

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 6/12

G02B 6/35 G02B 6/27



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02140674. X

[43] 公开日 2003 年 2 月 19 日

[11] 公开号 CN 1397812A

[22] 申请日 2002. 7. 12 [21] 申请号 02140674. X

[30] 优先权

[32] 2001. 7. 12 [33] US [31] 60/304,407

[32] 2002. 1. 22 [33] US [31] 10/051,176

[71] 申请人 JDS 尤尼费斯公司

地址 加拿大安大略

[72] 发明人 托马斯·杜瑟里尔

飞利浦思·S·洛克斯

雅克·比思姆斯

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

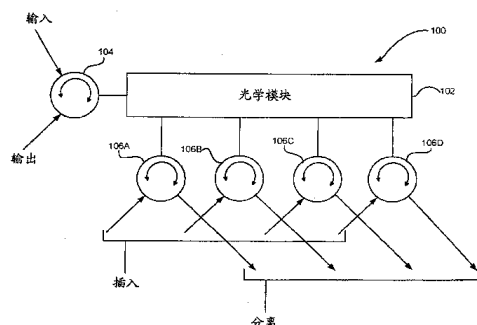
代理人 李德山

权利要求书 5 页 说明书 8 页 附图 12 页

[54] 发明名称 光开关的系统和方法

[57] 摘要

一种光纤波长开关，包含具有用来发射和接收光信号的光学端口的前端单元；决定色散平面的波长色散元件(如衍射光栅，棱镜等)；与波长色散元件相连的光重定向元件(如球形反射器)；与光重定向元件一起工作、使光信号基本上与波长色散元件决定的色散平面垂直的启动阵列(如 MEMS)。波长开关可以被实现具有一个输入/输出端口和几个插入/分离端口的器件，这种器件可以向输入端口插入波长并从输出端口分离波长。前端单元具有光纤阵列，光纤阵列被耦合到微型透镜阵列，其中来自微型透镜的光信号被另一个透镜导引。



ISSN 1008-4274

1. 一种光纤波长开关, 包括:
- (a) 具有多个光学端口的前端单元, 该前端单元包括:
- 5 (i) 光纤阵列, 该阵列包括多个被耦合到多个用来发射和接收光信号的光学端口的光纤;
- (ii) 具有多个微型透镜的微型透镜阵列, 每个微型透镜都被耦合到一根相应的光纤; 及
- (iii) 接收和重定向来自微型透镜阵列的光信号的透镜;
- 10 (b) 决定色散平面的波长色散元件;
- (c) 与波长色散元件相连的光重定向元件; 及
- (d) 与光重定向元件一起工作的启动阵列, 用来偏转光信号以使其与波长色散元件决定的色散平面基本垂直。
- 15 2. 根据权利要求 1 所述的光纤波长开关, 其中前端单元还包含偏振分集模块, 该模块具有至少一个用来将光信号分成两束具有基本上相同的偏振态的子信号的波片。
3. 根据权利要求 1 所述的光纤波长开关, 其中波长色散元件包含衍射光栅和棱镜中的一个, 并且光重定向元件包含球形反射器。
- 20 4. 根据权利要求 1 所述的光纤波长开关, 其中启动阵列包含微型机电系统(MEMS)器件, 该 MEMS 器件具有多个可以沿着由色散平面决定的轴移动的反射器。
- 25 5. 根据权利要求 4 所述的光纤波长开关, 其中多个光学端口中的每一个的位置与分别进出 MEMS 器件的输入和输出光束的角度偏移相关。

6. 根据权利要求 1 所述的光纤波长开关, 其中启动阵列包含具有多个像素的液晶偏转阵列, 每个像素都有充当电可改写衍射光栅的光学相位阵列。

5 7. 根据权利要求 6 所述的光纤波长开关, 还包括地址选择模块, 该模块被用来选择偏转角度以便向多个光端口中的一个提供信号。

8. 一种重新路由和调节光信号的光学器件, 包括:

10 (a)具有用来发射光束的第一端口和用来接收光束的第二端口的前端单元, 该前端单元包括:

(i)光纤阵列, 该阵列包括多个被耦合到用来发射光束的第一端口和用来接收光束的第二端口的光纤;

15 (ii)具有多个微型透镜的微型透镜阵列, 每个透镜都被耦合到一根相应的光纤; 及

(iii)用来接收和重定向来自微型透镜阵列的光信号的透镜;

(b)具有焦平面并且用来接收来自第一端口的光束的光重定向元件;

20 (c)决定色散平面并且基本上位于光重定向元件的焦平面上的波长色散元件, 用来空间分离从光重定向元件反射的光束并且将空间分离的光束重定向到光重定向元件; 和

25 (d)位于光重定向元件的焦平面上的启动阵列, 用来将从光重定向元件反射的空间分离光束调节到与波长色散元件决定的色散平面基本垂直的方向上, 并且通过光重定向元件和波长色散元件将经过调节的空间分离光束反射到前端单元的第二端口。

9. 根据权利要求 8 所述的光学器件, 其中前端单元还包含偏振分集模块, 该模块具有至少一个用来将来自第一端口的光束分成两束具有基本上相同的偏振态的子光束的波片。

10. 根据权利要求9所述的光学器件，其中波长色散元件包含衍射光栅和棱镜中的一个，并且光重定向元件包含球形反射器。

5 11. 根据权利要求9所述的光学器件，其中启动阵列包含微型机电系统(MEMS)器件，该 MEMS 器件具有多个可以沿着由色散平面决定的轴移动的反射器。

12. 一种重新路由和调节光信号的方法，包括：

10 (a)向具有焦平面的反射元件发射光束；

(b)将入射到反射元件的光束重定向到决定色散方向的色散元件，该色散元件基本上位于焦平面上；

(c)将重定向的光束空间分离成与多个不同光谱信道相对应的多个不同子光束；

15 (d)将多个不同子光束重定向到光学上基本位于焦平面上的启动阵列；

(e)有选择地调节与色散方向基本垂直的多个不同子光束，并且沿基本上相反的方向反射这些子光束；及

20 (f)将经过有选择的调节的多个不同子光束重定向到色散元件，并将这些光束混合以形成输出光束。

13. 根据权利要求12所述的方法，其中发射步骤包含在微型透镜中接收光束并使用透镜重定向来自微型透镜的光束以便将光束导向反射元件。

14. 一种重新路由和调节光信号的器件，包括：

(a)用来发射光束的第一端口，该第一端口包括：

(i)耦合到用来发射和接收光信号的第一端口的光纤；

(ii)耦合到光纤的微型透镜; 及

(iii)用来接收和重定向来自微型透镜的光信号的透镜;

(b)具有焦平面并且用来接收来自第一端口的光束的第一光重定向元件;

5 (c)决定色散方向并且基本位于光重定向元件的焦平面上的第一波长色散元件, 用来空间分离从光重定向元件反射的光束并且将空间分离的光束重定向到光重定向元件;

