[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G02F 1/29
G02B 5/124 G02B 27/10

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96110861.4

[45] 授权公告日 2003 年 10 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1125369C

[22] 申请日 1996.7.26 [21] 申请号 96110861.4

[30] 优先权

[32] 1995. 7.26 [33] JP [31] 190535/1995

[71] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72] 发明人 白崎正孝

审查员 钟炎鑫

[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

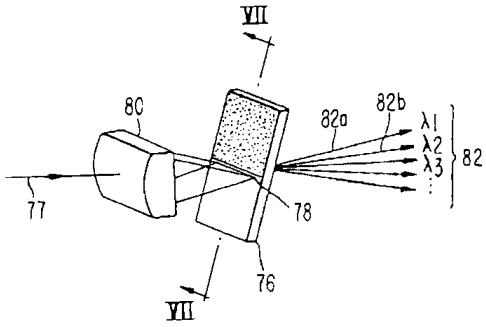
代理人 王永刚

权利要求书 5 页 说明书 18 页 附图 13 页

[54] 发明名称 作为波长信号分离器的虚像相控阵及其制备方法

[57] 摘要

本发明为虚像相控阵或“光分波器”，它接收一批载波的波分复用光并对各载波产生一可从空间上区别的输出光。 此相控阵包括第一与第二面的透明件。 第二面的反射率允许透过部分入射光。复用光于第一和第二面间多次反射生成一批透射过第二面的光，这批光相互干涉而给各载波产生相应的输出光。 各载波对应的波长是在连续波长范围内，上述输出光可与由具有在此范围内任何其它波长的输入光所形成的输出光相区别。 制备此相控阵的方法包括在透明件上形成反射膜与窗口。



ISSN1008-4274

1.一种光分波器，用来接收所具有的相应波长是在一连续波长范围内的输入光同时促致续此输入光发生多次反射而产生出形成一种输出光的自干涉，其特征在于：它包括将输入光聚焦成一直线的透镜，一个具有相互分开的一个第一表面与一个第二表面的装置，上述直线输入光接收在此相互分开的一个第一表面与一个第二表面之间，此输入光在此第一与第二表面间发生多次反射，所述第二表面具有这样一个反射率，可以在输入光的多次反射中，当输入光每次从此第二表面上反射时有一部分输入光通过其中，由此可使一批透射光通过此第二表面，而这批透射光相互干涉，使输入光产生自干涉而形成输出光，此输出光可与具有此连续波长范围内任何其它波长的输入光所形成的输出光在空间上相区分。

2.如权利要求1所述光分波器，其特征在于：还包括一种玻璃件，前述第一与第二表面则位于此玻璃件上而此玻璃件则位于此第一与第二表面间，在此玻璃件之中且在此第一与第二表面之间发生输入光的多次反射。

3.如权利要求1所述光分波器，其特征在于还包括：

由光接收器和光传输线路这两个器件所构成的用来接收从所述透镜聚集输出光的组件中的一个器件。

4.如权利要求2所述光分波器，其特征在于还包括：

至少是部分透明的且形成于前述玻璃件上的一个窗，从上述直线上辐射出而后通过此窗的输入光即进入此玻璃件内，在所述第一与第二表面之间反射。

5.如权利要求1所述光分波器，其特征在于：所述输入光包括一种或多种各具有不同波长的光，而此设备对于此输入光的各种光各形成一相应的输出光，每一输出光与其它输出光在空间上可相互区分。

6.如权利要求1所述的光分波器，其特征在于：所述输入光是一种包括许多载波的波分复用光，而此设备对于此输入光的各个载波各形成一相应的输出光，每一输出光与其它输出光在空间上可相互区

分。

7.如权利要求 6 所述的光分波器，其特征在于还包括:

相互分开的第一与第二表面，此设备促致所述输入光在此第一与第二表面间多次反射，其中所述第二表面具有这样一个反射率，可以在输入光的多次反射中，当输入光每次在此第二表面上反射时有部分输入光通过第二表面，由此可有一批透射光通过此第二表面，这批透射光相互干涉，使输入光产生自干涉，而给此输入光的各个载波形成相应的输出光。

8.如权利要求 5 所述的光分波器，其特征在于: 所述每种输出光是以不同于其它各输出光的方向传播，而使它们成为在空间上可以区分的。

9.一种光分波器，用来接收输入光和产生可从空间上区别的输出光，它包括:

用来将输入光聚集成一直线的透镜，

一种上面有第一和第二表面的透明材料件，此第二表面所具有的反射率可使入射到其上的一部分光透过其中，此输入光可在透明材料件中于此第一和第二表面间作多次反射，造成一批透过此第二表面的光，这批透射光相互干涉而生成出输出光，

其中，所述输入光是在一连续波长范围内的一个相应波长上，且所述输出光可与具有在此连续波长范围内的任何其它波长的输入光所形成的输出光从空间上相区分。

10.如权利要求 9 所述的光分波器，其特征在于: 所述第一与第二平面是相互平行的。

11.如权利要求 9 所述的光分波器，其特征在于: 所述第一表面的反射率基本上是 100％。

12.如权利要求 9 所述的光分波器，其特征在于: 所述第二表面的反射率大于 80％而小于 100％。

13.如权利要求 11 所述的光分波器，其特征在于: 所述第二表面的反射率大于 80％而小于 100％。

14.如权利要求 9 所述的光分波器，其特征在于: 它还包括一种

窗，这种窗至少是部分透明的，形成在前述透明材料件上，所述输入光通过此种窗进入透明材料件内，并在上述第一与第二表面间反射。

15.如权利要求 14 所述的光分波器，其特征在于：前述的窗是形成在所述透明材料件上且与第一与第二表面中之一处在同一平面上。

16.如权利要求 14 所述的光分波器，其特征在于：所述输入光是依某个角度通入此窗内，而得以防止此输入光经此窗出射同时使此输入光在所述第一与第二表面间反射。

17.如权利要求 9 所述的光分波器，其特征在于：所述输入光包括两或多种各在一不同波长上的光，而前述这批透射光相互干涉，相对于此输入光的各种光产生出一相应的输出光，每种输出光在空间上可与其它输出光相区分。

18.如权利要求 9 所述的光分波器，其特征在于：所述输入光是一种包括有至少两个各在不同波长上的载波的波分复用光，而所述这批透射光相互干涉，产生出相对于此输入光的各个载波的相应输出光，各输入光均可从空间上与其它输出光相区分。

19.如权利要求 18 所述的光分波器，其特征在于：所述各输出光是以一不同于其它输出光的方向传播，而使它们在空间上是可区分的。

20.一种光分波器，用来接收包括至少两种载波的波分复用光同时对于各个载波产生一可从空间上区分的输出光，它包括：

用来将输入光聚焦成一直线的透镜，

一个具有第一与第二表面的透明材料件，此第二表面所具有的反射率可使入射到它上面的一部分光透射过它，此波分复用光在透明材料件中于所述第一和第二表面间多次反射，造成一批透射过此第二表面的光，这批透射光相互干涉，给此波分复用光的各载波产生一相应的输出光，

其中各载波所对应的波长是在一连续波长范围内，而对于一相应载波所形成的输出光，则从空间上可与具有任何其它在此连续波长范围内的波长的载波对应形成的输出光相区分开。

21.一种波长信号分离器的虚像相控阵的制备方法，包括下述步骤：在一种透明材料的第一表面上形成第一反射膜；在此透明材料上形成第二反射膜，此第一与第二反射膜经形成为可使一输入光在此透明材料中于第一和第二反射膜之间反射多次，此第二反射膜所具的反射率小于第一反射膜所具的反射率，可允许上述输入光的一部分在每次通过时，此输入光即从第二反射膜上反射掉，导致有一批透射光通过此第二反射膜，此外，第一与第二反射膜定位成可使这批透射光相互干涉而给此输入光提供自干涉，由此而形成一种光输出，它能在空间上与具有任何其它在连续波长范围内的波长的输入光所形成的输出光相区别。

22.如权利要求21所述的方法，特征在于它还包括有步骤：在所述透明材料件上且在与所述第一和第二反射膜中之一同一的平面上，形成一种至少是部分透明的窗，使得所述输入光能通过此窗而接收到透明材料件中，并在所述第一与第二反射膜之间反射。

23.如权利要求22所述方法，特征在于：所述形成窗的步骤包括：

通过在与要形成的窗处于同一平面上的反射膜上剥离一部分这种反射膜来形成所述窗。

24.如权利要求22所述方法，特征在于：所述形成窗的步骤包括：

通过在与要形成的窗处于同一平面上的反射膜上腐蚀掉一部分这种反射膜来形成该窗。

25.如权利要求22所述的方法，特征在于：所述形成窗的步骤包括：

用掩模方法来防止把与所需形成的窗处于同一平面中的反射膜，形成到前述的透明材料件的一部分上。

26.如权利要求22所述的方法，特征在于：所述第一与第二表面是相互平行的。

27.一种用来形成光分波器的方法，包括如下步骤：

在一种透明材料的第一表面上形成第一反射膜；

在上述透明材料与第一表面平行的第二表面上形成第二反射膜，此第二反射膜所具的反射率小于第一反射膜的反射率；

在上述透明材料上形成一个至少是部分透明的窗，使输入光能通过此窗而被上述透明材料接收，并在所述第一和第二反射膜之间反射。

28.如权利要求 27 所述方法，特征在于：所述形成窗的步骤包括：

通过在与要形成的窗处于同一平面上的反射膜上剥离一部分这种反射膜来形成所述窗。

29.如权利要求 27 所述方法，特征在于：所述形成窗的步骤包括：

通过在与要形成的窗处于同一平面上的反射膜上腐蚀掉一部分这种反射膜来形成该窗。

作为波长信号分离器的虚像相控阵及其制备方法

技术领域

本发明涉及一种虚像相控阵（VIPA）或“光分波器”，它接收包括一批载波的波分复用光，并将此波分复用光分成一批与这批载波分别对应且在空间上可相互区分的光流。

背景技术

波分复用技术用在光纤通信系统中以高速来传输较大量的数据。具体地说，是将许多各由信息调制的载波合成一种波分复用光。然后将此波分复用光通过一根光纤到达接收器。此接收器将此波分复用光分离到各个载波中，使得可以检测出此各个载波。在此方式下，一个通信系统就能在一根光纤上传送较大量的数据。

