

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

G02B 5/32

G02B 27/22

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95193671.9

[45]授权公告日 2000年3月8日

[11]授权公告号 CN 1050200C

[22]申请日 1995.6.7 [24]颁证日 1999.12.10

[21]申请号 95193671.9

[30]优先权

[32]1994.6.7 [33]GB [31]9411561.5

[86]国际申请 PCT/GB95/01322 1995.6.7

[87]国际公布 WO95/34008 英 1995.12.14

[85]进入国家阶段日期 1996.12.18

[73]专利权人 理奇蒙德全息研究与发展有限公司

地址 英国伦敦

[72]发明人 爱德威那·玛格利特·奥拉

戴维德·约翰·特雷纳

审查员 官维京

[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

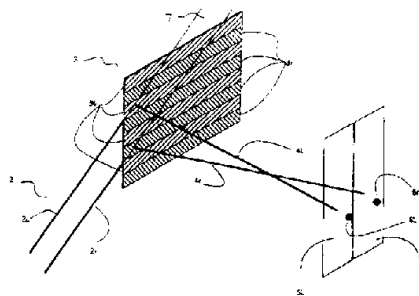
代理人 杨晓光

权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图页数 17 页

[54]发明名称 显示器件

[57]摘要

一种全息光学元件,至少包括两组区,每一组区都与另外一些组区不同,并且与另外一些组区交织或重叠,并且对每一组区的结构进行设计,使人射在每组区上的光都被引导到多个观察区中的一个相应的区上。全息光学元件通常包含在一个显示器件内,例如主体显示器件。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种显示器件, 包括一个全息光学元件和含有多个图象元的图象产生装置, 其特征在于, 全息光学元件具有至少两组全息区, 第一组区都与第二组的相邻区交织或重叠, 并且它的结构使入射在每一组区上的光被衍射, 借此构成相应的漫射光源上的一个或多个实象或虚象, 其中全息元件和它的全息图区被安排和设计, 以便于被第一组全息图区衍射的光穿过一个相应的第一组图象元, 和被第二组全息图区衍射的光穿过相应的第二组图象元。

2. 一种显示器件, 包括一个全息光学元件和含有多个图象元的图象产生装置, 其特征在于, 全息光学元件具有至少有两组全息区, 第一组区都与第二组的相邻区交织或重叠, 并且它的结构使入射在每一组区上的光被衍射, 借此构成相应的漫射光源上的一个或多个实象或虚象, 其中全息光学元件和它的全息图区被安排和设计, 以便于穿过图象产生装置的第一组图象元的光被第一组全息图区衍射, 和穿过图象产生装置的第二组图象元的光被第二组全息图区衍射。

3. 如权利要求 1 或 2 的显示器件, 其特征在于, 图象产生装置包括一个液晶阵列和照明该液晶显示阵列的装置, 并且每个图象元包括液晶阵列的一个或多个像素。

4. 如权利要求 1 的显示器件, 其特征在于, 全息元件与图象产生装置分隔开。

5. 如权利要求 1 的显示器件, 其特征在于, 全息光学元件的位置靠近图象产生装置。

6. 如权利要求 1 的显示器件, 其特征在于, 进一步包括改变图象产生装置的照明以便移动由实象或虚象形成的观察区的装置。

7. 如权利要求 6 的显示器件, 其特征在于, 改变照明的装置包括改变照明光源位置的装置。

8. 如权利要求 1 的显示器件, 其特征在于, 图象元确定一个左侧和一个右侧立体图象, 其中的每个图象都引导到一个对应的观察区, 其中的

显示器在使用中提供一个立体图象。

9.如权利要求8的显示器件,其特征在于,左侧和右侧图象中的每一个都被引向多个观察区,借此该显示器在使用中可从多个观察位置同时提供立体图象。

10.如权利要求1的显示器件,其特征在于,进一步包括一个聚焦光学元件,用于产生图象元阵列和全息光学元件的一个虚象,并且形成观察区的实象,每个图象在使用中通过观察区的对应的一个实象被观察。

11.如权利要求1的显示器件,其特征在于,多个图象在一起包括了一个二维图象。

12.如权利要求11的显示器件,其特征在于,器件包括一个细长的光源或者多个光源,从而使左、右观察区重叠,致使一个观察者的双眼可观察两个图象,借此提供一个全分辨率两维显示器。