(d)基本位于焦平面上的导光偏转器, 用来接收从第一光重定向元件反射的空间分离光束并将空间分离光束重定向到与第一波长色散元件决定的色散方向基本垂直的方向上;

10 (e)用来接收来自导光偏转器的空间分离光束的第二光重定向元件; 及

(f) 第二波长色散元件, 用来再混合来自第二光重定向元件的空间分离光束, 并将再混合的光束导入第二光重定向元件。

15

15. 根据权利要求 14 所述的光学器件, 其中前端单元还包含偏振分集模块, 该模块具有至少一个用来将来自第一端口的光束分成两束具有基本上相同的偏振态的子光束的波片。

20

16. 根据权利要求 15 所述的光学器件, 其中第一和第二波长色散元件包含衍射光栅, 并且第一和第二光重定向元件包含球形反射器。

17. 一种光纤波长开关, 包括:

25

(a)前端单元, 具有多个被耦合到透镜并且用来发射和接收光的端口;

(b)决定色散方向的波长色散元件;

(c)与波长色散元件相连的光重定向元件; 及

(d) 与光重定向元件一起工作、使光信号基本与波长色散元件决定的色散平面垂直的启动阵列。

5 18. 根据权利要求 17 所述的光纤波长开关, 其中前端单元还包含偏振分集模块, 该模块具有至少一个用来将发送的光束中的一个分成两个具有基本上相同的偏振态的子信号的波片。

19. 根据权利要求 17 所述的光纤波长开关, 其中波长色散元件包含衍射光栅和棱镜中的一个, 并且光重定向元件包含球形反射器。

10 20. 根据权利要求 19 所述的光纤波长开关, 其中启动阵列包含微型机电系统(MEMS)器件, 该 MEMS 器件具有多个可以沿着由色散方向决定的轴移动的反射器。

光开关的系统和方法

5 参考的相关专利申请

本专利申请受益于 2001 年 7 月 12 日申请、题为“具有多个可调光学端口的波长开关”的美国第 60/304,407 号临时专利申请。

技术领域

10 本发明涉及光开关，尤其涉及具有多个可调节光学端口的光纤波长开关。

背景技术

随着国际互联网和其它宽带服务的增长，提高了对长距离和城市
15 通信基础设施容量的要求。所增加的光纤系统带宽通常不能充分满足这种需求，并且光纤资源的供不应求现已成为许多网络运营商的关注焦点。过去，一种能够在确定的波特率下满足更高宽带要求的实用技术是密集波分复用(DWDM)，该技术将不同波特率的光的多个波长混合到一根信号光纤中。不过，由于更多的传输带宽相当于更多的光学
20 波长，因此数字交叉连接(DXC)，分插复用器(ADM)和故障管理体系结构存在容量饱和和缺乏可挖掘经济潜力的问题。

目前代表光学处理发展方向的器件包括光分插复用器(OADM)和可配置光分插复用器(COADM)。OADM 提供对 DWDM 系统中的波长子集的固定接入，并且提供静态带宽管理。OADM 没有路由灵活性，通常也没有用来监视信号功率的手段。由于动态可配置性，
25 COADM 扩充了 OADM。

例如，一根输入光纤可以有 40 路具有 100 千兆赫 ITU（国际电信联盟）网格间隔的波长。解复用器(DEMUX)分离出波长子集，再将这些子集传入（例如）2x2 光学开关中，该开关传递通过或分离信号，并

允许插入特定的波长。所有的波长接着被多路复用器(MUX)混合到输出光纤。系统可以包含位于分离或直通信道上、用来均衡光功率(optical power)的衰减器, 并且可以包含光学功率接头(optical power tap)和光电二极管以监视每个波长的信号功率或状态。

- 5 另一种传统的解决方案涉及可以将任一波长从任一传入端口交换到任一输出端口的全波长交叉连接。但是, 由于需要控制较大的光束, 全交叉连接开关通常比较复杂。

因此, 需要一种既没有全交叉连接开关的复杂性, 又增强基于COADM的系统的功能和效率的光学开关。

10

发明内容

- 根据本发明的一个方面, 提供一种光纤波长开关, 包括: (a) 具有多个光学端口的前端单元, 该前端单元包括: (i) 光纤阵列, 该阵列包括多个被耦合到多个用来发射和接收光信号的光学端口的光纤; (ii) 具有多个微型透镜的微型透镜阵列, 每个微型透镜都被耦合到一根相应的光纤; 及 (iii) 接收和重定向来自微型透镜阵列的光信号的透镜; (b) 决定色散平面的波长色散元件; (c) 与波长色散元件相连的光重定向元件; 及(d) 与光重定向元件一起工作的启动阵列, 用来偏转光信号以使其与波长色散元件决定的色散平面基本垂直。

- 20 根据本发明的另一个方面, 提供一种重新路由和调节光信号的光学器件, 包括: (a) 具有用来发射光束的第一端口和用来接收光束的第二端口的前端单元, 该前端单元包括: (i) 光纤阵列, 该阵列包括多个被耦合到用来发射光束的第一端口和用来接收光束的第二端口的光纤; (ii) 具有多个微型透镜的微型透镜阵列, 每个透镜都被耦合到一根相应的光纤; 及(iii) 用来接收和重定向来自微型透镜阵列的光信号的透镜; (b) 具有焦平面并且用来接收来自第一端口的光束的光重定向元件; (c) 决定色散平面并且基本上位于光重定向元件的焦平面上的波长色散元件, 用来空间分离从光重定向元件反射的光束并且将空间分离的光束重定向到光重定向元件; 和(d) 位于光重定向元件的焦平面上的

启动阵列，用来将从光重定向元件反射的空间分离光束调节到与波长色散元件决定的色散平面基本垂直的方向上，并且通过光重定向元件和波长色散元件将经过调节的空间分离光束反射到前端单元的第二端口。

- 5 根据本发明的另一个方面，提供一种重新路由和调节光信号的方法，包括：(a)向具有焦平面的反射元件发射光束；(b)将入射到反射元件的光束重定向到决定色散方向的色散元件，该色散元件基本上位于焦平面上；(c)将重定向的光束空间分离成与多个不同光谱信道相对应的多个不同子光束；(d)将多个不同子光束重定向到在光学上基本位于
- 10 焦平面上的启动阵列；(e)有选择地调节与色散方向基本垂直的多个不同子光束，并且沿基本上相反的方向反射这些子光束；及(f)将经过有选择的调节的多个不同子光束重定向到色散元件，并将这些光束混合以形成输出光束。

- 根据本发明的另一个方面，提供一种重新路由和调节光信号的器
- 15 件，包括：(a)用来发射光束的第一端口，该第一端口包括：(i)耦合到用来发射和接收光信号的第一端口的光纤；(ii)耦合到光纤的微型透镜；及(iii)用来接收和重定向来自微型透镜的光信号的透镜；(b)具有焦平面并且用来接收来自第一端口的光束的第一光重定向元件；(c)决定色散方向并且基本位于光重定向元件的焦平面上的第一波长色散元
- 20 件，用来空间分离从光重定向元件反射的光束并且将空间分离的光束重定向到光重定向元件；(d)基本位于焦平面上的导光偏转器，用来接收从第一光重定向元件反射的空间分离光束并将空间分离光束重定向到与第一波长色散元件决定的色散方向基本垂直的方向上；(e)用来接收来自导光偏转器的空间分离光束的第二光重定向元件；及(f)第二波
- 25 长色散元件，用来再混合来自第二光重定向元件的空间分离光束，并将再混合的光束导入第二光重定向元件。

