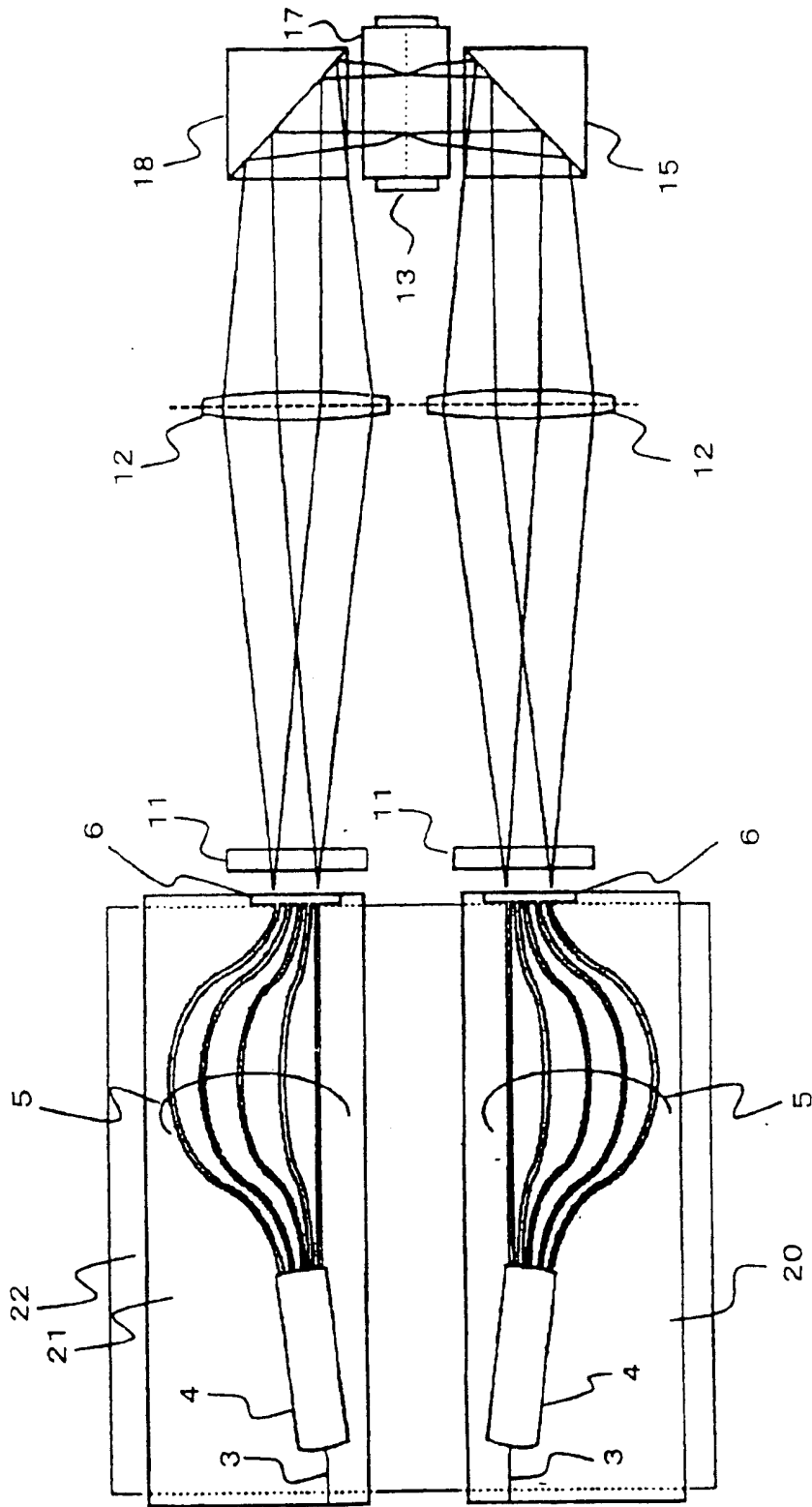


图 34

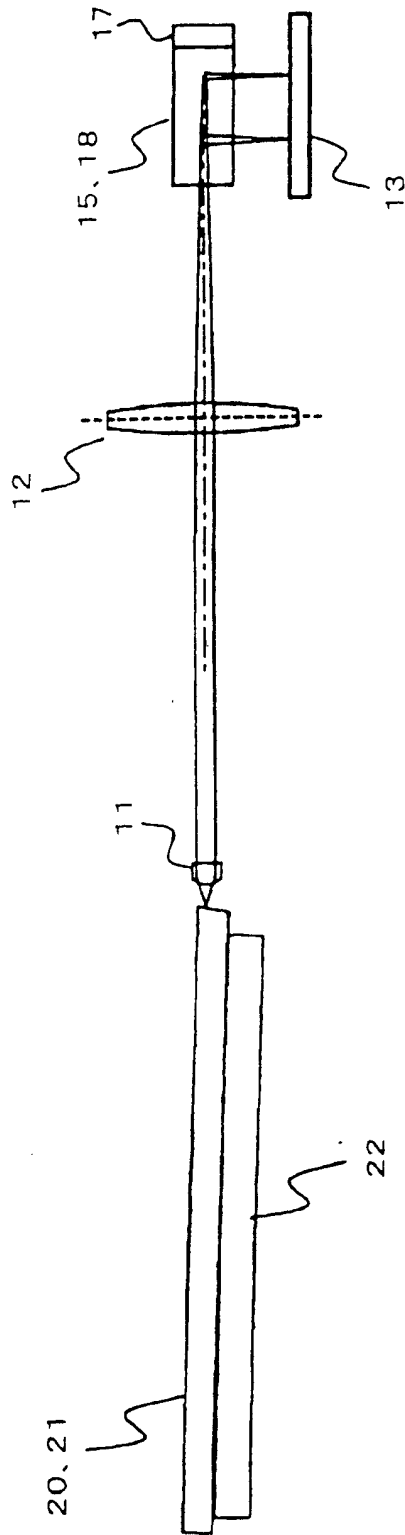


图 35