因此，接收器能精确分离此种波分复用光的能力将显著影响这一通信系统的性能。例如，即使是大量的载波能组合成波分复用光，但要是接收器不能精确地分离此波分复用光，也不应去传送这种波分复用光。为此，需要有一种能包括高精度光分波器在内的接收器。

图 1 示意地表明了采用了多层干涉膜的、用作光分波器的一种传统的滤光片。参看图 1，在透明基片 22 上形成有一种多层干涉膜 20。必须是平行光的一束光 24 入射到膜 20 上，然后在膜 20 内重复反射。由膜 20 的特性所确定的光学条件只允许具有波长 λ2 的光 26 通过。包括着所有不满足上述光学条件的光的一束光 28，则不通过膜 20 而被反射。这样，图 1 中所示的滤光片可用来分离只包括两种不同波长 λ1 与 λ2 的载波的波分复用光。遗憾的是，上述滤光片本身不能分开具有多于两种的载波的波分复用光。

图 2 示意地表明了用作光分波器的一种传统的法布里－珀罗干涉仪。参看图 2，设置有相互平行的高反射率的反射膜 30 与 32。必须为平行光的一束光 34 入射到反射膜 30 上，并在反射膜 30 与 32 之间反射多次。满足此法布里－珀罗干涉仪特性所确定的通过条件的波长 λ2 的光通过此反射膜 32。波长 λ1 的光不满足此通过条件而被反

射掉。在此方式下，具有两种不同波长的光可以分裂成分别对应于这两种不同波长的两束不同的光。这样，与图 1 所示的滤光片相同，传统的法布里－珀罗干涉仪可用来分离只包括两种不同波长λ1 与λ2 的载波的波分复用光。遗憾的是，这种法布里－珀罗干涉仪不能分离开具有两种以上载波的波分复用光。

图 3 示意地给出了一种传统的迈克尔逊干涉仪。参看图 3，平行光 40 入射到半透反射镜 42 上并分裂成相互垂直的第一束光 44 和第二束光 46。反射镜 48 反射第一束光 44，而反射镜 50 反射第二束光 46。半透反射镜 42 与反射镜 48 之间的距离以及半反射镜 42 与反射镜 50 间的距离便表明出光程差。由反射镜 48 所反射的光返回到半透反射镜 42，同反射镜 50 所反射而返回到半透反射镜 42 的光相干涉。结果使分别具有波长λ1 与λ2 的光 52 与 54 相分开。与图 1 所示的滤光片同时与图 2 所示的法布里－珀罗干涉仪相同，图 3 所示的迈克尔逊干涉仪可用来分离只包括两种不同波长λ1 与λ2 的载波的波分复用光。遗憾的是，这种达克尔孙干涉仪不能分解具有多于两种的载波的波分复用光。

可以将若干滤光片，法布里－珀罗干涉仪或迈克尔逊干涉仪组成一个巨大的阵列，而得以从单一的波分复用光分裂出其它波长的载波。但是，这种阵列结构太昂贵，效率不高，而且构成了一种过大的接收器。

衍射光栅或是阵列波导光栅常被用来分裂包括两种或多种不同波长载波的波分复用光。

图 4 示意地表明了一种传统的用于分裂波分复用光的衍射光栅。参看图 4， 衍射光栅 56 具有一种凹凸形表面 58。具有多种不同波长载波的平行光 60 入射到此凹凸形表面 58 上。这些不同波长的载波被反射并相互干涉。结果，具有不同波长的载波 62、64 与 66 便以不同的角度从射衍光栅 56 输出，因而被相互分离开。

不幸的是，衍射光栅是以相当小的色散角输出不同波长的载波的。结果使接收器难以精确地接收为此衍射光栅所分离的不同载波信号。这一问题对于用衍射光栅来分离包含大量的具有相当近似的波长的波分复用光时，就尤为严重。此时由衍射光栅产生的色散角将会是极其之下。

此外，衍射光栅会受到入射光偏振的影响。具体地说，入射光的偏振可以影响此衍射光栅的性能。同时，衍射光栅的凹凸表面要求复杂的制造过程才能生产出精密的衍射光栅。此外，衍射光栅还必须接收平行光。

图 5 示意地表明了一种传统的用于分离波分复用光的阵列波导光栅。参看图 5，包含一批不同波长载波的光经入射口 68 被接收，同时通过许多波导 70 被分离。光出射口 72 位于各个波导 70 的端部，产生一输出光 74，这批波导 70 的长度互不相同，因而提供了不同长度的光路。于是通过这些波导的各束光便具有相互不同的相位，而在它们通过出射口 72 输出时便相互干涉。干涉的结果导致不同波长的光依不同的方向输出。

在阵列波导光栅中，通过使这些波导取适当的构型可以在某种程度上调节色散角。但是，阵列波导光栅受到温度变化和其它环境因素的影响。于是温度的变化和环境因素便使得色散角难以适当地调节好。

发明内容

为此，本发明的一个目的在于提供这样一种光分波器，它的构型简单，能够同时从波分复用光中分离出一批载波。

本发明的另一个目的在于提供这样一种光分波器，它能以较大的色散角分离开载波，同时能抵抗环境状态的变化。

本发明的这些目的可以这样地实现：一种光分波器，用来接收所具有的相应波长是在一连续波长范围内的输入光同时促致续此输入光发生多次反射而产生出形成一种输出光的自干涉，其特征在于：它包括将输入光聚焦成一直线的透镜,一个具有相互分开的一个第一表面与一个第二表面的装置,上述直线输入光接收在此相互分开的一个第一表面与一个第二表面之间,此输入光在此第一与第二表面间发生多次反射，所述第二表面具有这样一个反射率，可以在输入光的多次反射中，当输入光每次从此第二表面上反射时有一部分输入光通过其中，由此可使一批透射光通过此第二表面，而这批透射光相互干涉，使输入光产生自干涉而形成输出光，此输出光可与具有此连续波长范围内任何其它波长的输入光所形成的输出光在空间上相区分。

本发明的上述目的还可以这样地实现：一种光分波器，用来接

收输入光和产生可从空间上区别的输出光，此设备包括：用来将输入光聚集成一直线的透镜，一种上面有第一和第二表面的透明材料件，此第二表面所具有的反射率可使入射到其上的一部分光透过其中，此输入光可在透明材料件中于此第一和第二表面间作多次反射，造成一批透过此第二表面的光，这批透射光相互干涉而生成出输出光，其中，所述输入光是在一连续波长范围内的一个相应波长上，且所述输出光可与具有在此连续波长范围内的任何其它波长的输入光所形成的输出光从空间上相区分。

上述目的还可以通过提供这样一种设备来实现，一种光分波器，用来接收包括至少两种载波的波分复用光同时对于各个载波产生一可从空间上区分的输出光，此设备包括：用来将输入光聚焦成一直线的透镜，一个具有第一与第二表面的透明材料件，此第二表面所具有的反射率可使入射到它上面的一部分光透射过它，此波分复用光在透明材料件中于所述第一和第二表面间多次反射，造成一批透射过此第二表面的光，这批透射光相互干涉，给此波分复用光的各载波产生一相应的输出光，其中各载波所对应的波长是在一连续波长范围内，而对于一相应载波所形成的输出光，则从空间上可与具有任何其它在此连续波长范围内的波长的载波对应形成的输出光相区分开。

再有，本发明的上述目的可以通过提供这样一种设备来实现，此设备用来接收包括有至少两种载波的波分复用光。此设备对于各个载波产生一空间上可区别的输出光。此设备包括一种具有第一与第二表面的透明材料。此第二表面所具有的反射率允许入射到它上面的光的一部分透射过其中。波分复用光在此透明材料中于第一和第二表面间反射多次，促使有一批光线透射过此第二表面。这批透射的光线相互干涉，对于此波分复用光的各个载波产生相应的输出光。此外，各个载波所对应的波长是在一连续的波长范围内，而对于各载波所形成的输出光，在空间上可与具有任何其它在此连续波长范围内的波长的载波所形成的输出光相区别。

本发明的前述目的还可以通过提供一种波长信号分离器的虚像相控阵的制备方法来达到。此方法包括下述步骤：（a）在一种透明材料的第一表面上形成第一反射膜；（b）在此透明材料上形成第二反射膜。此第一与第二反射膜经形成为可使一输入光在此透明材料中

于第一和第二反射膜之间反射多次。此第二反射膜所具有的反射率小于第一反射膜所具有的反射率，可允许上述输入光的一部分在每次通过时，此输入光即从第二反射膜上反射掉，导致有一批透射光通过此第二反射膜。此外，第一与第二反射膜定位成可使这批透射光相互干涉而给此输入光提供自干涉，由此而形成一种光输出，它能在空间上与具有任何其它在连续波长范围内的波长的输入光所形成的输出光相区别。

此外，本发明的目的还可以通过一种形成光分波器的方法来达到。此方法包括如下步骤：在一种透明材料的第一表面上形成第一反射膜；在上述透明材料与第一表面平行的第二表面上形成第二反射膜，此第二反射膜所具的反射率小于第一反射膜的反射率；在上述透明材料上形成一个至少是部分透明的窗，使输入光能通过此窗而被上述透明材料接收，并在所述第一和第二反射膜之间反射。