根据本发明的另一个方面，提供一种光纤波长开关，包括：(a)前端单元，具有多个被耦合到透镜并且用来发射和接收光的端口；(b)决定色散方向的波长色散元件；(c)与波长色散元件相连的光重定向元

件；及(d) 与光重定向元件一起工作、使光信号基本与波长色散元件决定的色散平面垂直的启动阵列。

本领域的普通技术人员通过阅读结合附图对本发明的具体实施例进行的详细说明可以理解本发明的其它方面和特征。

5

附图说明

结合下列图示，将对本发明的其它特征和优点进行详细的说明，其中：

图 1 是一般光学器件的模块图；

10

图 2 是关于前端微型光学元件的例子的模块图；

图 3 是基于本发明一个实施例的多端口光学器件的模块图；

图 4A 和 4B 分别是图解如图 3 所示的基于本发明一个实施例的光学模块的俯视图和侧视图示意图；

15

图 4C 是如图 4A-4B 所示的基于本发明一个实施例的前端单元的模块图；

图 5A 和 5B 是基于本发明的各种 MEMS 阵列结构的示意图；

图 6A 是如图 4 所示的基于本发明另一个实施例、在偏振分集模式下工作的光学模块的侧面示意图；

20

图 6B 是如图 6A 所示的基于本发明一个实施例的前端单元的模块图；

图 7A 是基于本发明另一个实施例的多端口光学器件的模块图；

图 7B 是如图 7A 所示的基于本发明一个实施例的光学模块的俯视图；及

图 7C 是基于本发明一个实施例的液晶偏转阵列的模块图。

25

具体实施方式

图 1 示出了用来重新路由和调节光信号的一般光学器件 10。光学器件 10 包含色散元件 12（棱镜，衍射光栅等等），该元件位于具有光功率的元件 14A 和 14B 之间并且在元件 14A 和 14B 的焦平面上。在

输入/输出端上的两个端口 16A 和 16B 如双向箭头所示，其中发射到端口 16A 的光可以传播通过光学器件 10，并且可以被反射回输入端口 16A，或以受控方式被转换到端口 16B，反之亦然。虽然图中只示出两个输入/输出端口以利于对器件 10 的理解，但可以提供多个这样的端口。光学器件 10 还包含用来调节入射光的至少一部分的调节器 18。

调节器 18 和/或色散元件 12 通常取决于入射光的偏振。尤其是，提供具有已知偏振态的光以便获得选定的转换和/或衰减。可以使用许多不同的偏振分集方案。例如，图 2 示出了用来提供具有已知偏振的光的前端微型光学元件 50。元件 50 包含光纤套管 52，微型透镜 54 和双折射元件 56（如晶体），用来将输入光束分成两束垂直偏振的子光束。

在输出端，使用半波片 58 将其中一束光的偏振旋转 90°，以确保两束光有着相同的偏振态。向双折射元件 56 加入第二波片 60 以减弱双折射元件 56 的两个分路的光程差引起的偏振态色散的影响。为方便理解，图 2 中只示出一束单独的输入光束。不过，前端微型光学元件 50 可以传播通过更多的光束。（该元件的不同实施例在图 4C 和 6B 中有图示）。

图 3 是一般多端口（10 端口）光学器件 100 的例子。器件 100 包含光学模块 102（具体结构将在下面讨论），输入/输出环行器 104 和多个分/插环行器 106A-106D。器件 100 可以被用在密集波分复用（DWDM）通信系统中以插入和分离特定的信道（如波长）。例如，在系统的预定节点上，从光学波导分离出具有可选择波长的光信号，并且插入其它光信号。

图 4A 和 4B 是基于本发明一个实施例的光学模块 102 的模块 102A 的一个例子。具体地，图 4A 是具有球形反射器 120 形式的光功率的光重定向元件的俯视图，这种球形反射器 120 被用来接收来自前端单元 122（具有图 4C 所示的光纤阵列）的光束。球形反射器 120 还反射到达和来自衍射光栅 124（如图 1 中所示的色散元件 12）和微型机电系统（MEMS）阵列 126（如图 1 中所示的调节装置）的光束。

图 4B 是图 4A 中所示元件的侧视图，用来图解元件(120, 122, 124 和 126)相对于反射器 120 的焦平面的位置。

5 在操作中，复用光束被射入前端单元 122 以提供两束具有相同偏振的子光束。这两个光束被传播到球形反射器 120 并从反射器反射到衍射光栅 124。衍射光栅 124 将每束子光束分成多个具有不同中心波长的子光束。这些子光束又被传播到球形反射器 120，在反射器 120 中，这些子光束被传播到 MEMS 阵列 126，其中这些子光束象对应于单光谱信道的空间分离射点那样入射到 MEMS 阵列 126 上。

10 在图 4A 的俯视图中，每个对应于单光谱信道的子光束被调节，并沿着与入射光路基本相同的光路向后反射，在图 4B 的侧视图中，反射光路有点偏离原来的光路。子光束被从 MEMS 阵列 126 反射到球形反射器 120，并被重定向到衍射光栅 124，在 124 处，子光束被再混合并被传播到球形反射器 120，以便被发射到如图 4B 中所示的预定输入/输出端口。

15 图 4C 是基于本发明一个实施例的前端单元 122 的模块图。前端单元 122 包含光纤阵列 132，此阵列包括多个光纤 132A 到 132D（在本例中示出 4 根光纤），每根光纤 132A-132D 将光发射到微型透镜阵列 134 的相应微型透镜 134A-134D 上。在通过相应的微型透镜 134A-134D 后，光束被透镜 136 偏转，并被导向反射器 120（如图 4A/4B 所示）。

20 图 5A 和 5B 是图解基于本发明的 MEMS 阵列 126 的两个实施例的示意图。MEMS 阵列 126 包含多个 MEMS 元件 150（如镜子，反射器等等），这些元件将光束转换到与色散元件 12（具体是图 4A 中所示的衍射光栅 124）决定的色散平面/方向（用点划线 λ 标识）相互垂直的方向上。在图 5B 的实施例中，元件 150 被分成通过成对链子 154 与固定锚 152 互连的元件对。