13.如权利要求1的显示器件,其特征在于,包括多个光源,它们同时照明该全息光学元件,从而可提供多个观察位置。

14.如权利要求1的显示器件,其特征在于,图象产生装置包括一个单色(灰度)图象产生装置,从而在图象产生装置上以多种分色形式显示彩色图象,其中通过一组象素显示一种分色,并且其中显示一种分色的一组象素不显示任何另一种分色图象的任何部分。

15.如权利要求14的显示器件,其特征在于,图象产生装置与全息光学元件组合一起,对它们进行安排,以使全息光学元件的一定区只与显示一种分色的象素相关,并且全息光学元件的另一些区与显示另一些分色的象素相关,借此使每一组区向观察者衍射的光波长对应于与其相关的象素组显示的分色的颜色,对整个器件进行安排以显示全彩色的两维或三维的图象。

16.如权利要求1的显示器件,其特征在于,每一组区包括一个区阵列。

17.如权利要求16的显示器件,其特征在于,阵列内的每一区与阵列内的相邻区分隔开,不重叠。

18.如权利要求1的显示器件,其特征在于,每一组区都在相对于全息光学元件的一个或多个不同位置包括一个或多个漫射光源的全息记

录。

19.如权利要求 18 的显示器件,其特征在於,在全息记录过程中,漫射光源相对于全息板来说是倾斜的,倾斜的角度为消色差角。

20.如权利要求 1 的显示器件,其特征在於,将全息光学元件被构成爲基片导引波式器件。

21.如权利要求 20 的显示器件,其特征在於,该显示器件包括一个漫射背照明。

22.如权利要求 1 的显示器件,其特征在於,每一组区都包括由使用一个包括孔径阵列掩蔽形成的全息记录。

23.如权利要求 1 的显示器件,其特征在於,每一组区都适于衍射入射到全息光学元件上的光以形成一个孔径阵列图象。

24.如权利要求 22 的显示器件,其特征在於,孔径阵列与多个图象元重合。

25.如权利要求 1 的全息光学元件,其特征在於,全息光学元件是通过例如模压或浮雕法制作的表面浮雕全息图,或者是在例如光聚合物、重铬酸盐化明胶或卤化银制作的体积全息图。

说明书

显示器件

本发明涉及一种构成一全息光学元件的显示器件。

在我们的早期申请 WO93/02372 中，我们描述了一种加有全息光学元件的显示器件。入射到全息光学元件上的光被引向单个观察区。通过移动光源，可以移动观察区的位置。从交替的位置在屏幕上投影短时间交替的左、右图象，借此使图象成为一个接一个地在相应的左侧和右侧观察区中可观察到的。

按照本发明的第一方面，我们提供一种显示器件，它包括一种至少有两组全息图区的全息光学元件，第一组区（一个或多个）都与第二组（一组或多组）的相邻区（一个或多个）交织或重叠，并且它的结构使入射在每一组区上的光被衍射，借此构成漫射光源上相应的一个或多个实象或虚象，图象产生装置包括多个图象元；其中全息元件和它的全息图区被安排和设计，以便于被第一组全息图区衍射的光穿过一个相应的第一组图象元，和被第二组全息图区衍射的光穿过一个相应的第二组图象元。

按照本发明的第二方面，我们提供一种显示器件，它包括一种至少有两组全息区的全息光学元件，第一组区（一个或多个）都与第二组（一组或多组）的相邻区（一个或多个）交织或重叠，并且它的结构使入射在每一组区上的光被衍射，借此构成相应的一个或多个区上的多个实象或虚象的漫射光源；图象产生装置包括多个图象元；其中全息光学元件和它的全息图区被安排和设计，以便于穿过图象元；其中全息光学元件和它的全息图区被安排和设计，以便于穿过图象产生装置的第一组图象元的光被第一组全息图区衍射，和图象产生装置的第二组图象元的光被第二组全息图区衍射。