附图说明

根据下面结合附图对本发明最佳实施例所作的说明，将能认识和更容易理解本发明上述的以及其它的目的与优点。

图 1（先有技术）示意地表明了一种传统的采用多层干涉膜的滤光片。

图 2(先有技术)示意地表明了一种传统的法布里－珀罗干涉仪。

图 3（先有技术）示意地表明了一种传统的迈克尔逊干涉仪。

图 4（先有技术）示意地表明了一种传统的衍射光栅。

图 5(先有技术)示意地表明了一种传统的用来分离一波分复用光的阵列波导光栅。

图 6 示意地表明了依据本发明一实施例的光分波器。

图 7 示意地表明了沿着依据本发明一实施例的在图 6 中所示的光分波器的 VII－VII 线的横剖面。

图 8 示意地表明了依据本发明的一实施例的光分波器所产生的反射光之间的干涉。

图 9 示意地表明了依据本发明一实施例，沿图 6 中所示光分波器中 VII－VII 线的横部面，用来表明光通量的形成。

图 10 示意地表明依据本发明一实施例，沿图 6 所示光分波器沿 VII－VII 线的横剖面，阐明用来测定输入光的倾角的光分波器的特

性。

图 11 示意地表明依据本发明一实施例的用于接收器的一种光分波器。

图 12 示意地表明依据本发明另一实施例的用于接收器的一种光分波器。

图 13 示意地表明依据本发明的另一实施例的一种光分波器。

图 14 示意地表明依据本发明一实施例的一种波导型光分波器。

图 15（A）、15（B）、15（C）与 15（D）示意地说明用来生产依据本发明一实施例的光分波器的方法。

具体实施方式

下面将对本发明的最佳实施例作详细的说明，这些实施例将通过附图加以说明，附图中统一以相同的标号指示相同的部件。

图 6 示意地表明了依据本发明一实施例的一种光分波器。下面对“光分波器”与“虚像相控阵”这两个词可以交替地使用。

参看图 6，光分波器 76 最好用薄的玻璃板制成。输入光 77 由透镜 80（例如半柱面透镜）聚焦成一条直线 78，使得输入光 77 进入光分波器 76 内。直线 78 以后称作为“焦线 78”。输入光 77 从接收到光分波器 76 中的焦线 78 处沿径向传播。然后光分波器 78 输出一准直光的光流 82，这里的光束 82 的输出角随输入光 77 波长的变化而变化。例如，当输入光是在波长 λ1 处时，则光分波器 76 使在一特定方向输出一在波长 λ1 处的光流 82a。当输入光 77 是在波长 λ2 处时，光分波器 76 便在一不同方向输出一在波长 λ2 入的光束 82b。要是输入光 77 是由波长为

λ 1 的光和波长为λ 2 的光组合成的波分复用光，则光分波器便以不同的方向同时输出两束不同的光束82a与82b。于是，光分波器76便产生出在空间上可相互区分的光流82a与82b。这样，光分波器76便能从一波分复用光中分离出两种或多种从空间上可相互区别的载波光。

图7示明依据本发明一实施例的如图6所示的光分波器76沿它的VII－VII线的横剖面。参看图7，光分波器76包括一种材料64，例如玻璃，它上面具有反射表面86与88。反射表面86与88相互平行，分开一间隔t。反射表面86与88通常是蒸镀于材料84上的反射膜。反射表面88具有近似100％的反率，反射表面86具有约95％的反射率。这样，反射表面86便具有约5％的透射比，使得入射到反射表面86上的光约有5％透过，约有95％被反射。但是，反射表面86与88的反射率并无意分别限制为此95％与100％。相反，取决于所用的特定的光分波器，这种反射率是易于加以改变的，但一般地说，反射表面86所具有的反射率应小于100％，以便能透过一部分反射光。

反射表面86上有一辐射窗90。辐射窗90最好是无反射地或是以极低的反射率让光透过。辐射窗90接收输入光92，使此输入光92接收在反射表面86与88之间并于其间反射。辐射窗90并非总是需要的，相反，例如可以直接通过反射表面86透过输入光92，使其在反射表面86与88之间反射。但是这时的输入光92在反射表面86与88之间反射之前将有显著的损耗。因此，最好采好用辐射窗90来接收输入光92。

由于图7表示的是沿图6中VII－VII线的横剖面，于是图6中的焦线78作为一个“点”出现于图7中。输入光92然后从焦线78沿径向传播。此外，如图7所示，焦线78是位于辐射窗90之中。尽管并不要求焦线78处在辐射窗90的表面上，但焦线78在定位中的位移会稍许改变光分波器76的分波特性。一般，焦线78实际将位于辐射窗90与反射表面88之间。

如图7所示，聚焦于焦线78上的输入光从焦线78上沿径向传播出去，到达反射表面88。输入光92覆盖住反射表面88上的区域A1，然后为反射表面88反射。点P1指区域A1周边上的点。

输入光92从反射表面88上的区域A1上反射后便沿反射表面86传

播。由于反射表面86的反射率小于100％，从区域A1上反射的输入光92实际上便透过反射表面86，而作为由光线R1所规定的输出光Out1输出到一外部区域上。

由于反射表面86的反射率，从区域A1上反射的入射光92中约95％为反射表面86所反射并入射到反射表面88的区域A2上。点P2指的是区域A2周边上的点。输入光92从反射表面88上的区域A2上反射后便传播到反射表面86上，并通过反射表面86部分地透射，作为由光线所规定的输出光Out2。这样，如图7所示，输入光92在反表面86与88之间经历着多次反射，其中从反射表面86上的每一次反射也都形成一次将透过它的相应的输出光（例如输出光Out1与Out2）。于是，例如当输入光92从区域A3与A4所反射，便生成输出光Out3与Out4。点P3指区域A3周边上的点，点P4指区域A4周边上的点。输出光Out3由光线R3规定，输出光Out4由光线R4规定。尽管图7中只示明了输出光Out1、Out2、Out3与Out4，但实际上取决于输入光的功率和反射表面86与88的反射率，是会有多得多的输出光的。

如图7所示，每个继后的输出光所具有的宽度较前一输出光的大。例如输出光out3的宽度大于输出光Out2的宽度，而输出光Out2的宽度大于输出光Out1的宽度。输出光Out1、Out2、Out3与Out4相互干涉，形成一光流。此光流的方向依输入光92的波长而改变。

图7示明了包含一个波长的输入光92的例子。要是输入光包括许多波长（例如包括一批波长各不相同的载波的波分复用光）时，此输入光将以相同的方式反射。但是，分别对应于各个载波将形成有一批光流。每一光流将以一个不同于其它光流的角度从光分波器中输出。

图8示意地表明了从本发明一实施例的光分波器中产生的反射光之间的干涉。参看图8，从焦线78传播出的光由反射表面88所反射。如前所述，反射表面88具有约100％的反射率，因而基本上起到反射镜的作用。结果，输出光Out1可以从光学上分析为，似乎是反射表面86与88不存在，而相反，此输出光Out1是从一

焦线 I0 发射出的。类似地，输出光 Out2 、 Out3 与 Out4 也可以（但并非必要）分析为，似乎它们分别是从焦线 I1 、 I2 与 I3 发射出。

于是，焦线 I1 表示从反射表面 88 所反的输入光 92 到反射表面 86 上，再到反射表面 88 上所形成的输出光 Out2 。此外，如图 8 所示，焦线 I1 距焦线 I0 的距离为 2t ，·t 为反射表面 86 与 88 间的距离。类似地，每一继后的焦线距紧邻前一焦线的距离是 2t 。例如焦线 I2 距焦线 I1 的距离是 2t 。此外，在反射表面 86 与 88 之间每一继后的多次反射所产生的输出光，在强度上弱于前一输出光。于是，输出光 Out2 的强度弱 于输出光 Out1 的强度。

如图 8 所示，从焦线上传播出的输出光相互叠加并干涉。干涉结果产生出的光流在一取决于输入光 92 的波长的特定的方向上传播。

本发明上述实施例的光分波器具有的增强条件成为这种光分波器设计中的重要特点。这些增强条件加强了输出光的干涉而形成了光流。光分波器的此种增强条件由下述方程（ 1 ）表示:

$$2t \times \cos\theta = m\lambda \qquad (1)$$

式中 Q 指从一垂直于反射表面 86 和 88 的直线算起的，合成的光流的传播方向， λ 表示输入光的波长， t 指反射表面 86 与 88 间的距离， 而 m 表示整数。

于是，假设 t 和 λ 是常数时，给 m 指定具体值，则可以确定对于具有波长 λ 的输入光所形成的光流的传播方向 θ 。

更确切地说，此输入光是从焦线 78 起通过一特定角度沿径向分散的。于是，具有相同波长的输入光将从焦线 78 出发按众多的不同方向传播，而在反射表面 86 与 88 之间反射。光分波器的这种增强条件促致光依一特定方向传播，以通过输出光的干涉增强来形成这样的光流，此光流具有一个与输入光波长相对应的方向。按不同于此增强条件所需特定方向的方向传播的光，则将由于输出光的干涉而减弱。

此外，如果输入光包括着具有许多不同波长的光，则前述增强

条件将导致对于此输入光中的各个波长来形成不同的光流。每一光流将有一个不同的波长。于是，这种光分波器便能接收波分复用光，而产生出一批在不同方向上传播且对应于此波分复用光中各个波长的光流。

图 9 示意地表明根据本发明一实施例的光分波器 76 来形成光流的情形，同时表明一个沿图 6 中的 VII - VII 线的横剖面。具体地说，图 9 示明的光分波器 76 能够形成一批光流，每一光流具有一个取决于输入光波长的不同的传播方向。

参看图 9，从焦线 78 上沿径向传播出具有多种波长的输入光，使此输入光在反射表面 86 与 88 间反射。假定这种反射光具有三个不同的波长。于是对应于各个波长的光将从焦线 78 起依不同的方向散播。光分波器 76 的增强条件促使具有同一波长依特定方向传播的光，为在不同方向上传播的光所增强，形成一个具有与输入光波长相对应的方向的光流。例如，波长为 λ 1 从焦线 78 上依方向 θ 1 传播的光，将为依不同方向传播的光增强，并将形成一条传播方向为 θ 1 的光流 LF1。类似地，波长为 λ 2 且从焦线 78 处依方向 θ 2 传播的光将由依不同方向传播的光增强，而将形成一条传播方向为 θ 2 的光流 LF2。同样，波长为 λ 3 且从焦线 78 处依方向 θ 3 传播的光将由依不同方向传播的光增强，而将形成一具有传播方向 θ 3 的光束 LF3。

如上所述，为了增强形成一光流的输出光之间的干涉，应该满足方程（1）。此外，材料 84 的厚度最好是固定的。于是，输入光的入射角范围应设定成，使此输入光能依一个满足方程（1）的传播方向 θ 进入光分波器 76。更具体地说，输入光的传播方向可以固定，反射表面 86 与 88 间的距离 t 可以固定，同时输入光的波长可以事先测定。于是，可以确定对应于输入光中各波长所产生的光流的特定角度，而光分波器 76 的增强条件能该满足。

此外，由于输入光是从焦线 78 上依许多不同方向辐射，就可判定此输入光将依一个满足上述增强条件的角度传播。

图 10 示意地表明依据本发明一实施例，沿图 6 中光分波器的

VII - VII 线的一个横剖面，说明用来测定输入光入射角或倾角的光分波器的特性。

参看图 10，输入光 92 由一柱面透镜（未示明）所会聚并聚焦于焦线 78 上。如图 10 所示，焦线 78 覆盖住反射面 86 上宽度等于“a”的一个区域。“a”约等于衍射极限值。当输入光 92 一旦从反表面 88 上反射后，就入射到反射表面 86 上，并在反射表面 86 上覆盖一个有宽度“b”的区域。此外，如图 10 所示，输入光 92 沿一光轴 94 传播，此光轴相对于反射表面 86 的法线成一倾角 θ 1。