图 6A 是基于本发明另一个实施例的光学模块 102 的模块 102B 的例子，该模块 102B 支持偏振分集。模块 102B 包含与图 4A 和 4B 中讨

论的模块 102A 相同的元件，但图解了具体如图 6B 所示的经过变化的前端单元 122'。

为了简单，经过变化的前端单元 122' 中只示出两根光纤 132A-132B，而且包含具有一对波片/玻璃块 140A 和 140B 的偏振分集模块 138（如晶体）。波片 140A 和 140B 将光束分成如图所示的两束子光束。在操作过程中，光纤 132B 将光传过微型透镜 134B 并到达透镜 136，透镜 136 将光束导入偏振分集模块 138，并通过波片 140A（用“o”标识光束）。（通过光学模块 102B 之后）光束“o”经过波片 140A 回到透镜 136 并通过微型透镜 134A 从光纤 132A 出来。类似地，另一光束“e”的轨迹说明了角度到位置的变换结果。标记 f_1 和 f_2 表示焦距。

图 7A 是基于本发明另一个实施例的一般多端口（10 个端口）光学器件 200 的例子。器件 200 包含光学模块 202（图 7B 所示），输入端口 204，输出端口 206，多个插入端口（在本例中有 4 个），和多个分离端口 210（在本例中有 4 个端口）。器件 200 可以用在密集波分复用(DWDM) 通信系统中以便插入和分离特定信道（如波长）。例如，在系统的预定节点上，具有可选择波长的光信号被从光学波导中分离，而其它光信号被插入。

图 7B 是基于本发明一个实施例的光学模块 202 的模块 202A 的例子。具体地，图 7B 是一对具有上述球形反射器 120A 和 120B 形式的光功率的光重定向元件的俯视图。反射器 120A 被用来接收被反射到衍射光栅 124A、又回到反射器 120A、之后又反射到导光偏转器阵列 220（液晶光学相位阵列-LC OPA，即图 1 所示的调节装置）的光束。偏转器 220 将光从反射器 120B 反射到衍射光栅 124B，最后从衍射光栅 124B 反射到输出端口模块 222。

在操作中，发射复用光束以提供具有相同偏振的两束子光束。这两束光被传播到球形反射器 120A 并被反射到衍射光栅 124A。衍射光栅 124A 将每束子光束分成具有不同中心波长的多个子光束。这些子光束又被传播到球形反射器 120A，然后经过导光偏转器 220 到达球形反

射器 120B, 在 120B 处又被反射回衍射光栅 124B。衍射光栅 124B 混合从反射器 120B 接收的子光束, 并将光束从反射器 120B 发射到输出端口模块 222 的多个输出端口 221 中的一个上。

图 7C 图解了基于本发明一个实施例的液晶(LC)偏转阵列 220。

- 5 LC 偏转阵列 220 包括至少一排液晶体 (cell) 或像素 252。通常, 阵列 220 内的每个像素 252 包含充当电可改写衍射光栅的光学相位阵列。各个像素 252 的输出被耦合到相应的端口 P1, P2 和 P3。地址选择模块 256 选择偏转角度, 因而选择了图 7B 的输出端口模块 222 的具体端口 P1, P2 或 P3。
- 10 虽然根据优选实施例描述和图解了本发明, 但本发明的范围并不仅仅限于这些实施例。相反, 本发明的范围包括在本发明的构思和下列权利要求的全部范围内的所有可能的替代, 修改和等价方案。