每个组可以包括单个区，该区延伸延过大部分全息光学元件。但典型的情况是，每个组区包括区的一个阵列。

典型的情况是，构成一个阵列的区横向彼此偏斜（如，垂直和/或水平）。

在一个阵列中的每个区一般来说与阵列中的相邻区分隔开，不重叠，当然在同一阵列中的相邻区也可能重叠。

还有，每个组区一般来说与另外的组区（一个或多个）可以横向偏斜。阵列内部的区可能与其它阵列的区重叠。但一般而言，每一阵列的区与其它一些阵列的区不重叠。

至少两个组区可以构成垂直或水平长条的一个横向阵列，或者一个两维的阵列，例如蜂窝式阵列。

在一个优选实施例中，全息光学元件包括两个交织的组区。

一般来说，对全息光学元件进行制作，使每个组区全息记录一个或

多个漫射光源。

通过记录同一个光源，或者通过记录在相对于全息光学元件的多个不同位置的多个不同的光源，可把入射在全息光学元件上的光引向对应于漫射光源（一个或多个）的位置（一个或多个）的一个位置。按另一种方式，当用光照射每个组区时，衍射光形成一个或多个漫射光源的一个图象。一般来说，该图象是一实象，但也可以是一虚象。

在每个组区只记录一个漫射光源的情况下，可把入射在该组区的光引导到单个观察区。在每个组区记录多个漫射光源的情况下，可把入射在该组区上的光引导到多个观察区。

全息光学元件一般来说是透射型元件，但它也可以是反射型的。

可以用任何适宜的方式形成全息光学元件，例如，通过模压或浮雕工艺制成的表面浮雕全息图；或者例如在光聚合物、重铬酸盐化明胶、或卤化银中制作的体积全息图。

一般来说，全息光学元件是作为显示器件（如，立体显示器件）的一部分提供的。这就可提供一个特别紧凑的、易于制造的、空间多路转换的两维或三维显示器件，它具有按全息方式产生的观察孔径并能实时显示图象。

一般来说，显示器件设有图象产生装置，它确定了多个图象，每个图象对应于图象元的一个相应的阵列（例如，LCD象素的阵列）。一般来说，还利用孔径阵列的全息记录来记录全息光学元件。在把元件装入显示器件的情况下，对孔径阵列进行安排，使其与显示器中交替的图象元阵列重合。通过按此方式安排全息光学元件和图象元阵列，使穿过图象元的光被全息光学元件中的多个组的区域之一衍射到相应的观察区。

在第一例中，使全息元件靠近LCD并在LCD的前方（即，观察者一侧）。

LCD可由单个光源背照明。另外，LCD也可由一系列光源背照的，对这些光源进行组合它们在功能上相当于单个光源。

光源（一个或多个）可以依次移动以便移动观察区的位置。另一方面，光源可以是静止的，而它的图象移动（例如通过使用移动的反光镜和各种其它装置）。在下一个可替换例中，可以提供带有可控掩模元件

的静止源阵列或者单个细长的光源，从而通过接通/断开光、或者分别移动掩模元件来移动源的有效位置。

一般来说，LCD 显示器携带多个交织的图象（例如，一组横向条形式，或一个蜂窝式阵列）。

如果需要两维显示，则多个图象可以包括两维图象的同一个视图。在这种情况下，光源最好是多个横向位移的光源，或者是一个直线形光源，从而可使左、右观察区重叠，向两只眼提供一个全分辨率二维图象。

然而，多个图象通常包括左侧和右侧立体图象。全息光学元件的各个区一般对应于 LCD 图象元的阵列。对应于左侧图象元的全息图区把光衍射到左侧观察区（并且因此使该图象成为从左侧观察区可见的图象），而对于右侧的图象反之亦然。

另一方面，可把全息光学元件放在 LCD 之后。在这种情况下，可使全息光学元件靠近 LCD，在这种情况下可使各个组区与 LCD 阵列重合。然而，如果全息光学元件同 LCD 分开，则每个组区一般就要与其它组的区（域）重叠，或者甚至于与其自己的组的区（域）重叠。在有限的情况下，每个组区都可包括横跨全息光学元件的单个区（域）。然而，还是要对全息光学元件进行记录和配置，以使穿过例如左侧 LCD 图象元的光只被引导到左侧观察区，反之亦然。

有许多方法可以构成全息光学元件，在以下的说明书中对此将作更加全面的描述。但，记录方法的共同特点是，在记录的某个阶段，用相对于全息板处在多个位置的光源记录漫射光源的图象，每一个位置都和一个相应的观察区有关。