倾角 θ 1 应调节成防止输入光在第一次为反射表面 88 反射后从辐射窗 90 传播出。换言之，倾角 θ 1 应设定成，使输入光 9 保持为“被陷获”在反射表面 86 与 88 之间而不会通过辐射窗 90 逸出。于是，为了防止输入光 92 从辐射窗 90 传播出，倾角 θ 1 依据下述方程（2）设定：

光轴的倾角 $\theta 1 \geqslant (a+b)\sqrt{4t}$ （2）

于是，如图 6 - 10 所示，本发明的实施例包括一种光分波器，它接收相应波长在一连续波长范围内的入射光。这种光分波器促使输入射光多次反射而形成自干涉，由此产生一输出光。此输出光在空间上可与任何其它波长在此连续波长范围内的输入光所形成的输出光相区别。例如，图 7 示明输入光 92 在反射表面 86 与 88 之间经历了多次反射，其结果产生一批输出光 Out1、Out2、Out3 与 Out4，它们相互干涉生成一光流（例如图 9 所示的光流 LF1、LF2 或 LF3）。

“自干涉”一词指来自同一光源的许多的光或光束之间发生的干涉。于是，输出光 Out1、Out2、Out3 与 Out4 的干涉即是输入光 92 的自干涉，这是因为输出光 Out1、Out2、Out3 与 Out4 都来自同一光源（即输入光 92）。

根据本发明的上述实施例，输入光可以是一连续波长范围内任一波长上的光。这样，输入光并不限于选自一列离散值上的波长。例如，如果一个连续的波长范围包括有某两个离散值，则输入光所

对应的波长值可以是一个介于这两个离散值之间的值。

此外，根据本发明的上述实施例，在一连续波长范围内某个特定波长上的输入光所产生的输出光，在空间上可与在此连续波长范围内一不同波长上的输入光所产生的输出光相区别。作为说明，例如当输入光 77 是在一连续波长范围内的不同波长上时，如图 6 所示，光流 82 的传播方向（即“空间特性”）就不相同。可将上述工作特点与图 1 - 3 中所示的传统的光分波器相比较，在传统的情形，可对输入光的两个不同波长从空间上区分输出光，但是不能对连续波长范围内的输入光的各个波长，从空间上区分输出光。例如，在图 1 所示的滤光片中，在不具有波长 λ 2 的波分复用光中的所有载波都将作为光 28 输出。

图 11 示意地表明依据本发明一实施例的、用于接收器的一种光分波器。参看图 11，在一厚度为 t（例如 100 μ m）的玻璃制平行板 100 的两侧上蒸镀有多层反射膜 96 与 98。平行板 100 的厚度最好从 20 至 2000 μ m。反射膜 96 与 98 则最好是多层高反射率干涉膜。

反射膜 98 的反射率近似 100 %，反射膜 96 的反射率近似 95 %。但是反射膜 96 的反射率不限于 95 % 而可以是另一种值，只要能从反射膜 96 反射足够的光并允许在反射膜 96 与 98 之间有多次反射即可。反射膜 96 的反射率最好从 80 % 至较 100 % 低百分之几的值。此外，反射膜 98 的反射率也不限于 100 %，但应高到足以在反射膜 96 与 98 间发生多次反射。

有一辐射窗 102 接收入射光并位于平行板 100 的与反射膜 96 所在的相同表面上。辐射窗 102 可由在平行板 100 的表面上的反射率近似 0 % 的膜形成。如图 11 所示，辐射窗 102 与反射膜 96 之间的边界最好是一直线。

输入光是从例如光纤（未示明）中输出而为一准直透镜 106 所接收。准直透镜 106 将输入光变换为由一柱面透镜 108 所接受的平行光 104。柱面透镜 108 将平行光 104 聚焦到辐射窗 102 的一条焦线 110 上。焦线 110 与反射膜 96 和辐射窗 102 间的直线边界相

邻近并平行。输入光即在这样的方式下经辐射窗 102 进入平行板 100 中。

输入光 102 的光轴相对于反射膜 96 的法线成一倾角，使得此输入光不会在进入平行板 100 后，经辐射窗 102 逸出。上述倾角则据所说方程（ 2 ）确定。

输入光一旦进入平行板 100 内，便在反射膜 96 与 98 之间历经多次反射（例如图 7 中所示）。每次输入光入射到反射膜 96 上，就有约 95 % 的这一输入光反射向反射膜 98，同时约有 5 % 的这一输入光通过反射膜 96 而形成一输出光（例如图 7 中所示的输出光 Out1 ）。反射膜 96 与 98 间的多次反射便形成了一批输出光。这批输出光相互干涉，形成一传播方向依赖输入光波长的光流 112 。

光流 112 然后为一透镜 114 聚焦，聚焦到一聚焦点上。对于输入光的不同波长，此聚焦点沿一直线路径 116 运动。例如，随着输入光的波长增加，此聚焦点便沿此直线路径 116 移动得更远。在此直线路径 116 上排列有一批接收器 118 来接收已聚焦的光流 112 。于是，各接收器 118 可定位来接收对应于一特定波长的光流。

通过控制光分波器中两反射膜或反射表面间的距离 t，在此两反射膜或反射表面间所反射的光的相位差便可以改变一预定的量，由此得以实现优异的环境稳定性。此外，本发明的上述实施例的与偏振有关的光学性能只有很小的变化。

图 12 示意地表明依据本发明另一实施例的用于 9 接收器的一种光分波器。示于图 12 的这种光分波器类似于图 11 中所示的光分波器，只是反射膜 96 与 98 的反射率反过来。具体地说，在图 12 所示的光分波器中，反射膜 98 的反射率近似为 95 %，而反射膜 96 的反射率约为 100 %。如图 12 所示，通过反射膜 98 传播的输出光的干涉，形成了光流 112 。这样，当输入光进入平行板 100 的一侧内时，就在平行板 100 的另一侧上形成上述光流 112 。在其它方面，图 12 所示的光分波器是与图 11 所示的光分波器的相似的方式工作。

图 13 示意地表明了依据本发明又一实施例的光分波器。参看

图 13，例如由玻璃制成的一块平板 120 上具有反射膜 122 与 124。反射膜 122 的反射率约为 95 % 或更高，但低于 100 %。反射膜 124 则具有近似 100 % 的反射率。辐射窗 126 的反射率近似 0 %。

输入光 128 通过辐射窗 126 由柱面透镜 130 聚焦成一焦线 129。焦线 129 是在板 120 的镀有反射膜 122 的这一面上。这样，此焦线 129 实际上是通过辐射窗 126 聚焦于反射膜 122 上的一条直线。焦线 129 的宽度可以称作为由柱面透镜 130 所聚焦的输入光 128 的“光束腰”。这样，图 13 所示本发明的实施例便把输入光 128 的光束腰聚焦到远表面（即上面有反射膜 122 的表面）上，而以前所述的本发明的实施例则是把光束腰聚焦到近表面（即上面有反射膜 124 的表面）上。通过把光束腰聚焦到板 120 的远表面上，本发明的这一实施例，便可以减少在以下两种区域之间发生重叠：（ i ）输入光 128 在通过辐射窗 126 时所覆盖的板 120 表面上的辐射窗 126 的区域（例如图 10 中所示的区域“ a ”），以及（ ii ）输入光 128 在第一次为反射膜 124 反射时所覆盖的在反射膜 124 上的区域（例如图 10 中所示的区域“ b ”）。为了确保这种光分波器的正常作业，最好减少这种重叠。

在图 13 中，输入光 128 的光轴 132 具有一个小的倾角 θ。在为反射膜 122 作第一次反射后，输入光的 5 % 通过反射膜 122 并在光束腰之后发散，而此输入光的 95 % 则反射向反射膜 124。在为反射膜 124 第一次反射之后，此种光再次射向反射膜 124 第一次反射之后，此种光再次射向反射膜 122，但位移了一个距离 d。然后，5 % 的这种光通过反射膜 122。在类似的方式下，如图 13 所示，输入光以恒定的间隔分离到许多光路中。各光路中的光束形状使得这种光从光束腰 129 的各虚像 134 处发散开。这些虚像 134 以恒定的间距 2t 沿一条与板 120 垂直的直线定位，这里的 t 是板 120 的厚度。各虚像 134 中光束腰的位置是自准直的，不需去调整各个位置。然后，从各虚像 134 发散出的光相互干涉，形成一准直光 136，在一随输入光 128 的波长而变化的方向中传播。

上述光路间的间距 $d=2t\sin\theta$，而相邻光束间的光路长度的差

为 2tcos θ。角色散正比于这两个数的比值，即为 cot θ。结果，本发明的实施例与传统的光分波器相比，在不同的载波的光流之间产生出大得多的角色数。

前面业已指出，“光分波器”与“虚像相控阵”等词在此可交互使用来描述本发明的各种实施例。从图 13 容易看出，“虚像相控阵”一词是起源于形成了虚像 134 的一种阵列结构。

图 14 示意地表明了依据本发明一实施例的波导型光分波器。参看图 14，光 138 从光纤（未示明）中输出，并由设在一基片 142 上的波导 140 所接收。波导 140 例如是由铌酸锂制备的。光 138 包含着在具有不同波长上的一批载波上调制光信号。

光 138 从光纤输出后具有某种色散宽度。于是，用一准直透镜 142 将光 138 变换为平行光。此平行光再由一柱面透镜 144 汇集，聚焦成一焦线 146。光 138 然后从焦线 146 射入光分波器 148，通过一辐射窗 150。

光分波器 148 包括一平行板 156 以及在此板上的反射膜 152 与 154。反射膜 154 设在平行板 156 的一侧，而反射膜 152 和辐射窗 150 则在平行板 156 的另一侧上。反射膜 152 的反射率近似 100 %，反射膜 154 的反射率小于 100 %。为平行板 156 所反射的光的光流 158 输出到平行板 156 上与辐射窗 150 相对的一侧上。

如果输入光 138 包括着多种不同波长的光，就会形成一批光流 158，它们沿由此输入光 138 的各个波长所确定的不同的方向传播。取决于光流 158 的传播方向，为光分波器 148 所形成的这一光流 158 由一透镜 160 聚焦到不同的点上。于是，如图 14 所示，具有波长 λ 1、λ 2 和 λ 3 的光流 158a、158b 和 158c 分别形成在不同的聚焦点上。