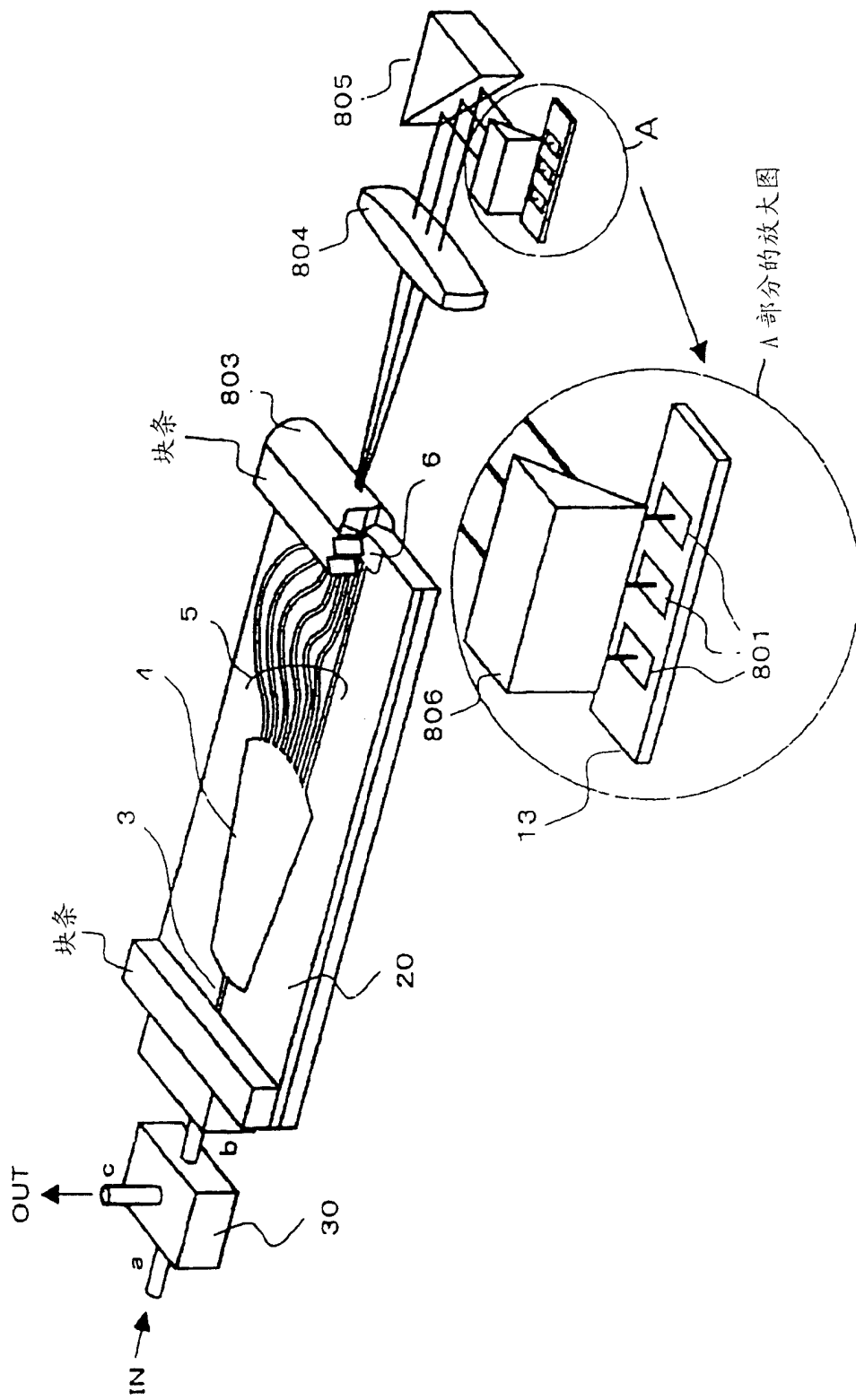


图 36

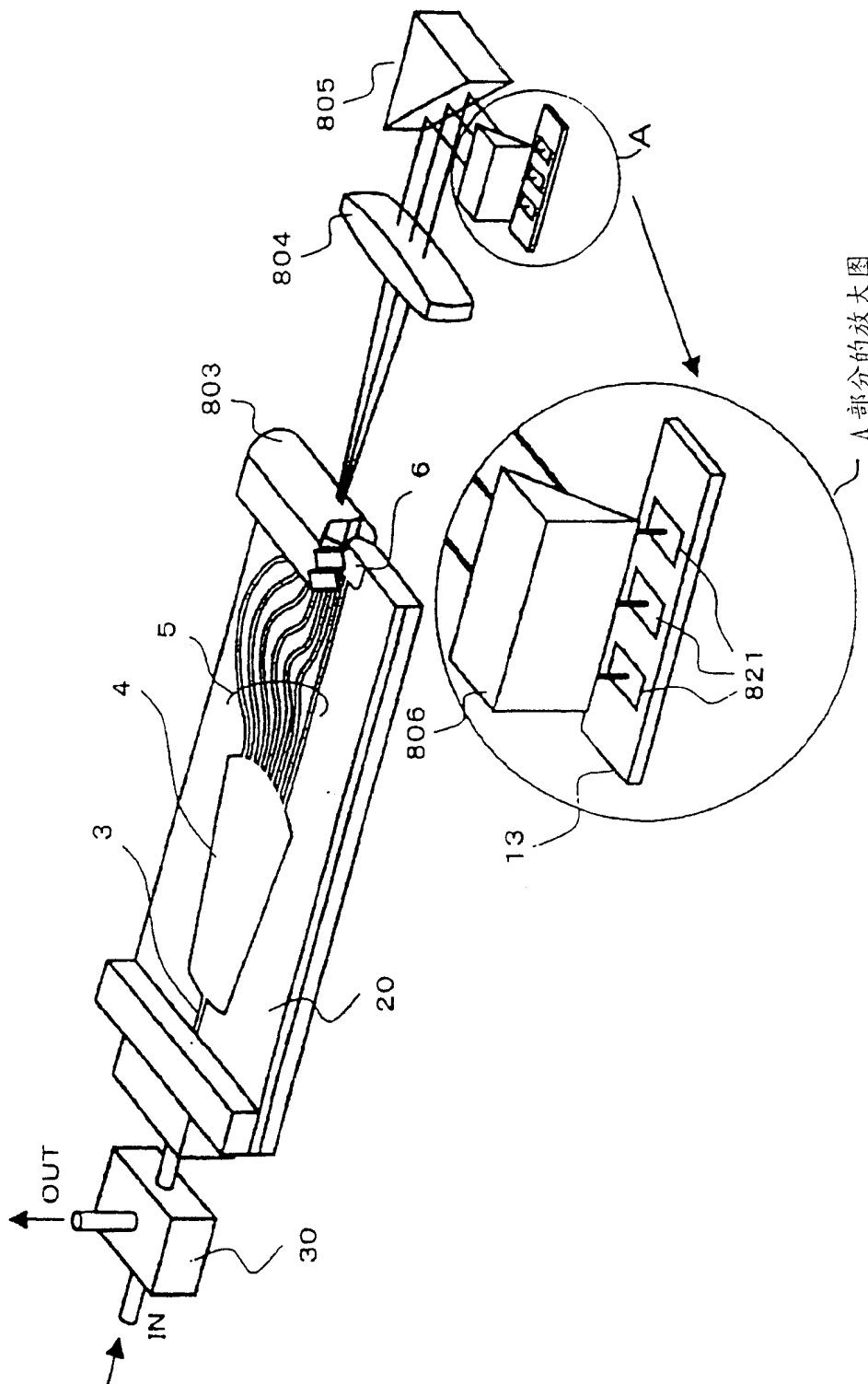


图 37