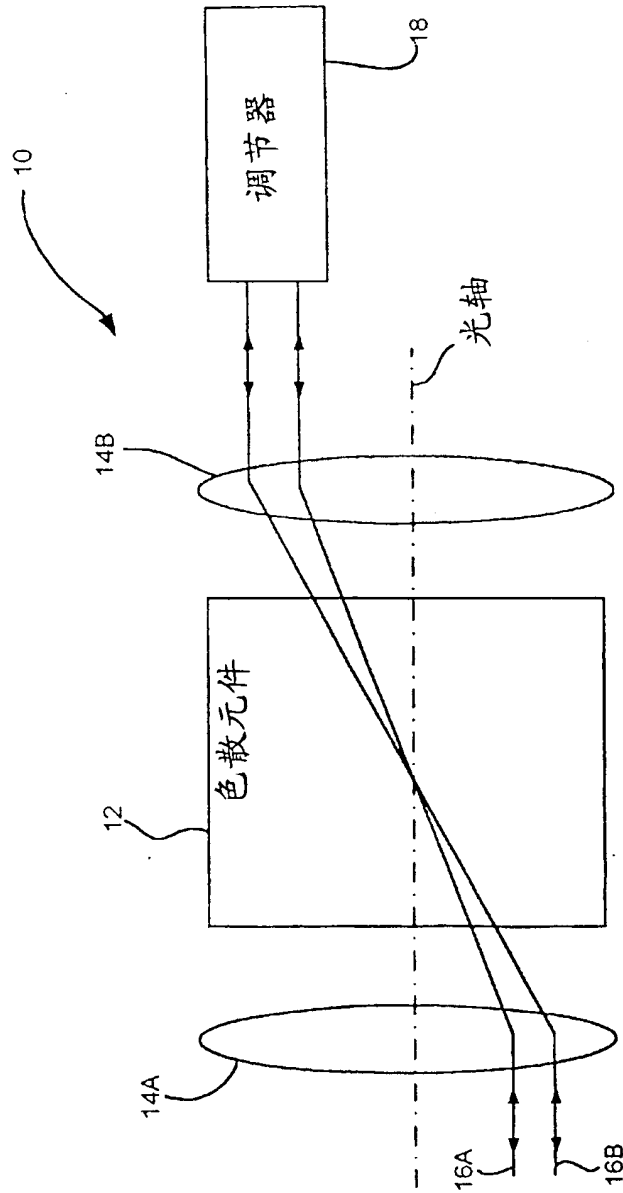


图 1

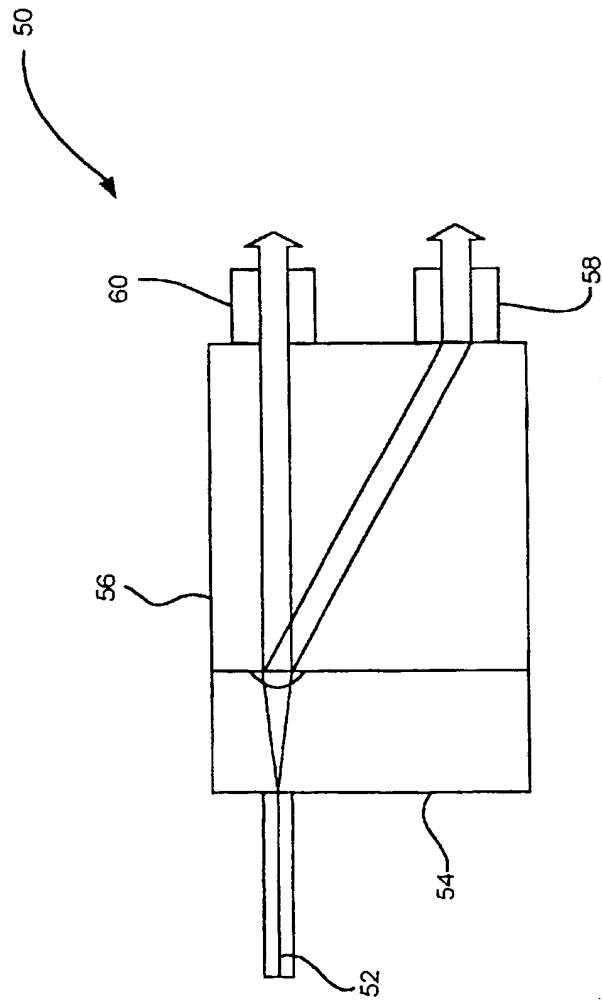


图 2

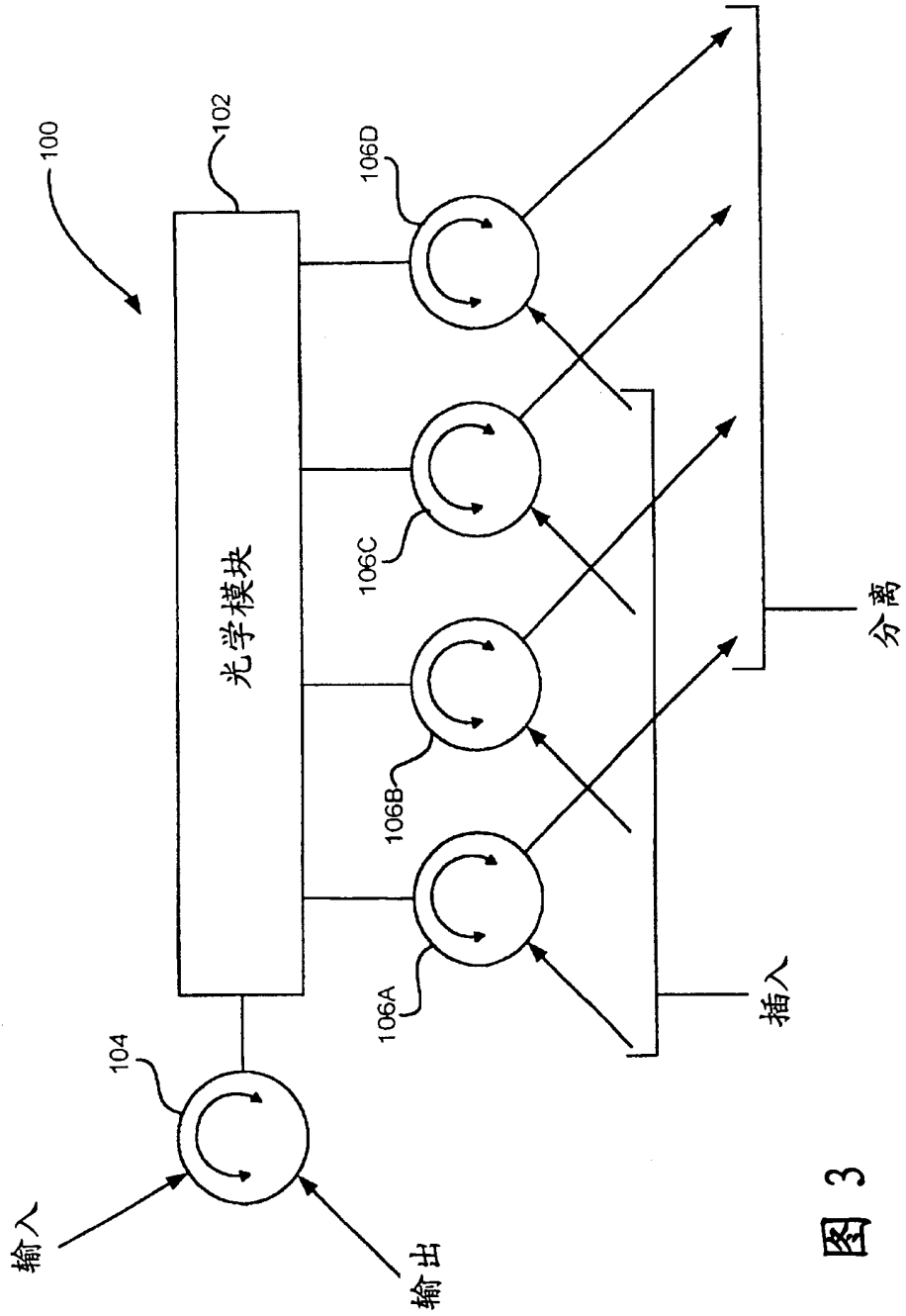


图 3

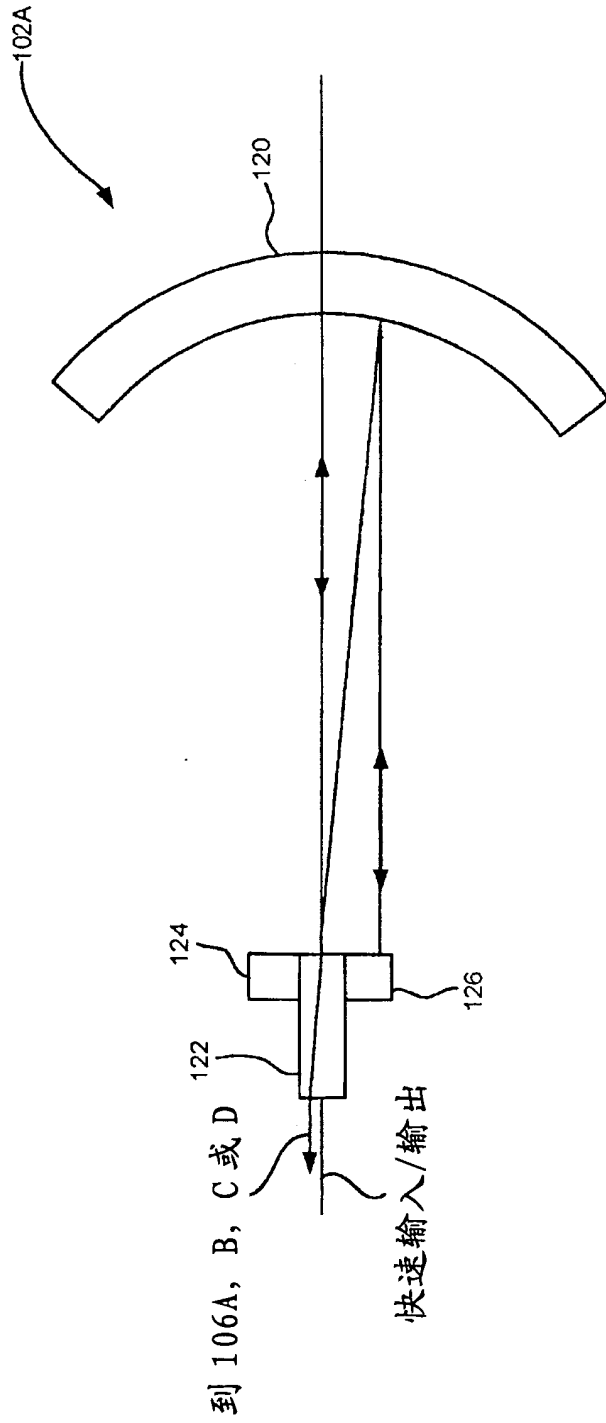


图 4B