在这些聚焦点上设有一批接收波导 162。各接收波导 162 导引一光信号和具有单一波长的相应载波。于是能通过各个信道同时接收和传送一批光流。每一接收波导 146 有一设在后级上的相应的接收器（未示明）。这种接收器通常是光电二极管。于是，为各个接收波导 162 所导引的光在被相应的接收器探测出后便受到处理。

图15（A）、15（B）、15（C）与15（d）示意地说明用来生产根据本发明一实施例的光分波器的方法。

参看图15（A），平行板164最好由玻璃制成，要具有极优的平行性。用真空蒸镀、离子溅射或其它类似方法，在平行板164的两侧上形成反射膜166与168，这两层膜中之一具有接近100％的反射率，而另一个的反射率则低于100％但最好要高于80％。

参看图15（B），反射膜166与168中之一已部分剥开而形成一辐射窗170。在图15（B）中，所示的反射膜业已剥开，使辐射窗170能形成在平行板164的与反射膜166所在的同一表面上。但也可相反，可将反射膜168部分剥离，而将此辐射窗形成在平行板164的与反射膜168所在的同一表面上。正如本发明的各实施例所阐明的，辐射窗可形成于平行板164的任一侧上。

可以用腐蚀法来进行反射膜的剥离，但也能采用较便宜一机械剥离方法。但要是采用机械方法来剥离反射膜时，应细致地处理平行板164使对它的损伤减至最小。例如，当构成辐射窗的平行板164的此部分严重受损后，平行板164就会由于所接收的输入光的散射产生过多的损耗。

代替首先形成反射膜而后再剥离以形成辐射窗的方法，也可以这样地来形成辐射窗：预先掩蔽平行板164上与辐射窗相对应的部分，然后使这部分不为反射膜所覆盖。

参看图15（C），将一种透明胶172涂布到反射膜166以及平行板164的已除去反射膜166的部分上。由于此透明胶172是涂布到平行板164的构成辐射窗的这部分上，由此透明胶所产生的光损耗应尽可能地小。

参看图15（D），将一块透明的保护板174加到透明胶172上来保护反射膜166和平行板164。由于透明胶172在涂布中充填了因除去反射膜166所产生的凹部，所以透明保护板174可以设置成与平行板164的顶表面相平行。

类似地，为了保护反射膜168，可在它的顶表面上涂布一层胶（未示明），然后应设置一块保护板（未示明）。如果反射膜168

的反射率近似 100 %，则在此板 164 的同一表面上不存在辐射窗，而此种胶与保护板则不必是透明的。

此外，可在透明保护板 174 上涂上一层消反射膜 176。例如，透明保护板 174 与辐射窗 170 上可以覆盖上消反射膜 176。

根据本发明上述各实施例，焦线经描述为处在辐射窗的表面上或是处在平行板的进入输入光的这一相对表面上。但是此焦线可以在平行板之中或在辐射窗的前面。

根据本发明的上述实施例，有两层反射膜在它们之间将光反射，其中一层反射膜的反射率近似 100 %。但是，使这两层反射膜都具有低于 100 % 的反射率时可以取得类似的效果。例如，可使这两层反射膜的反射率都是 95 %。此时各个反射膜中都有光传播而引起干涉。结果在形成此反射膜的平行板的两侧上，形成了在与波长有关的方向中传播的光流。这样，本发明各实施例中的各个反射率易于根据光分波器所要求的特性改变。

根据本发明的上述实施例，是把波导型的光分波器描述成由一块平行板或是由相应平行的两个反射表面所形成。但是这种板或表面可不必是平行的。

根据本发明的上述实施例，能够同时分离包括有一批波长的光。于是可以成功地减小用于波分复用通信中的接收器的尺寸。

根据本发明的上述实施例，所给出的光分波器可以将一波分复用光同时相对于输入光的各个波长分光。此外，可以通过形成这种光分波器的平行板的厚度 t 来调节色散角。结果可使此色散角大到足以使接收器易于接收各个分离的信号。例如，传统的衍射光栅对于大的色散角需要有精细的凹凸表面。但是，制备一种细微而精密的凹凸表面很难，从而限制了色散角的大小。相反，依据本发明上述实施例的光分波器，只需改变平行板的厚度就能实现较大的色散角。

此外，根据本发明上述实施例的一种光分波器能形成较传统衍射光栅为大的色散角。于是，采用了依据本发明的上述实施例的光分波器的接收器，即使是在实现高水平复用过程的波分复用通信

中，也能准确无误地接收光信号。此外，上述接收器结构较简并能较廉价地生产。

根据本发明的上述实施例的光分波器利用了多次反射并在相干涉的光之间保持一恒定的相位差。结果，这种光分波器的特性稳定，由此减小了因偏振引起的光学性能变化。与此相反，传统的衍射光栅的光学性能则会发生与输入光的偏振有关的不利变化。

此外，此阵列波导光栅相比，依据本发明上述实施例的光分波器只需用较简单的结构，而能取得稳定的光学特性和对环境状态变化的抵抗性。

本发明的上述实施例描述了能提供相互“在空间上可区分的”光流。“在空间上可区分的”是指从空间上可以分别这些光流。例如，要是有种种光流是准直的并在不同方向上传播或是聚焦到不同位置上时，它们在空间上是可区分的。但是本发明则不局限于上述精密条件下的例子，而是可以用许多其它方式来从空间上相互区分这些光流。

尽管已在上面示明并描述了本发明的几个最佳实施例，但应认识到，内行的人在不脱离本发明的原理与精神下是可以在这些实施例中作出种种改变的，本发明的范围是由权利要求书及其等效范围确定。

图 1

先有技术

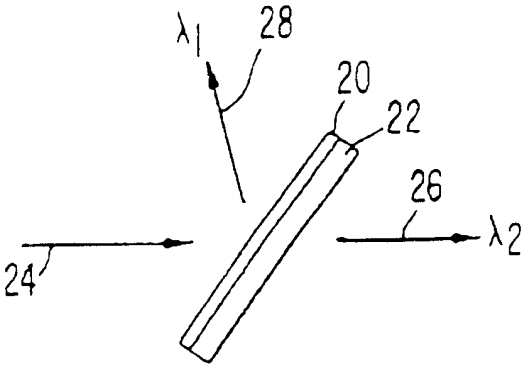


图 2

先有技术

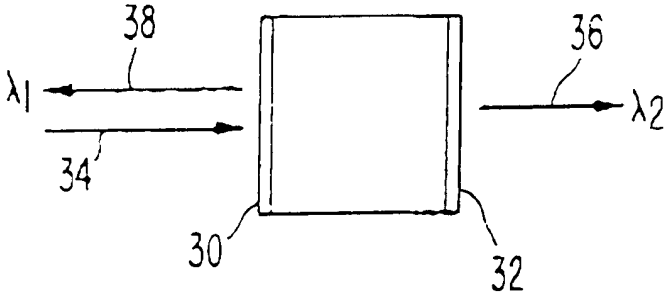


图 3
先有技术

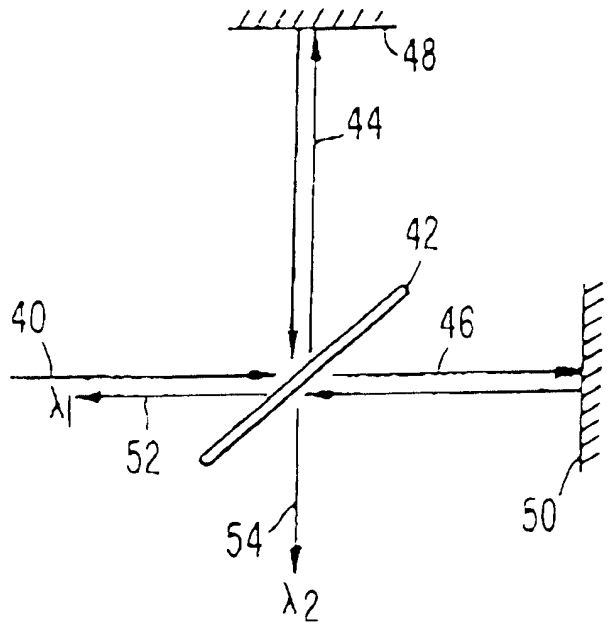
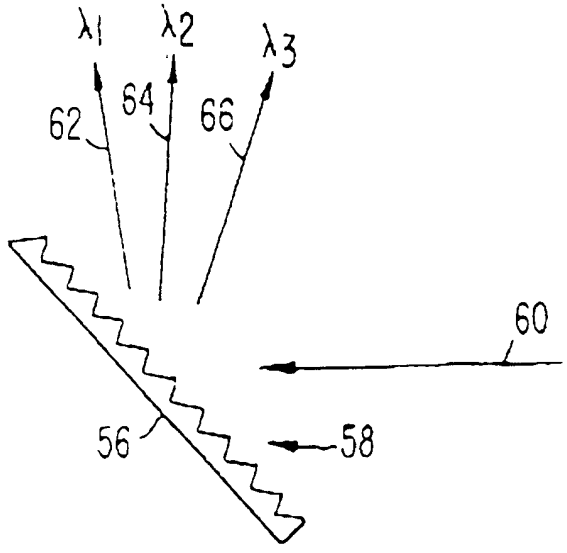