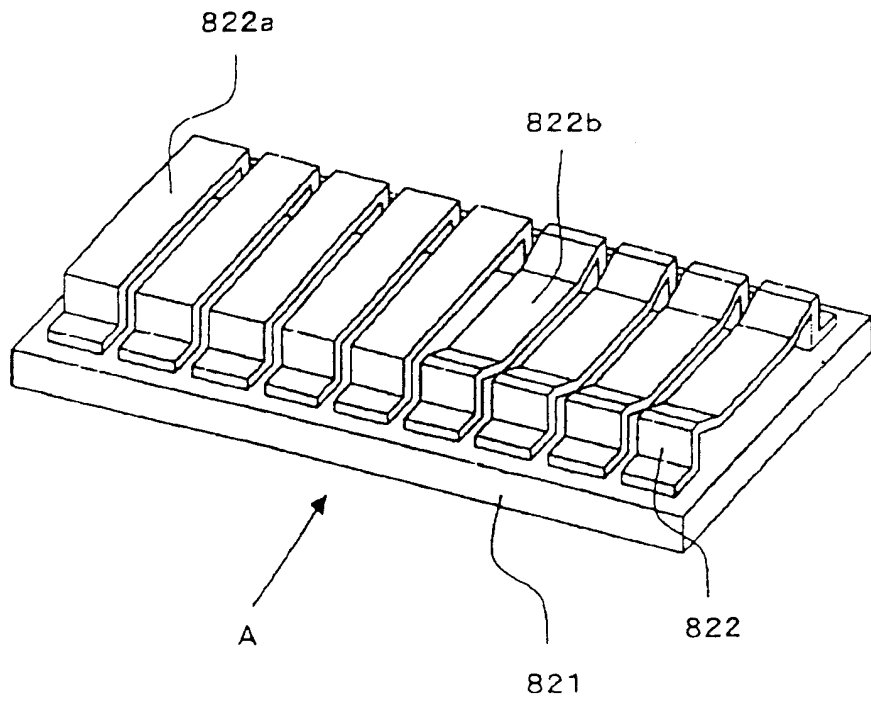


图 38A

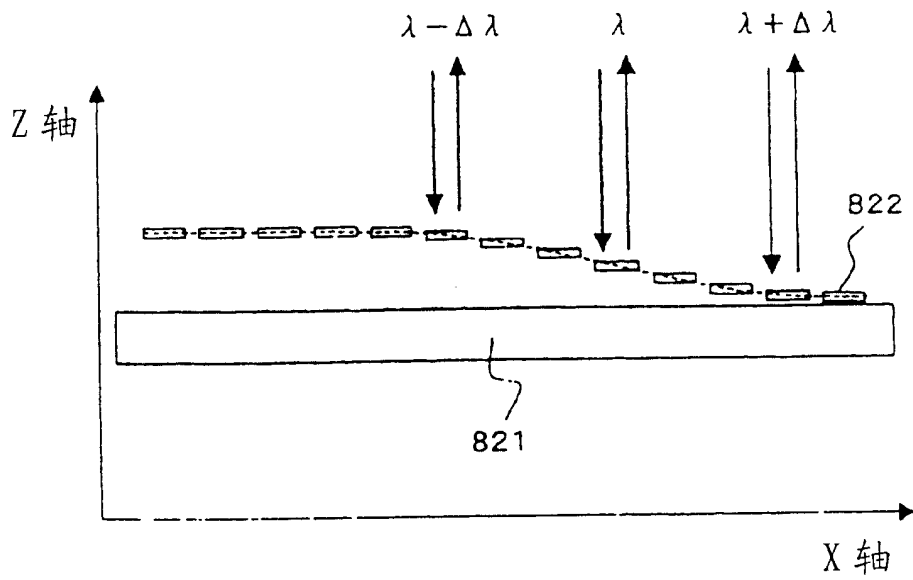


图 38B