可用“单步”法记录全息光学元件，其中分两次曝光，在多个位置记录漫射光源。

然而，在一般情况下，全息光学元件是作为一个转移全息图从一个或多个主全息图板记录的。

全息记录方法另一个共同特点是，在该方法的某个阶段，在记录过程中使用一个掩模（对应于显示器件中 LCD 图象元阵列）。在记录主全息图或记录转移全息图过程中，可使掩模靠近全息板。另外，掩模也可距全息板有一定距离，在这种情况下可以认为，正在进行的是通过掩模

产生的观察孔径的全息记录。

可以把全息光学元件制成一种基片导引波式器件。

此外，显示器件可以还包括一个聚焦光学元件，它产生图像阵列和全息光学元件的一个虚象，并且形成观察区的实象。在这种情况下，最好形成由全息光学元件产生的漫射光源的图象，使其成为第一实例的一个虚象。

下面参照附图描述本发明的一系列实施例，所有的附图全都不是按比例制图，其中：

图 1 表示按本发明的全息光学元件；

图 2 是按本发明的全息光学元件的透视图，该光学元件构成了左侧和右侧观察区；

图 3 是第一显示器件的示意图，其中把全息光学元件放在 LCD 的前方；

图 4 是第二显示器件的示意图，其中的全息光学元件放在 LCD 的后方，并且包括重叠区域的一个阵列；

图 4A 是显示器件的示意图，表示改变全息图和 LCD 之间的分开的距离的效果；

图 5 表示用于本发明的全息光学元件的主全息板的记录；

图 6 表示在主全息板上左侧观察区的记录；

图 7 表示在主全息板上右侧观察区的记录；

图 7a 表示用于在主全息板上记录一个观察区的一个可替换的漫射体的安排；

图 8 表示从图 6 和 7 中记录的主全息图向一个转移全息图的记录；

图 9 表示来自图 6 和 7 记录的主全息图的一个基片导引波式全息图的构成；

图 10 表示基片导引波转移全息图的第二例；

图 11 表示加入图 9 或 10 所示的基片导引波式全息元件中的显示器件；

图 12 是作为基片导引波式全息图构成的全息光学元件的另一个实例；

图 13 表示制作全息光学元件的单步法；

图 14 表示加入附加聚焦光学元件中的部分显示器件；以及

图 15 表示同时形成一系列立体观察区。

下述的实施例允许显示二维或三维的图象。这种显示是已知立体的，并可显示全色，实时移动三维图像。显示的基础是二维图像支承介质（如，照相透明胶片）或电子显示器（如，和新式的全息器件和照明系统一起使用的液晶显示器（LCD））。在以下的描述中，我们假定图象支承板是 LCD。

参照图 1：光源 1 发射光 2，光 2 照明一个全息图（即，全息光学元件）3，全息图 3 对光进行衍射，以重建波前 4，波前 4 形成一个均匀的漫射照明的实象 5。

可以认为由实象 5 确定的区域是距全息图 3 一定距离的一个漫射照明板。从原理上看（并且忽略了直通过全息图的零级波），在区域 5 的外部没有任何一点光 2。

当用眼睛 6 观察全息图 3 上的一点时，如果通过一点和眼睛 6 画的一条直线穿过区域 5，则这一点是明亮的。相反，如果通过这一点和眼睛 6 画的直线不穿过区域 5，则这一点是黑暗的。

第一种情况由眼睛 6a 表示，眼睛 6a 感觉到全息图 3 上的所有点都是明亮的；第二种情况由眼睛 6b 表示，对于眼睛 6b 来说整个表面全是暗的。

这一原理可应用的下两种情况，一种情况是区域 5 是一实像，另一种情况是区域 5 是一虚像（即，通过眼睛 6 观察时，要在全息图 3 的远端形成的图像）。

下边将要描述的全息技术可以重建图像 5，使得光在整个区域的分布都是均匀的，并且可准确确定它的边界。这在自动立体应用中是有益的，因为它有助于减小左、右图之间的交叉干扰，不存在产生左、右观察区分开的暗区或空白区的转换问题。

现在考虑图 2（不是同一比例制图）：光线 2 照射在空间上分开的全息图 3，全息图 3 包括一组多个部分 3l 构成，所有的这些部分全都能重构成实像 5l；并且，还包括一组多个部分 3r，所有这