图 4
先有技术



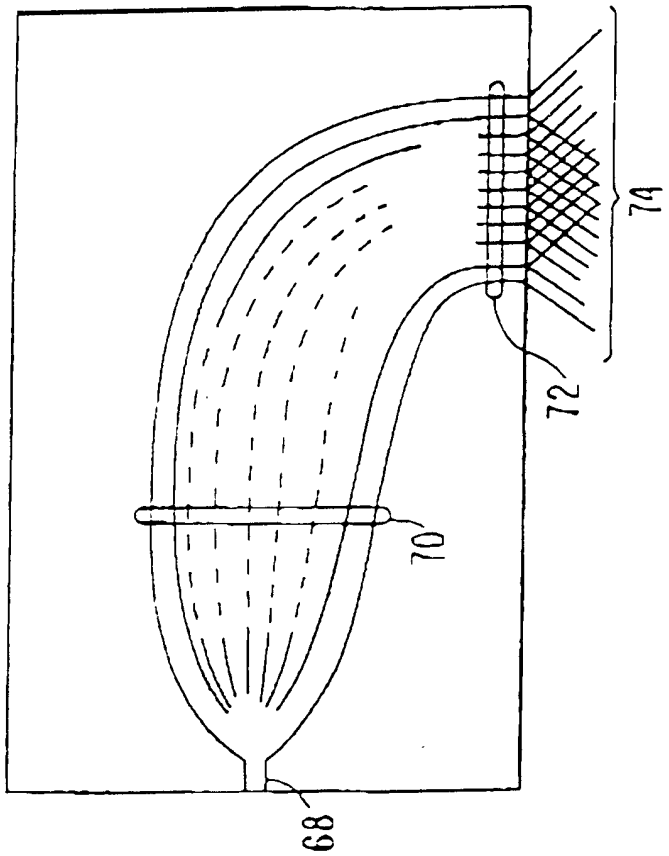


图 5
先有技术

图 6

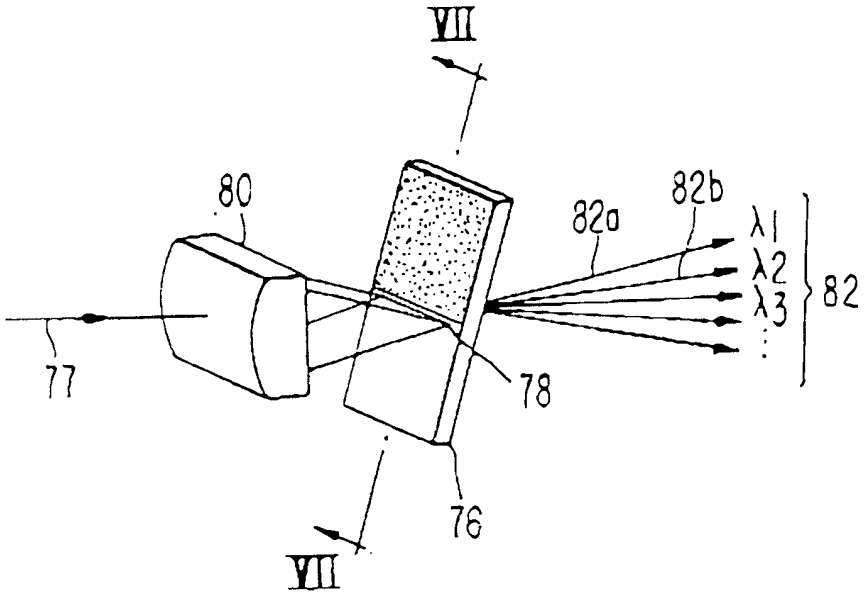


图 7

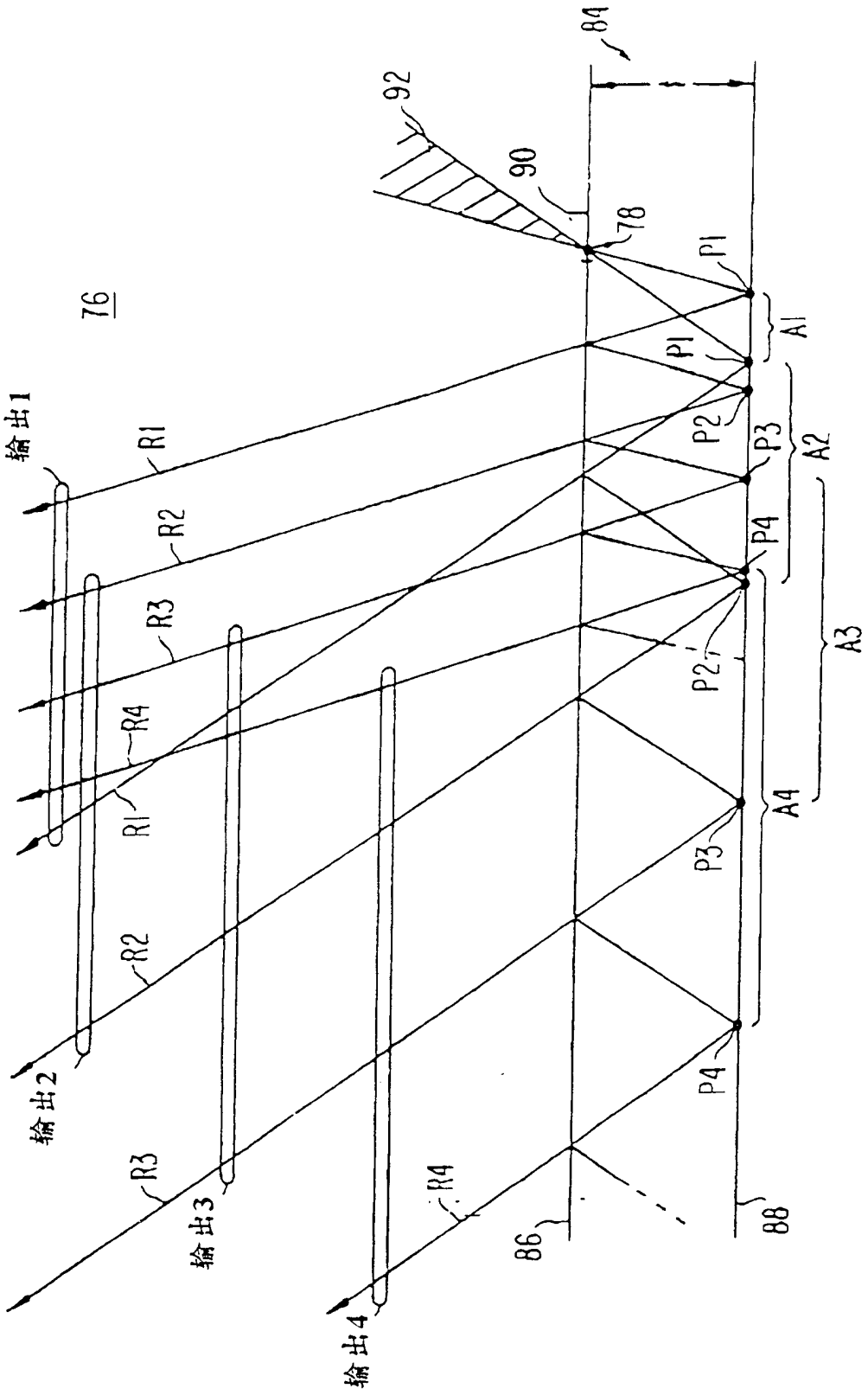

76
输出1
输出2
输出3
输出4
R1
R2
R3
R4
92
90
84
78
P1
P2