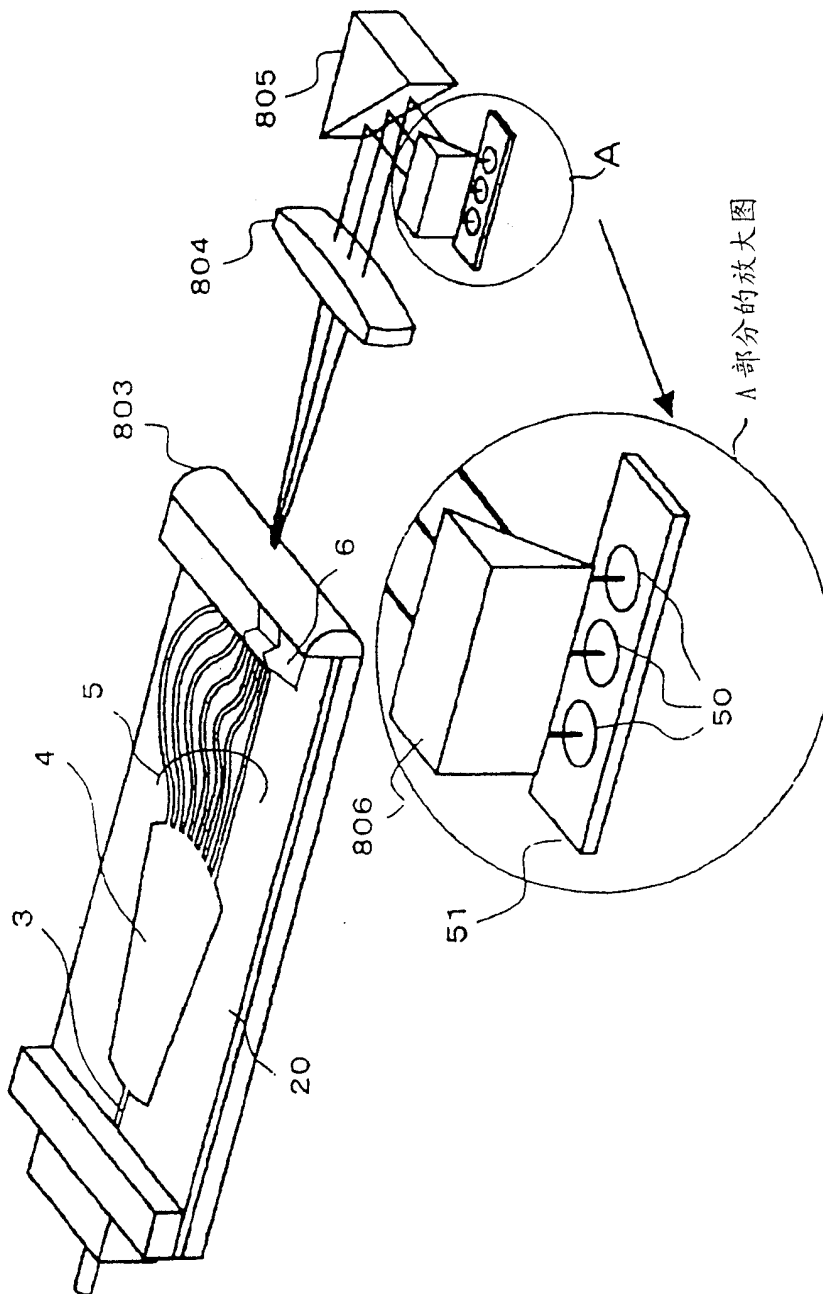


图 39

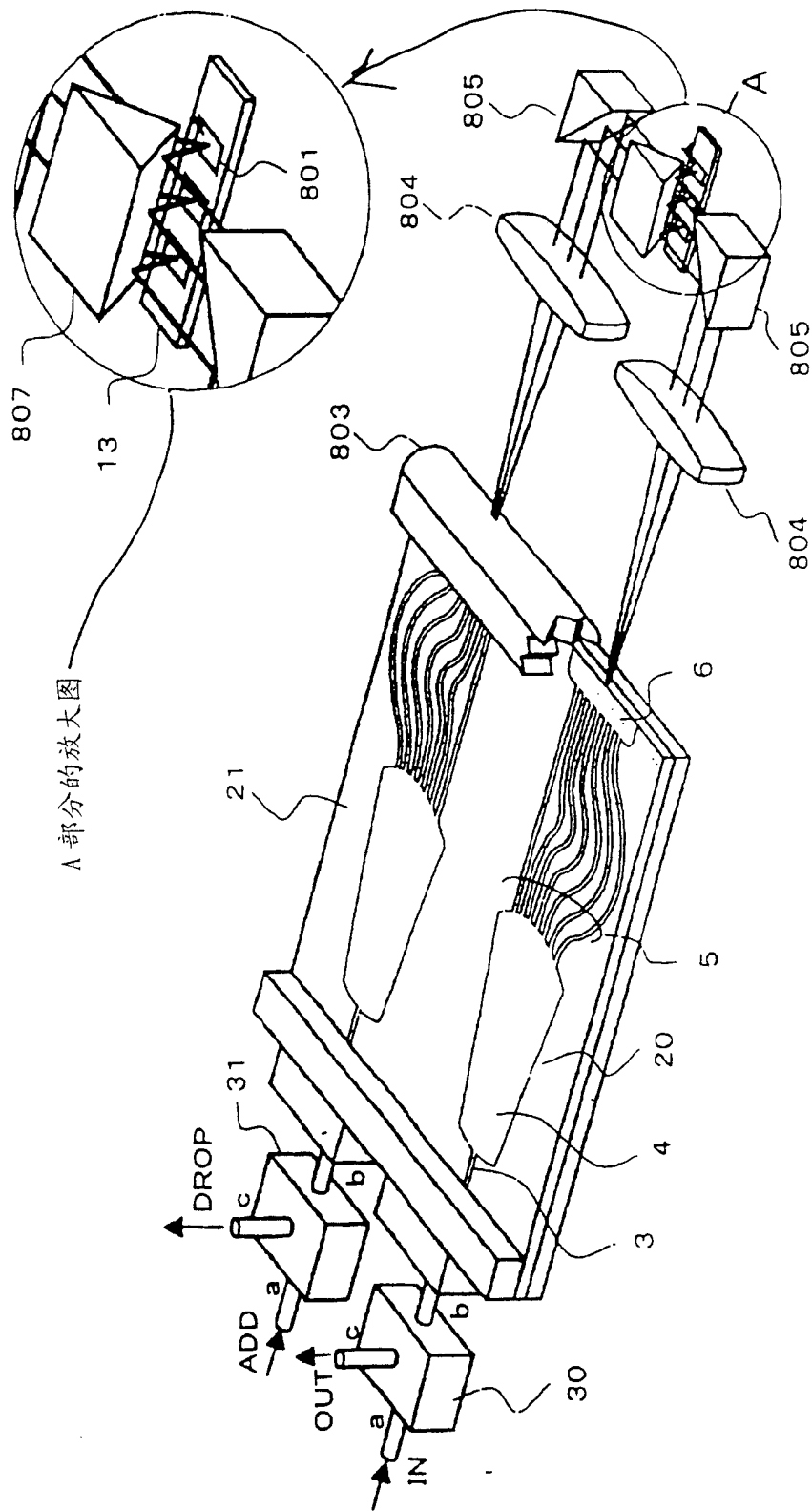


图 40

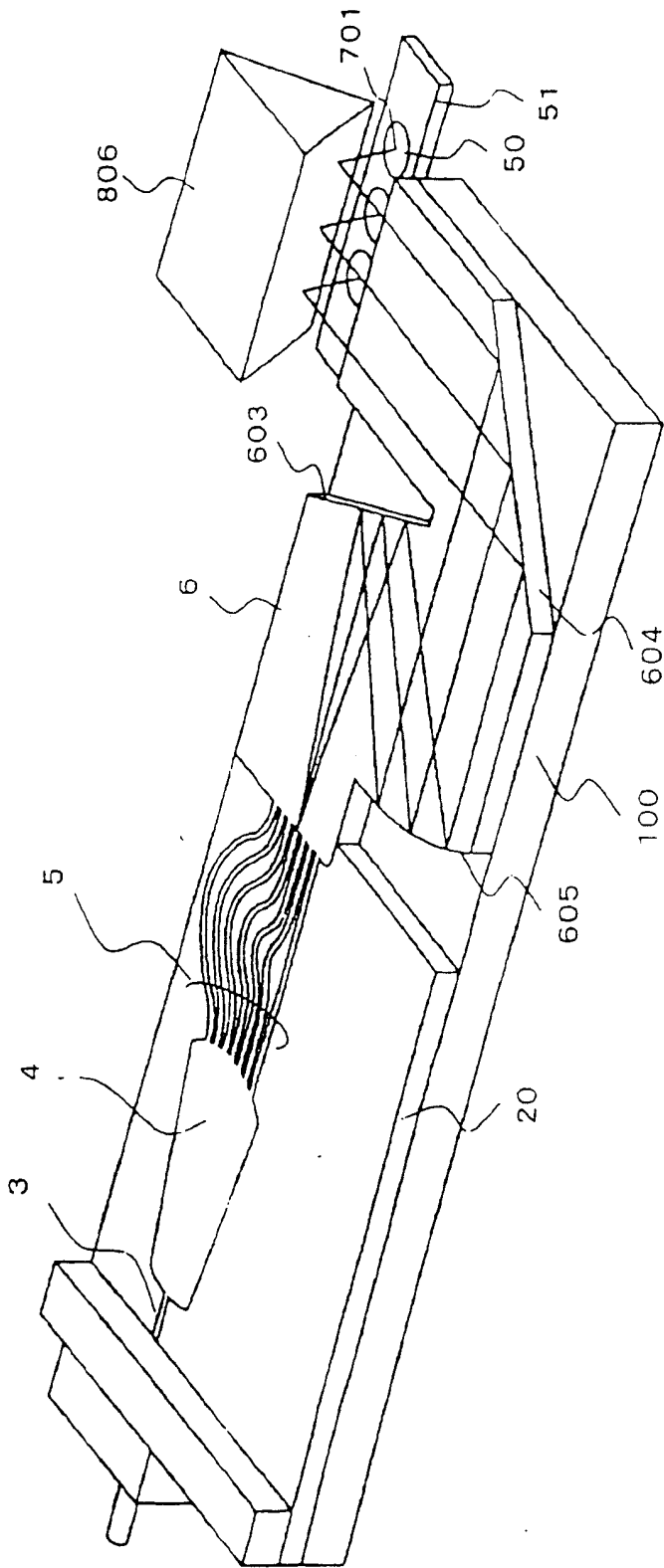