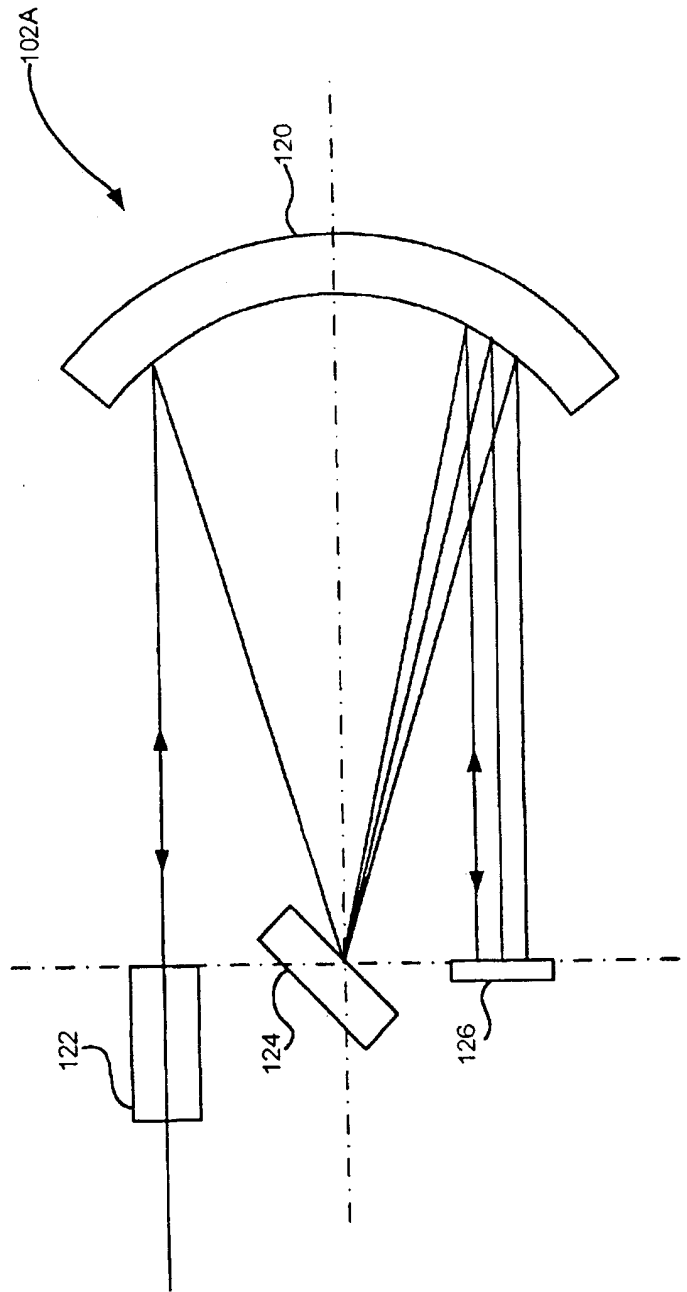


图 4A

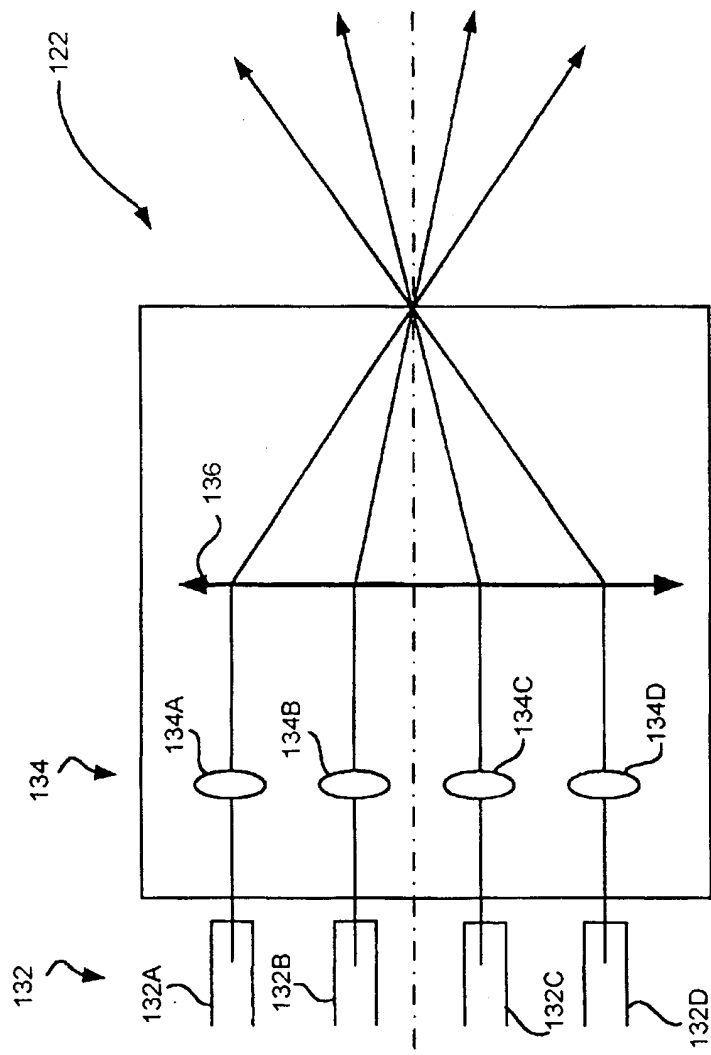


图 4C

图 5A

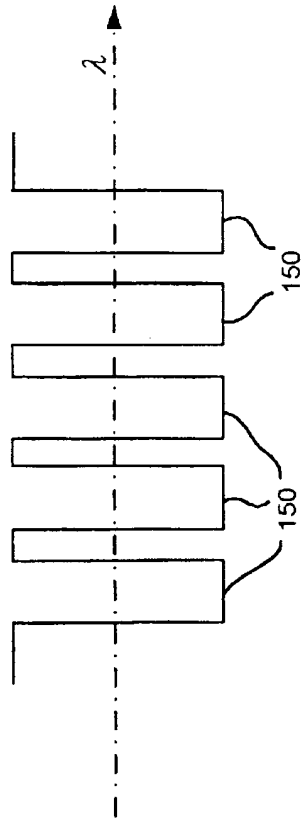
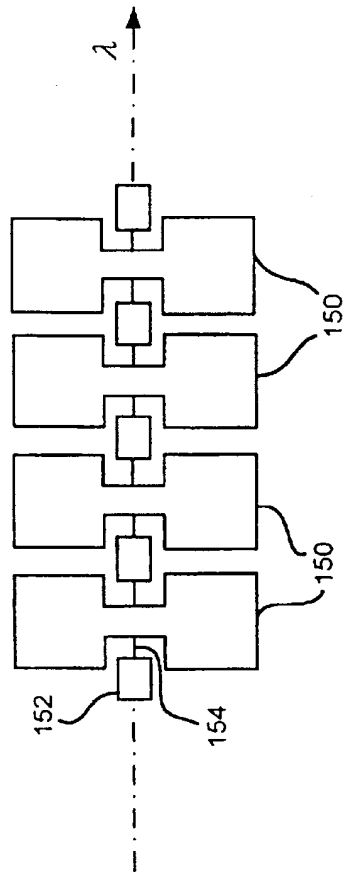