P3
P4
A1
A2
A3
A4
86
88

图 8

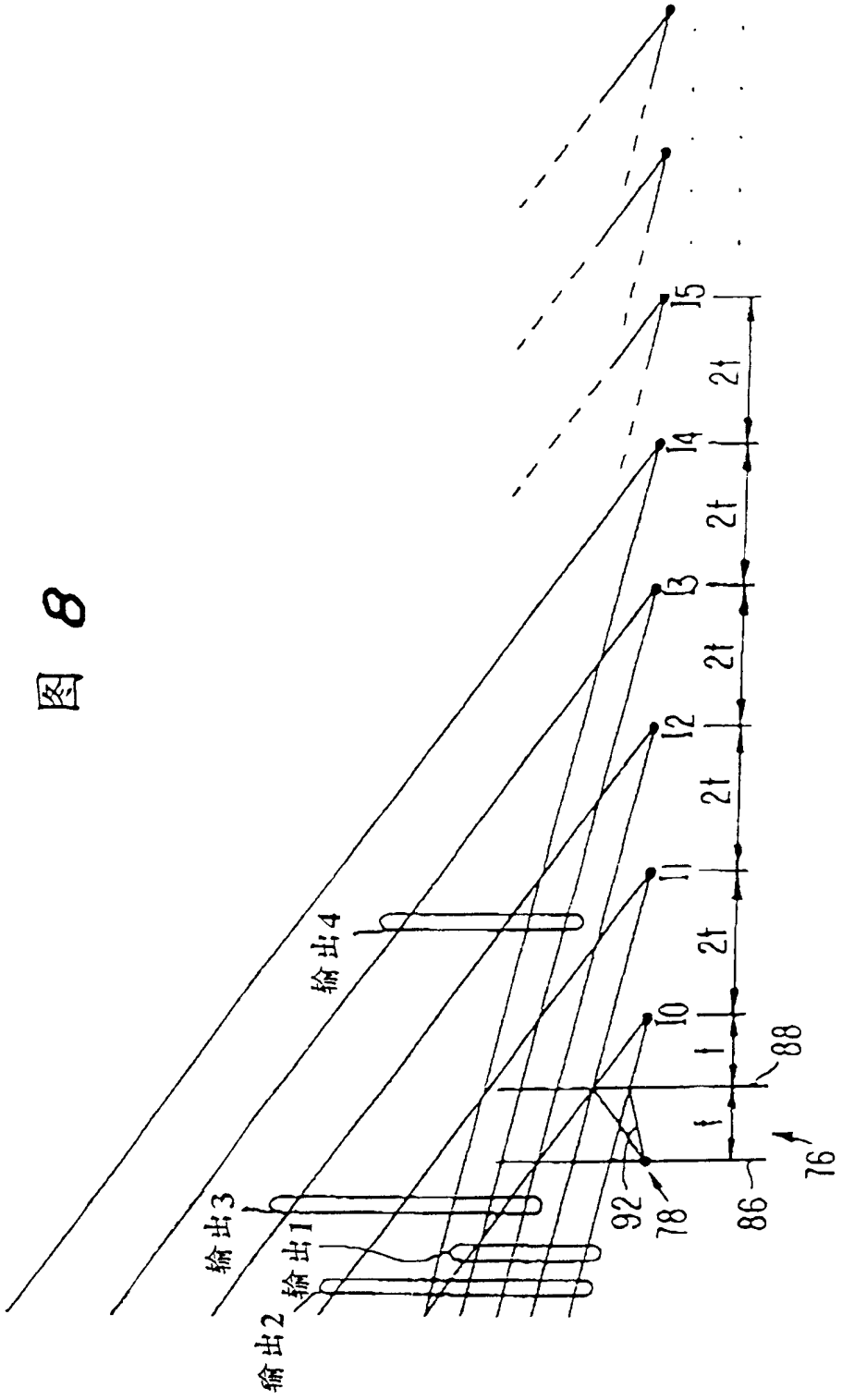


图 9

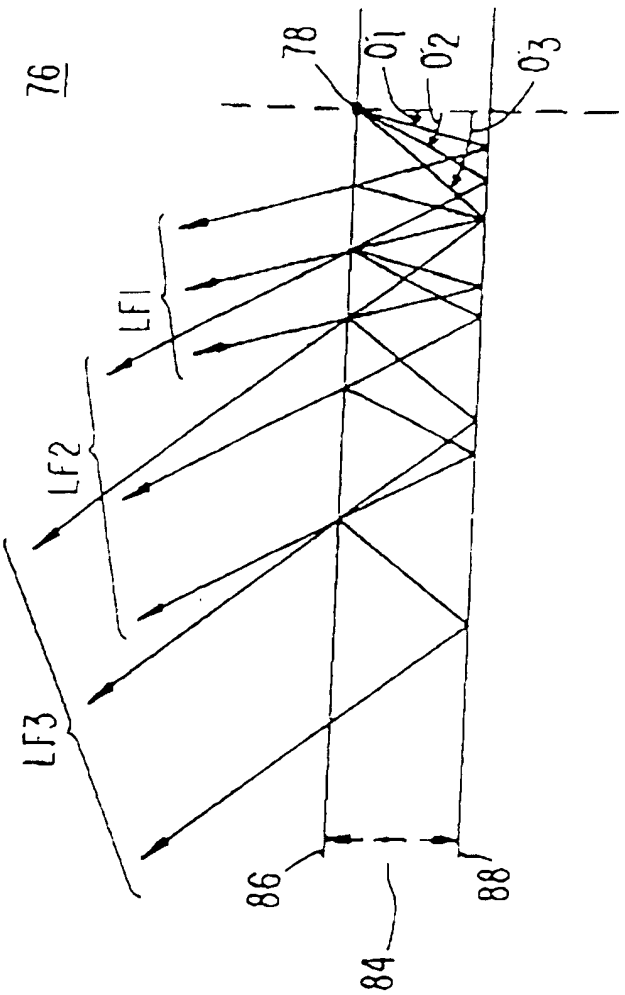


图 10

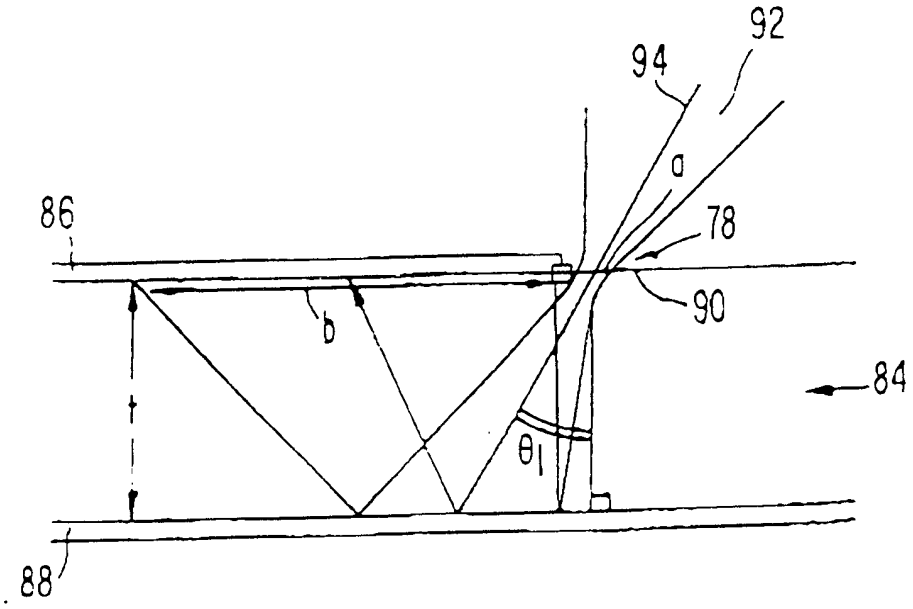
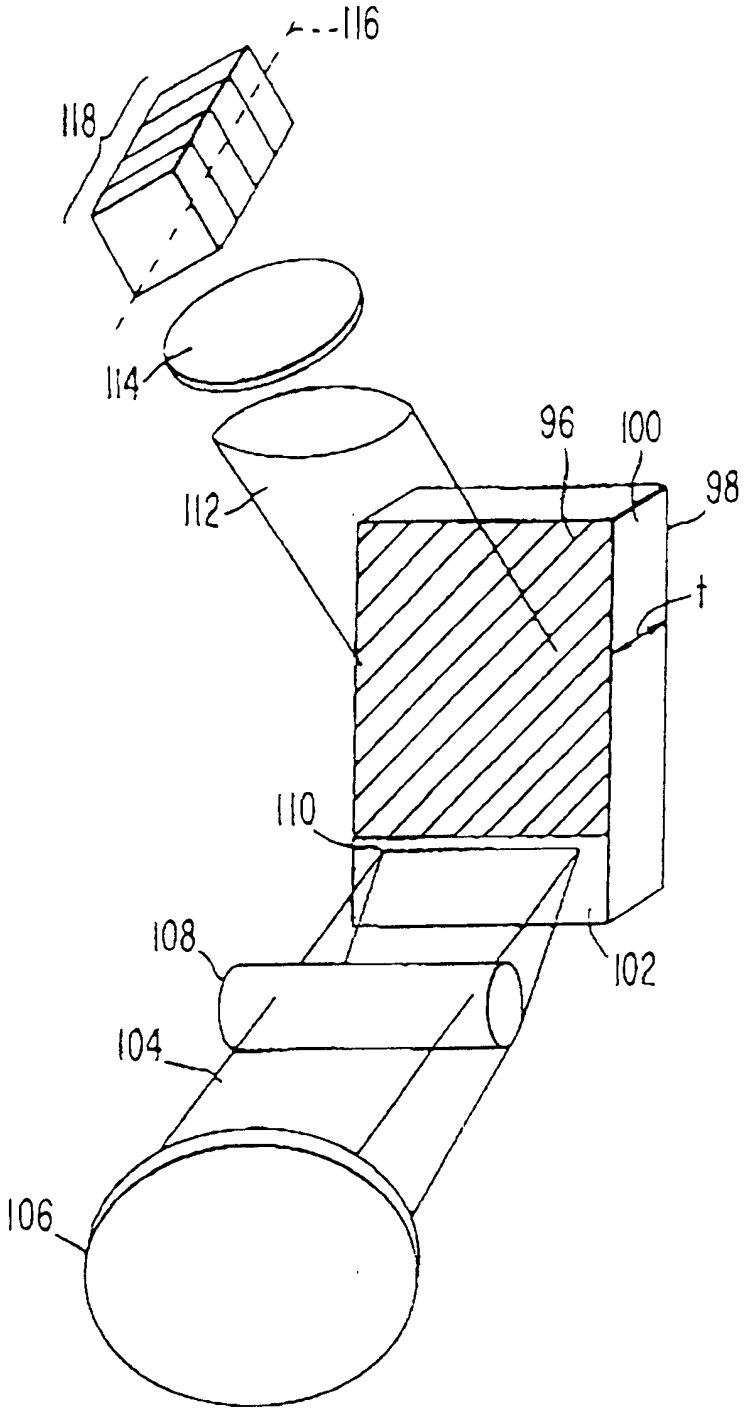