图 41

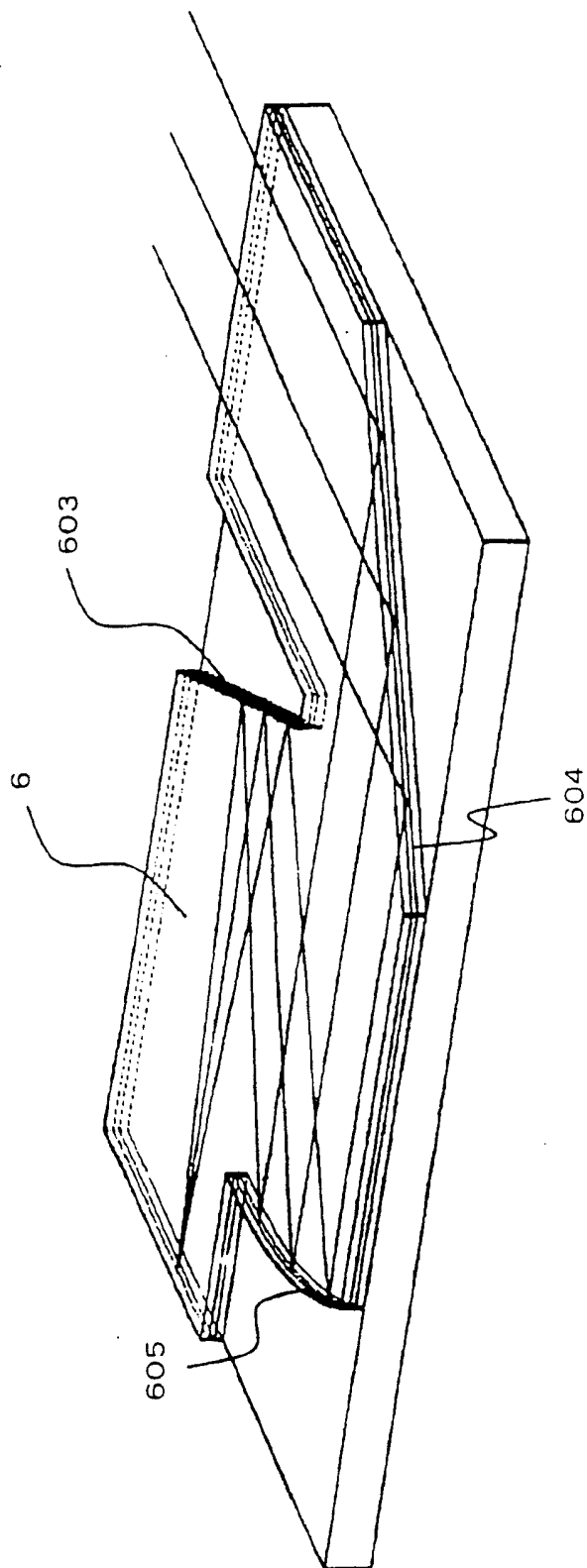


图 42

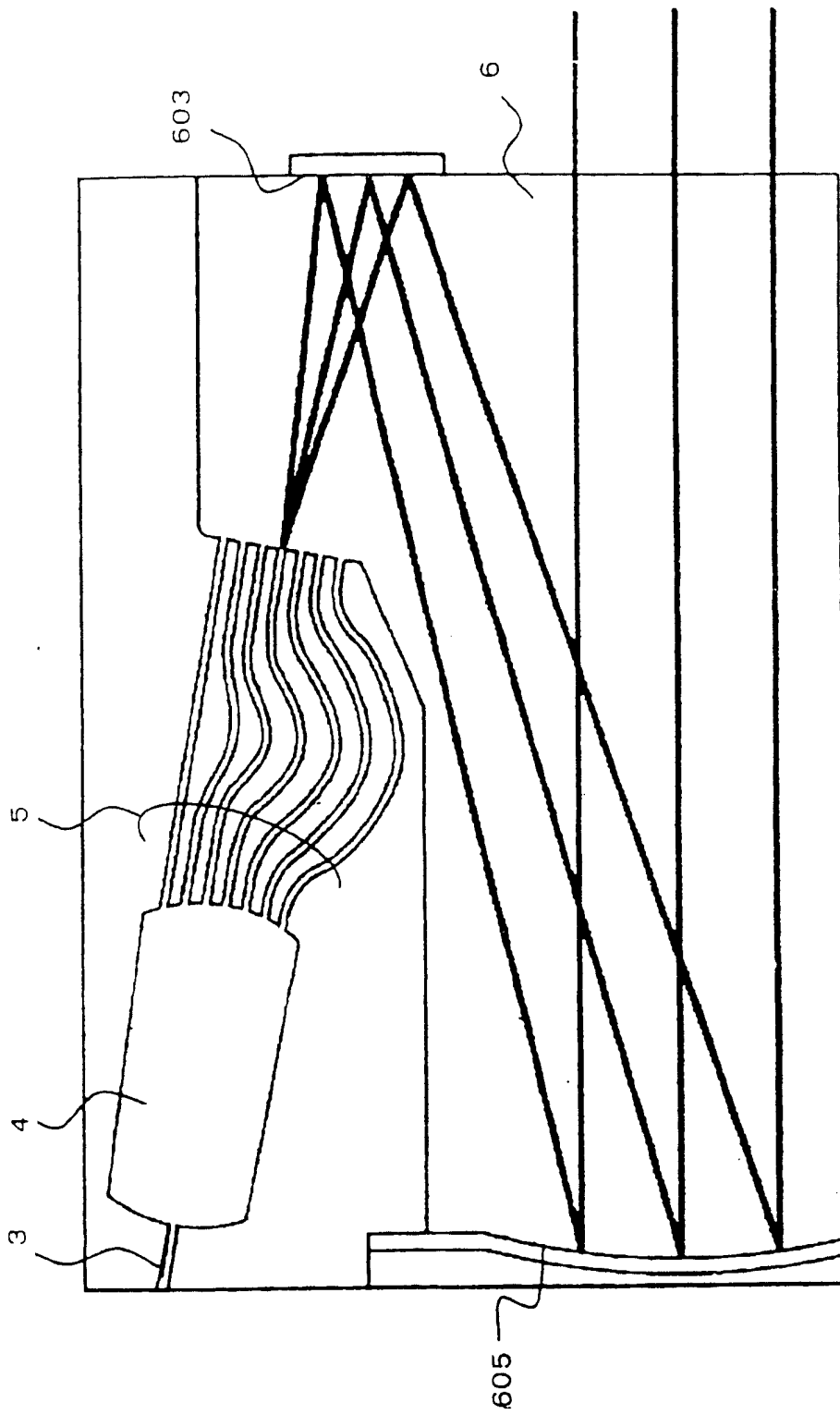