图 5B



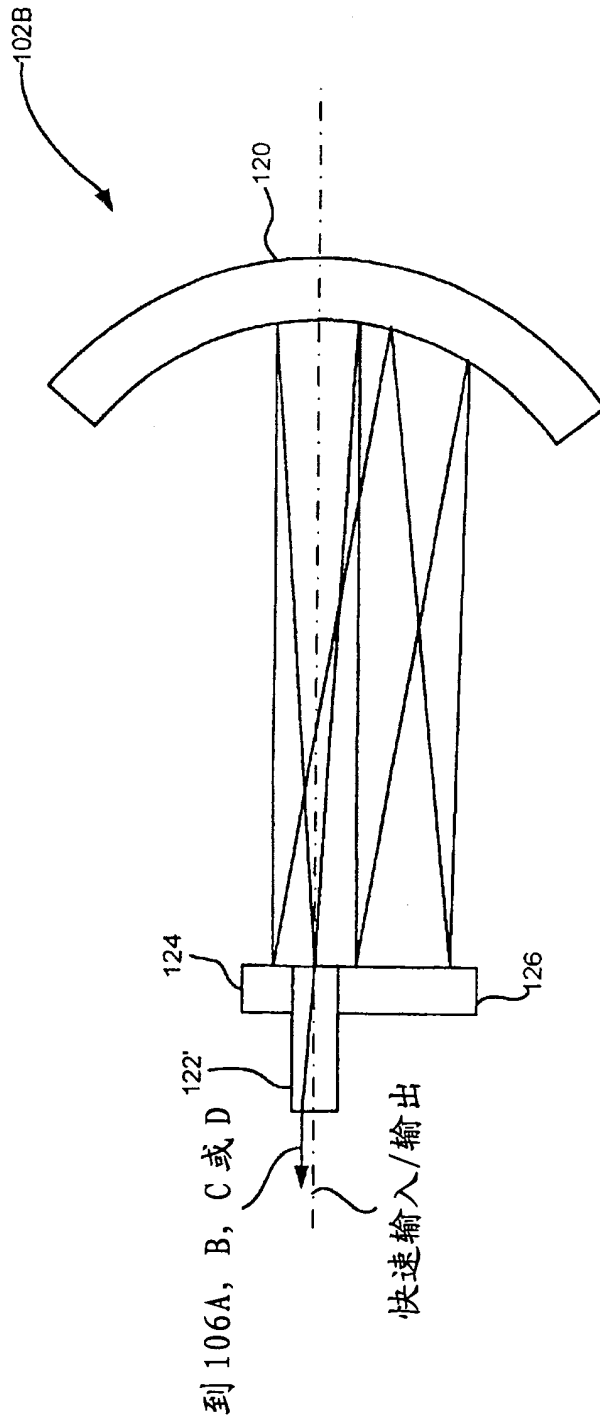


图 6A

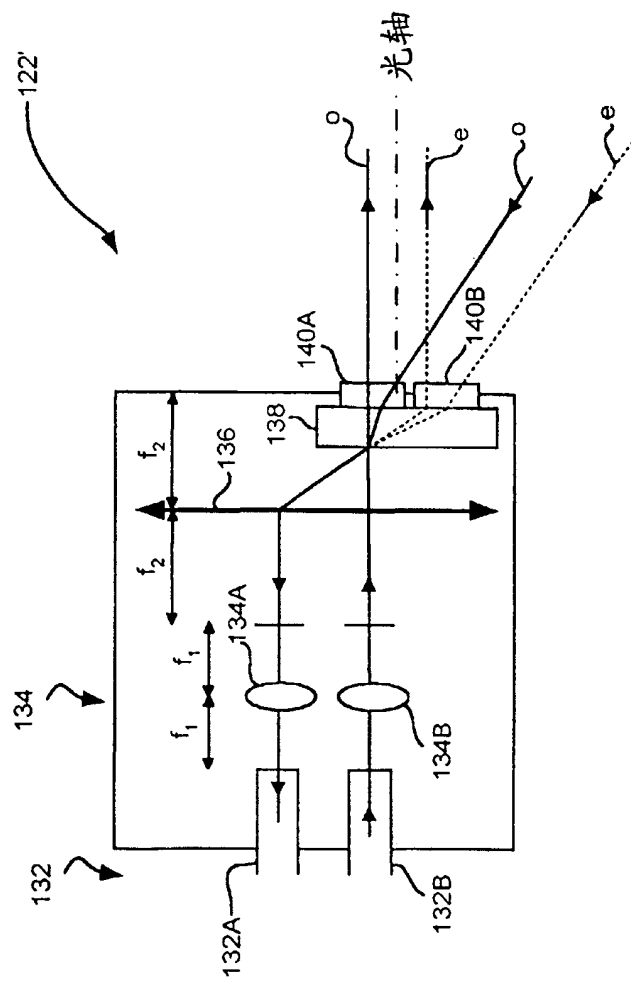


图 6B