图 11



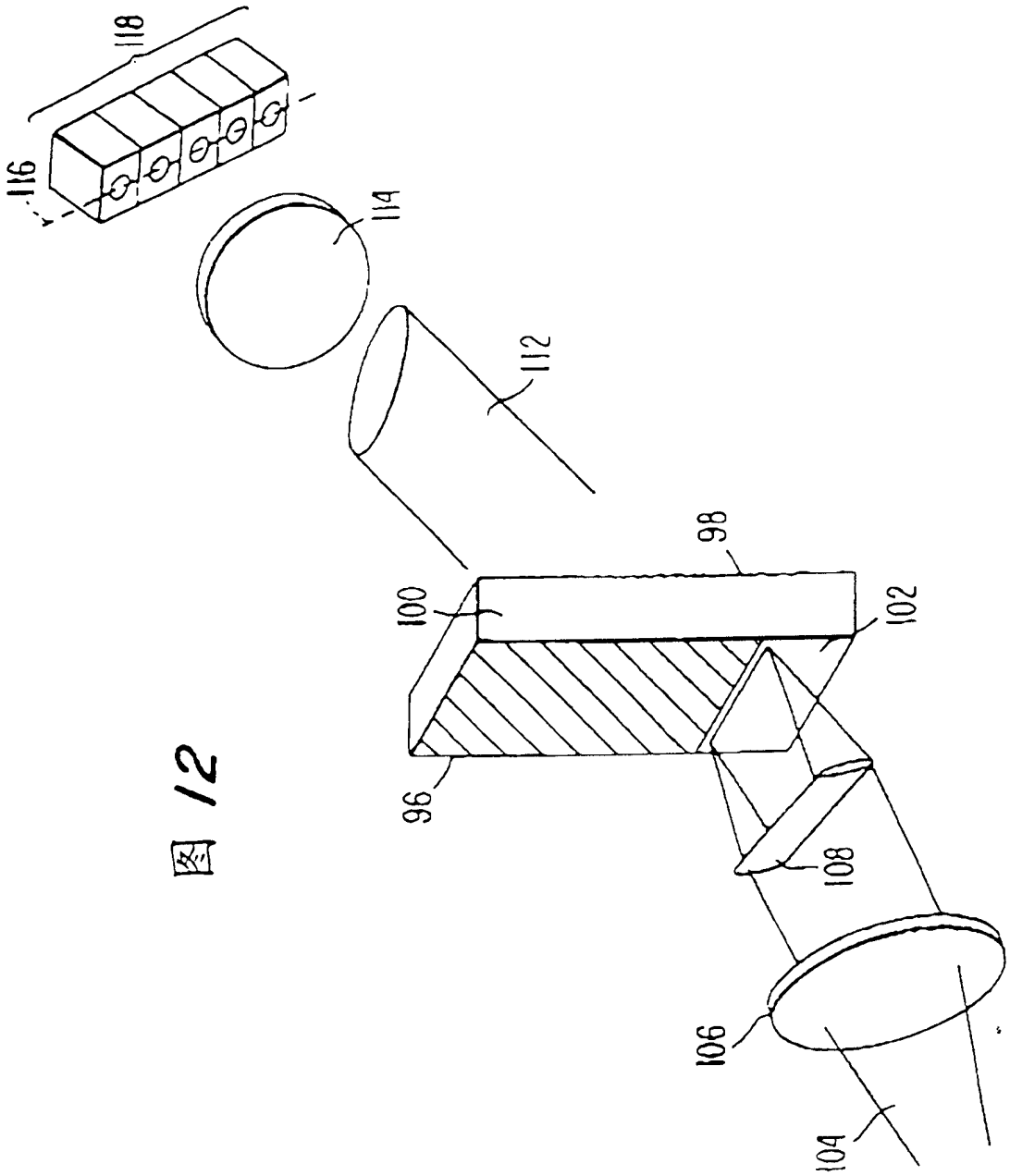


图 12

图 13

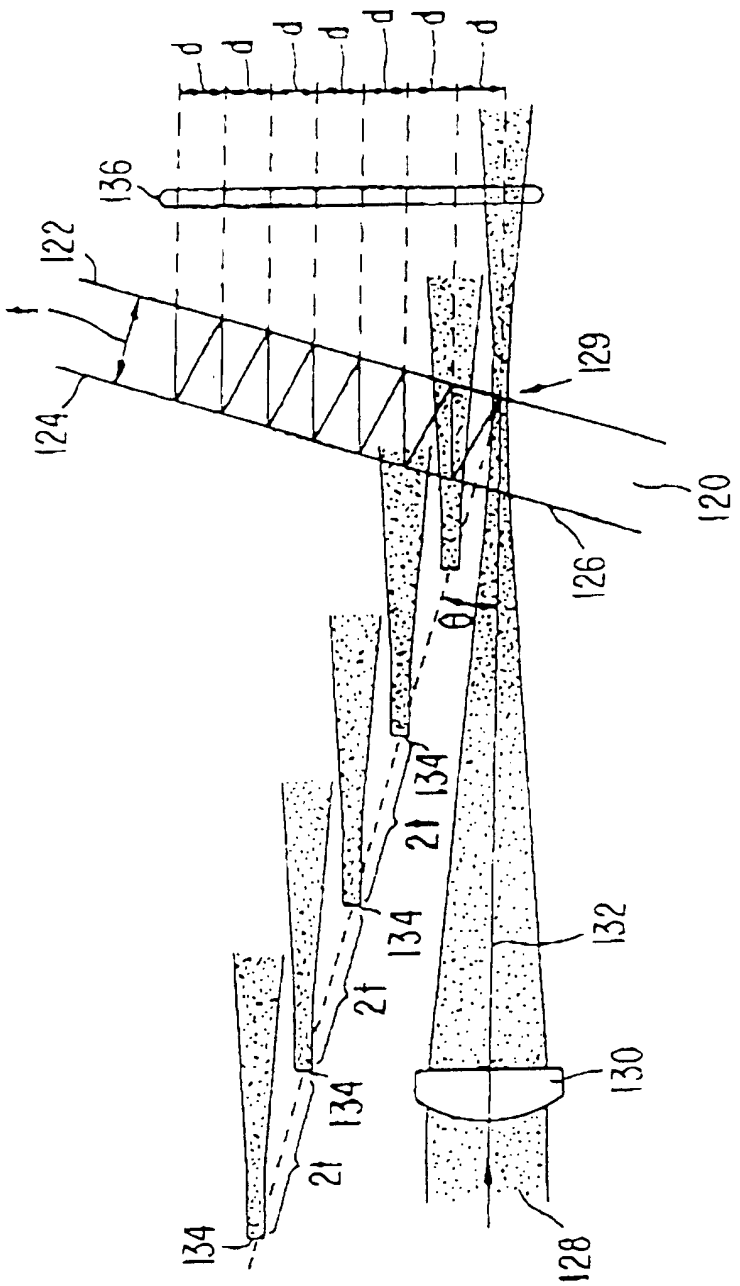

d
d
d
d
d
d
d
136
122
t
124
129
120
126
θ
134
21
134
132
2t
134
130
21
134
128

图 14

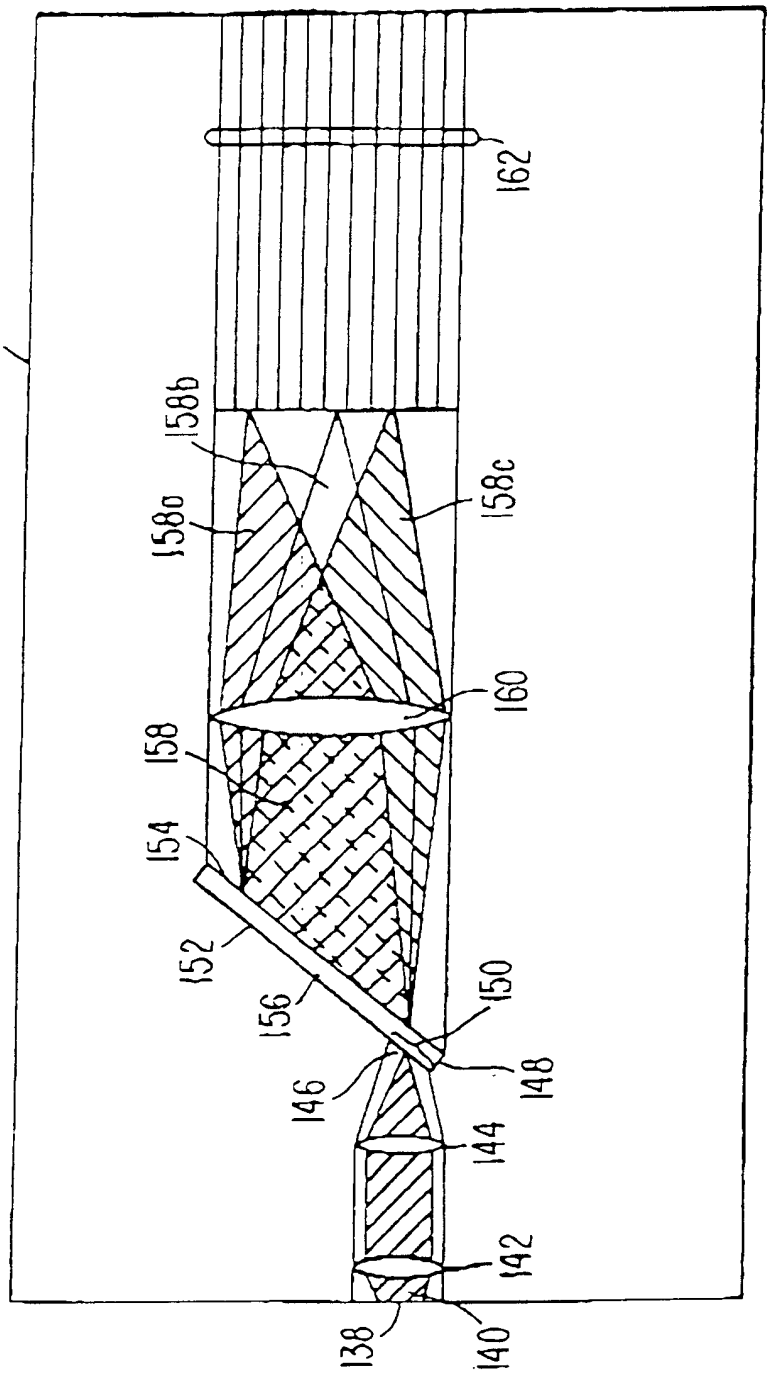

142
162
158b
158c
158a
160
158
154
152
156
150
148
146
144
142
138
140

图 15(A)

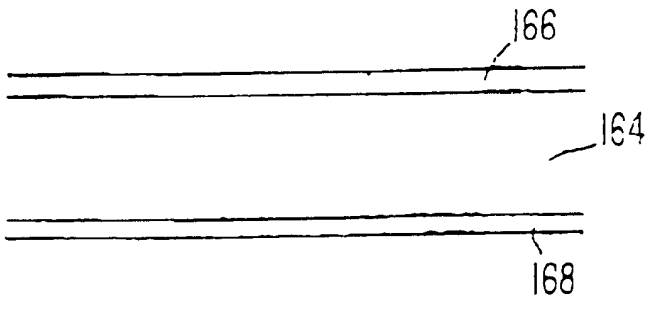


图 15(B)

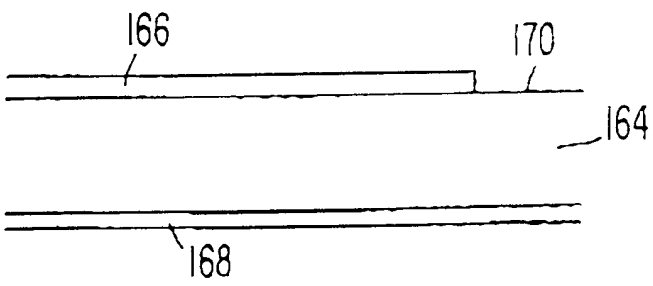


图 15(C)

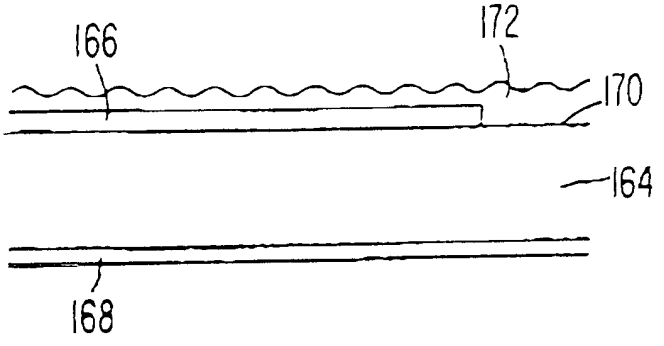
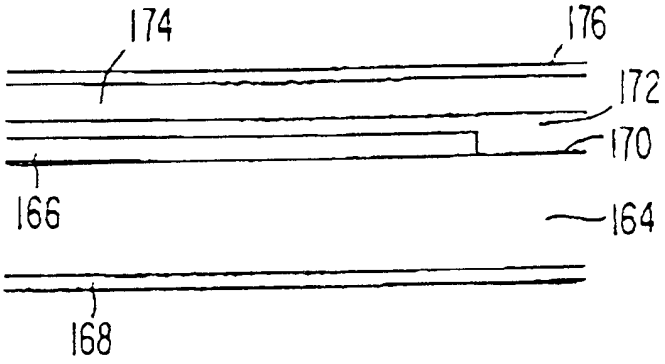



图 15(D)