图 43

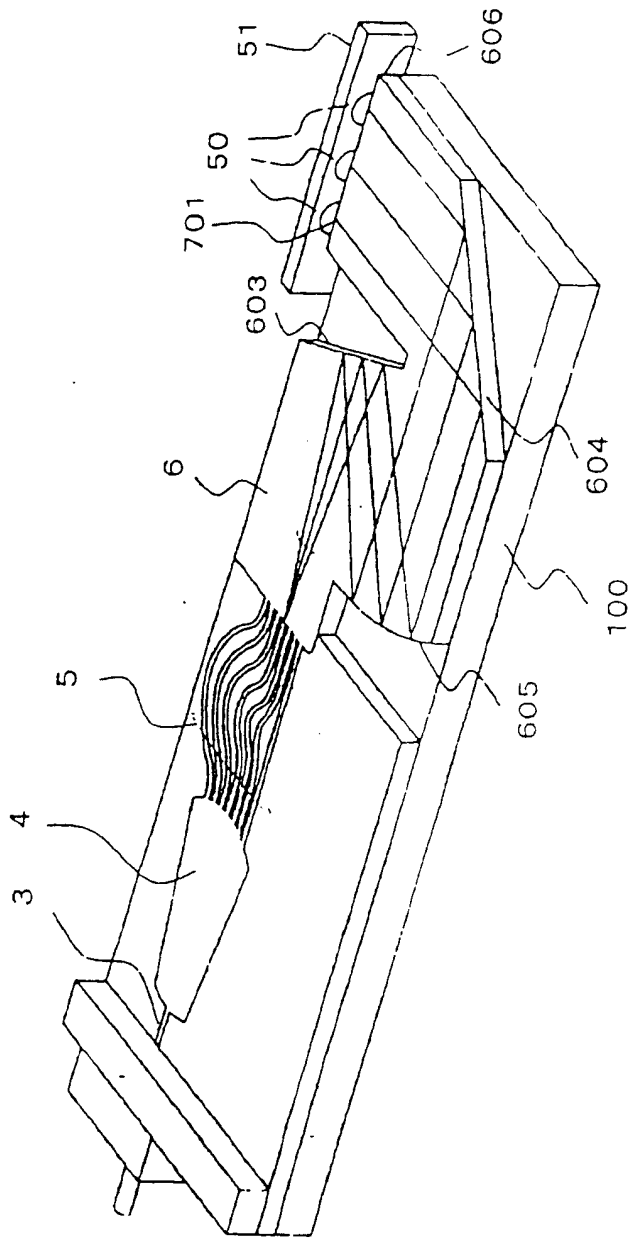


图 44

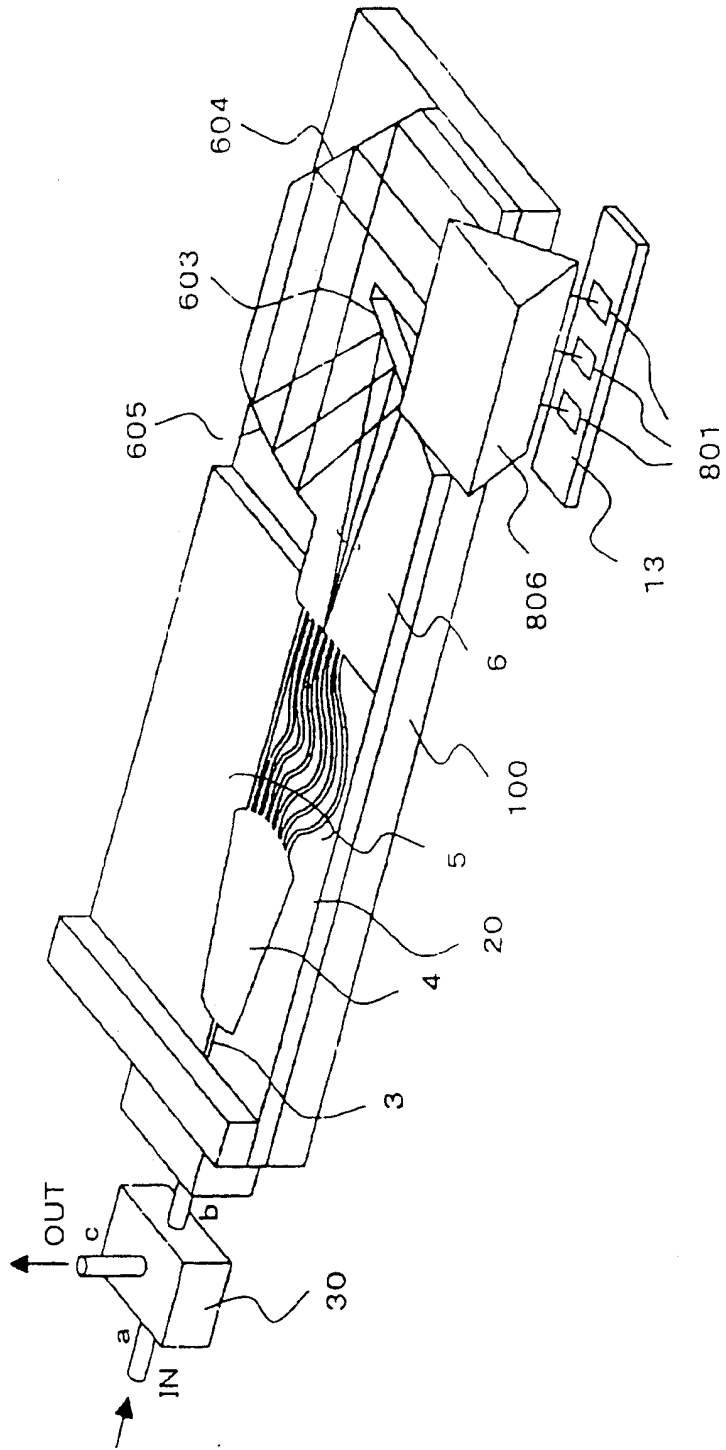