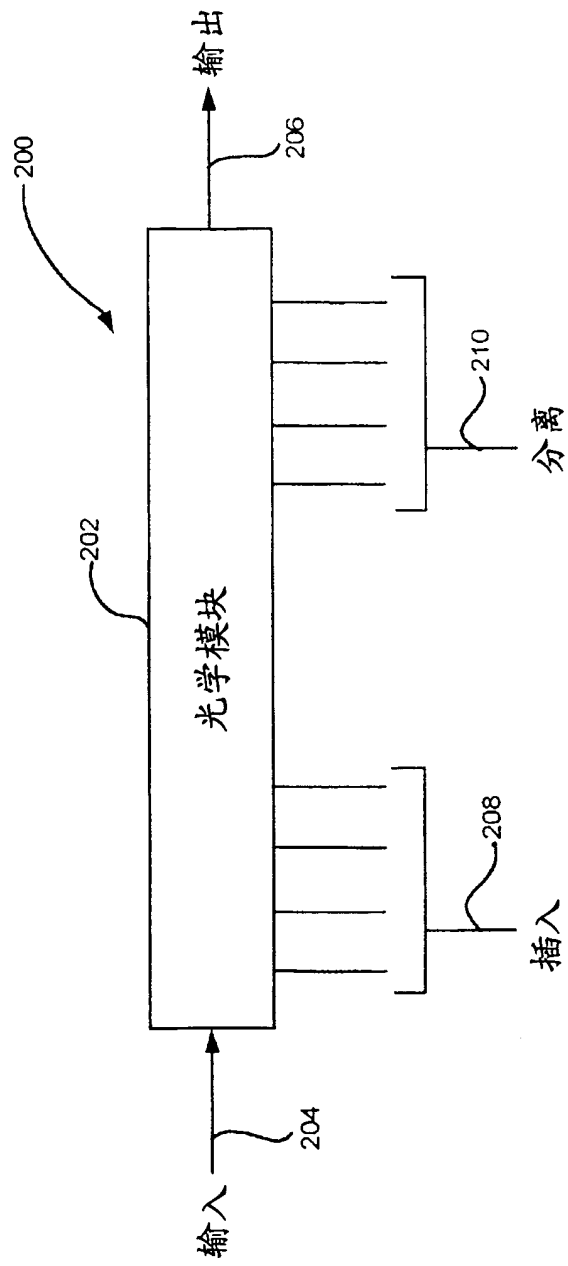


图 7A

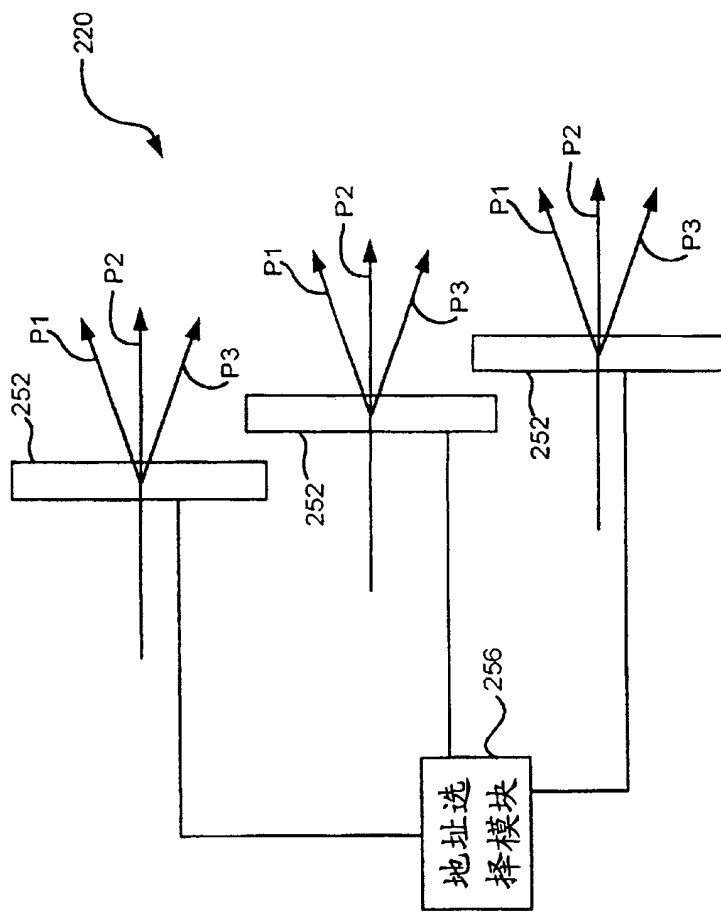


图 7C

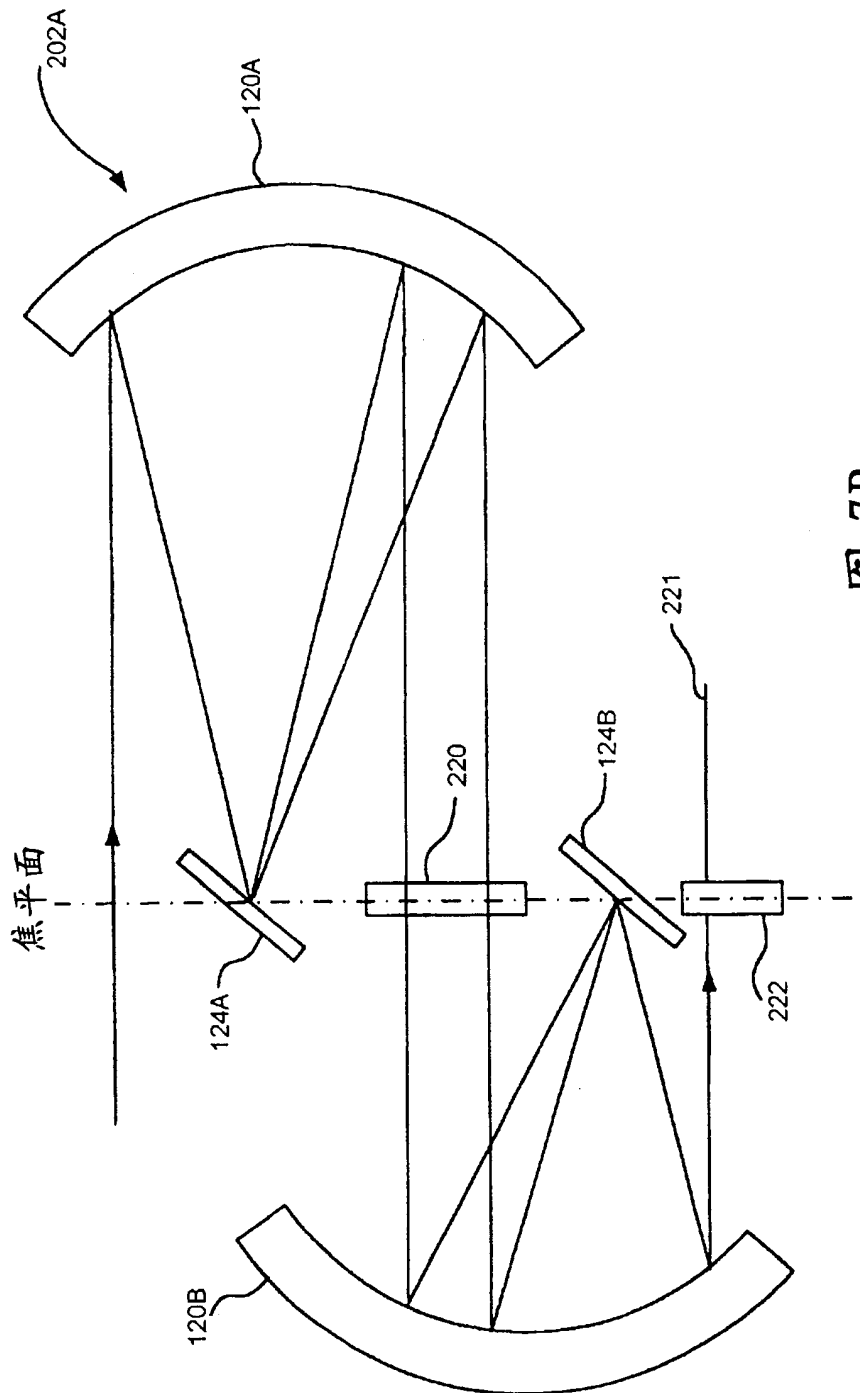


图 7B