图 45

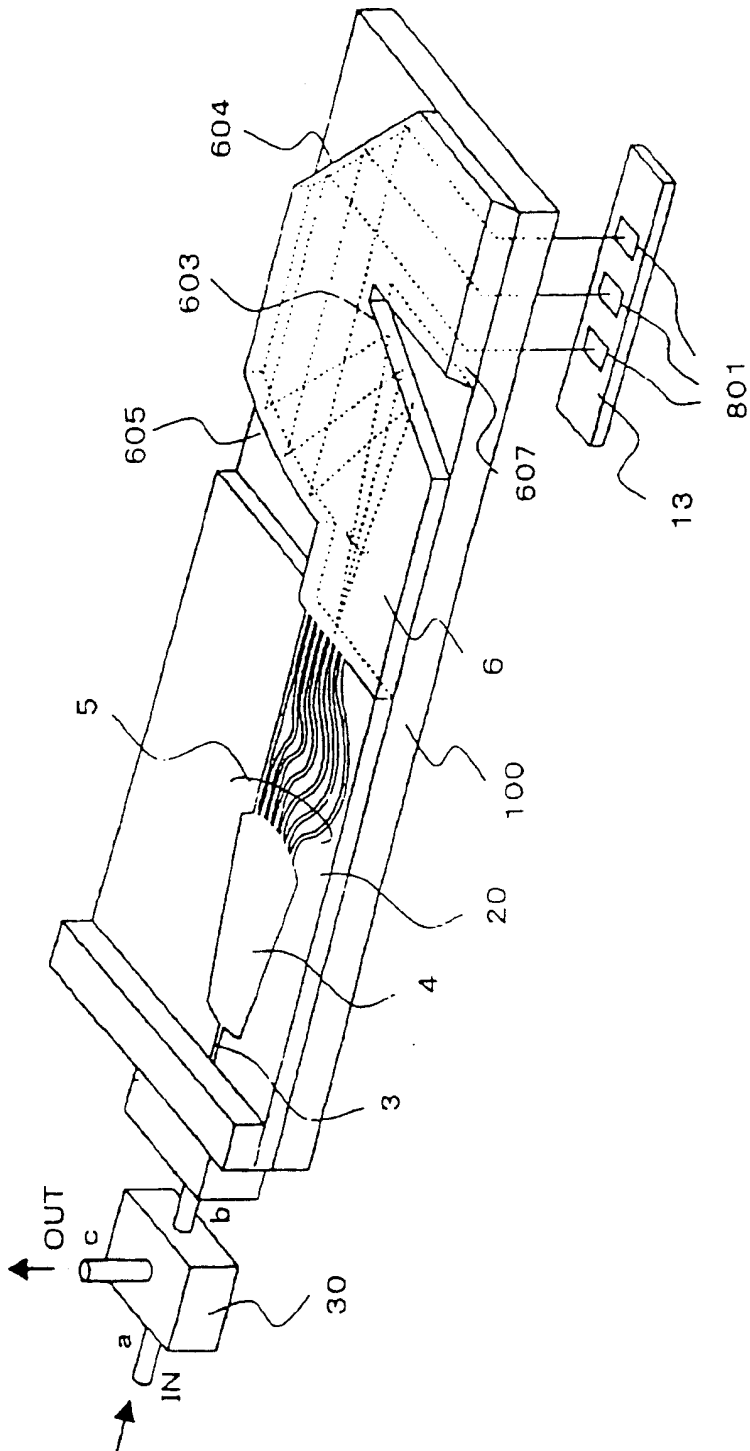


图 46

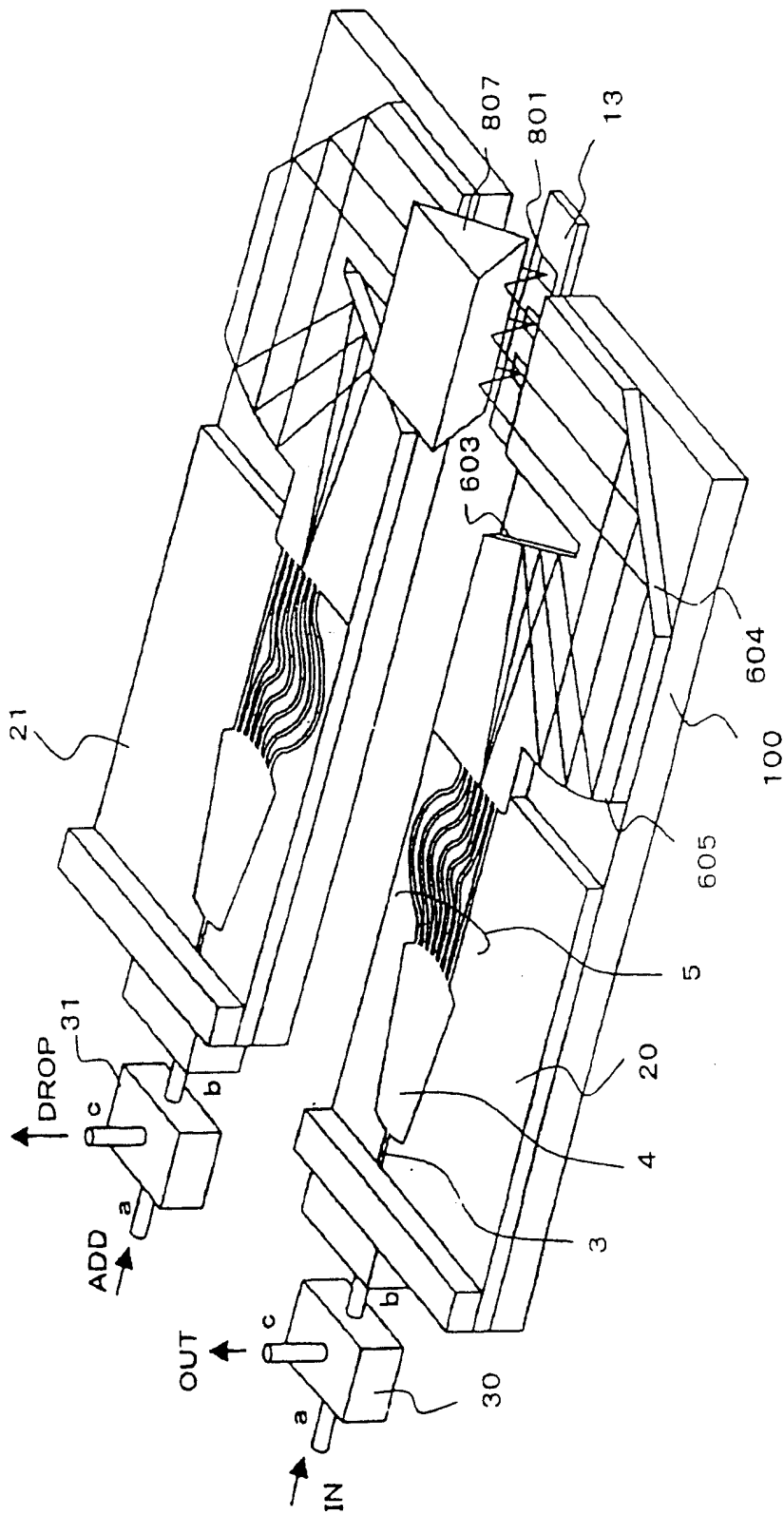


图 47

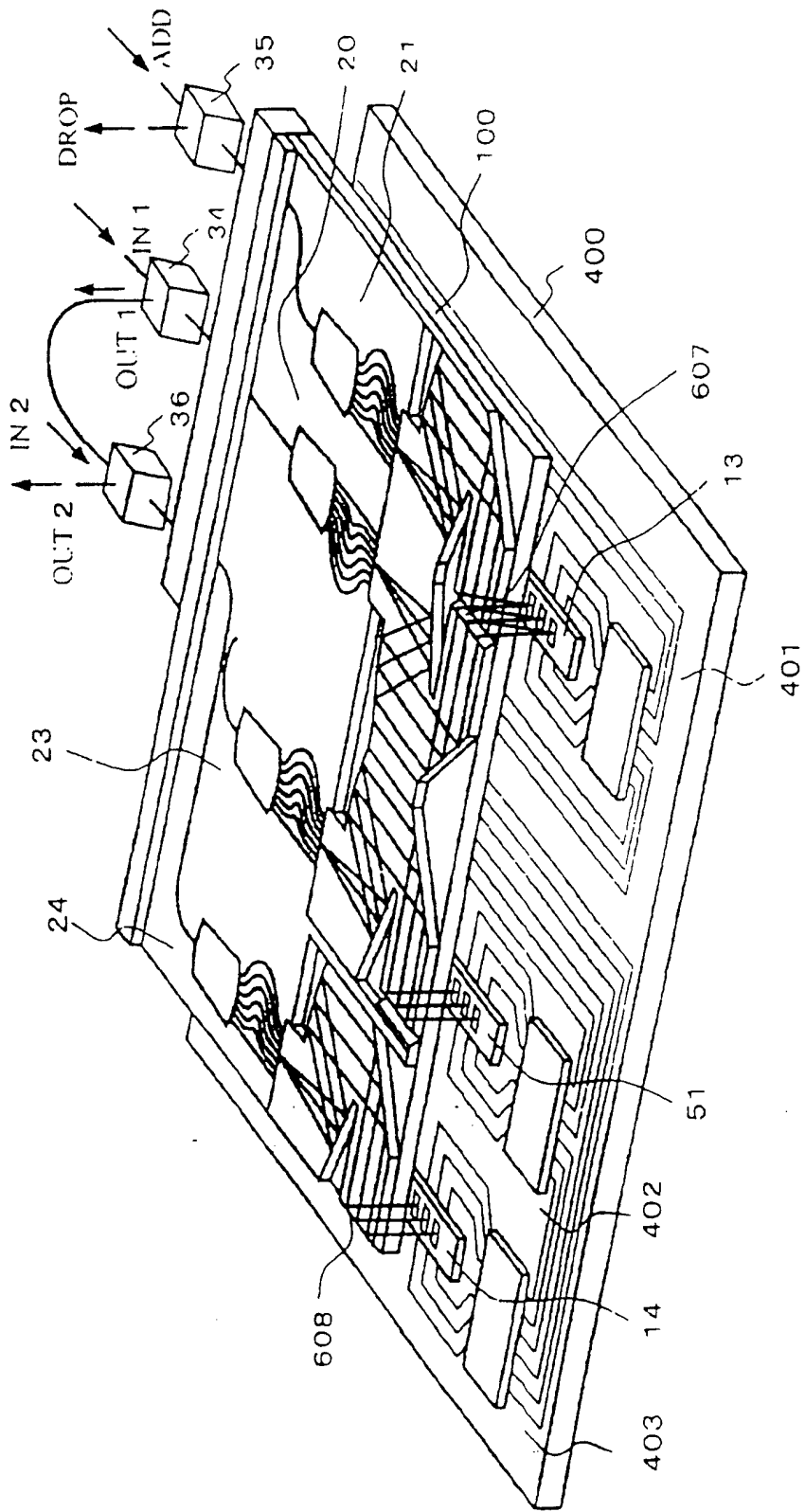


图 48

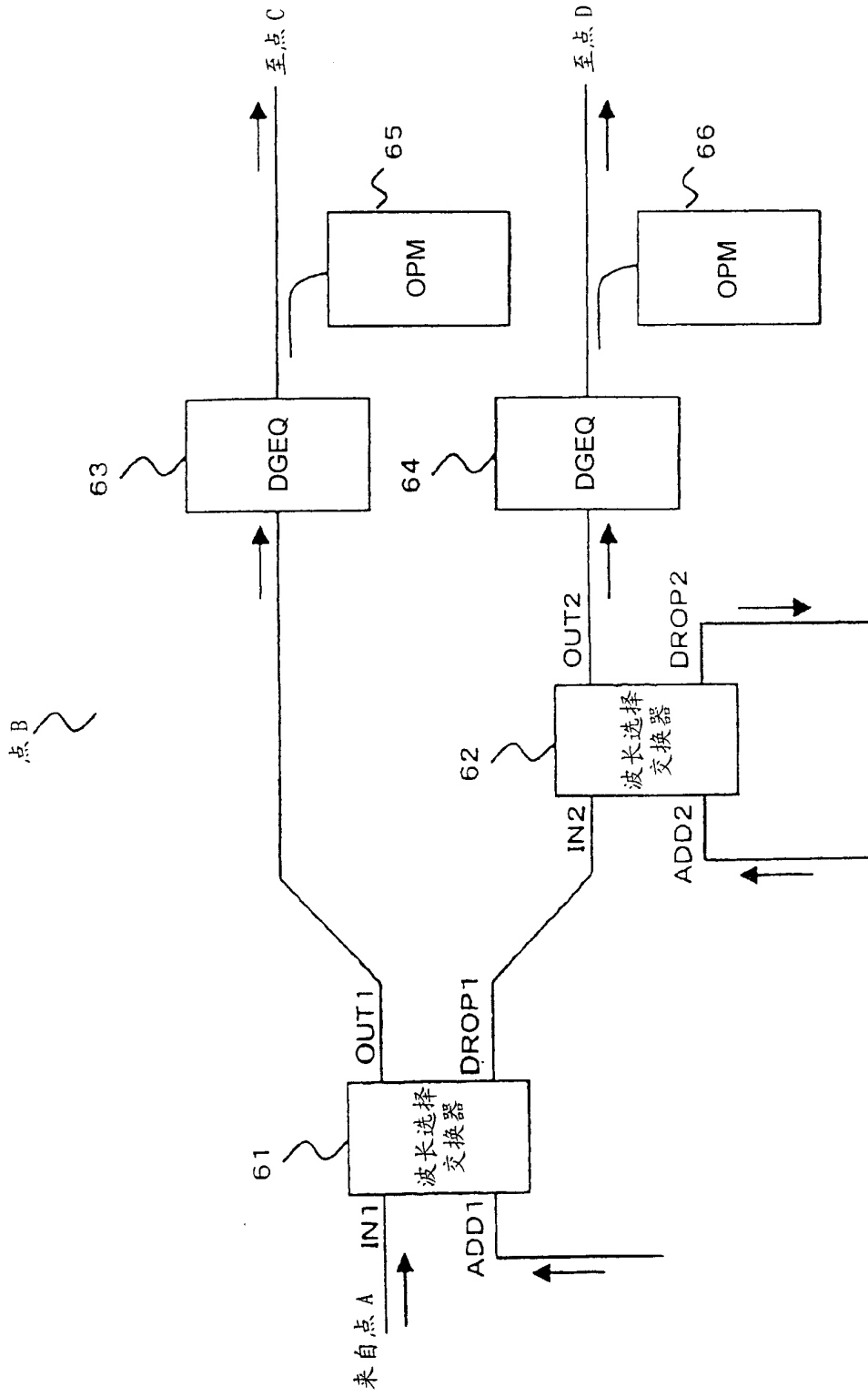


图 49