些部分全都能重构成实像 $5r$ 。应注意，实像 5 在空间准确定位，并且可以使它们彼此对接，在它们之间既无间隙又无重叠。

想像，全息图 3 的整个表面由光线 2 均匀照明，并且考虑两条典型的光线 $2l$ 和 $2r$ （可以认为它们两者来源于同一个光源 1 ）。光线 $2l$ 是击中全息图 3 的区域 $3l$ 的这组光线中的一条典型光线。光线 $2l$ 中的某一些未经衍射并且沿零级光 7 继续前进（这里，对此没有兴趣）。衍射的光（由典型光线 $4l$ 表示）重构了漫射实像 $5l$ 。类似地，光线 $2r$ 由全息图部分 $3r$ 衍射，重构了实像 $5r$ 。

确定眼 $6l$ 的位置，使得通过眼睛 $6l$ 到全息图 3 上任一点画的所有直线全都穿过区域 $5l$ ；眼睛 $6l$ 因此可以看见照亮的全息图 3 的所有部分 $3l$ ，同时所有的部分 $3r$ 对于眼睛 $6l$ 来说依然是黑暗的，这是因为同一个图像线没有穿过由全息图 3 的区域 $3r$ 重建的区域 $5r$ 的缘故。在眼睛 $6r$ 看见照亮的区域 $3r$ 并且区域 $3l$ 是黑暗的情况下要进行转换。

如果眼 $6l$ 是观察者的左眼，眼 $6r$ 是同一观察者的右眼，则每一只眼看见的是全息图 3 被照亮的不同部分。具体来说，眼 $6l$ 感受到被照亮的部分 $3l$ 组中的每一成员以及黑暗的组 $3r$ 中的每个成员。

迄今为止我们一直假定，光源 1 对全息图 3 的照明是均匀的，并且感觉到的向图像 5 漫射的光强没有变化。但可以使击中全息图 3 的光穿过一个 LCD（液晶显示器）。如果适当制作该显示器，则 LCD 将有些部分位于穿过光源 1 的发光位置和全息图 3 的部分 $3l$ 画的直线上，LCD 的另外一些部分则在从光源 1 和部分 $3r$ 的直线上。

如果对应于全息图 3 的部分 $3l$ 的 LCD 的这些部分显示某种图像 L ，而对应于部分 $3r$ 的 LCD 的那些部分显示第二图像 R ，则显然，眼 $6l$ 将看见图像 L ，而眼 $6r$ 将看见图像 R 。如果两个图像 L 和 R 是立体图像对的分量，则可看见立体的三维画面。

类似地，通过在全息图的另一侧加上 LCD 可以调制该光。在这种情况下，光 2 首先由全息图衍射，然后穿过 LCD。在此情况

下可以认为全息图和光的组合是一种背光，形成图像 6l 的光 4l 穿过用于显示图像 L 的 LCD 的某些部分，光 4r 穿过显示图像 R 的 LCD 的另外一些部分，两个眼 6l、6r 按此方式再次看见了分开的画面，它们通过立体视觉可以组合在一起以显示一个三维图像。

还有一些需要图像 5l、5r 的应用，它们首先要作为虚像形成，特别是可应用于与另外一个光学元件一起使用这种显示器的场合，这个另外的光学元件将产生 LCD 和全息图 3 的组合的一个虚像并使图像 5r、5l 作为实像在该光学元件的前方。下面将更加详细地介绍这种安排。

现在我们可以更加详细地描述本发明的一系列实施例的特性了。（我们将描述只有一对图像要显示的情况，通过适当的变化则可显示更多的图像。类似地，我们只考虑一种光源，当然我们还可以使用几种光源。我们只考虑一个立体观察位置，当然大家都知道，可以提供更多的观察位置，并且我们只考虑主要的元件，忽略了以下事实：为了有助于实际的结构和显示器的操作），其中还可以包括其它光学元件：反光镜、透镜、全息光学元件。）

为了进行这种讨论，可以认为合成的全息图 3 由多个“孔径”组 HL 和 HR 组成，射在组 HL 中的任何一个孔径的光（以适当的入射角）重建一个图像，并且射在另一组 HR 的任何一个孔径的光重建另一个不同的图像。形成的这些图像距全息图 3 的平面有一定距离，并且可以是虚像或实像。这两组孔径 HL 和 HR 按照准确的几何关系可以重叠，或者不重叠。

光的衍射区均匀照亮了分别由两组光圈 HL 和 HR 形成的两个图像 5l、5r，并可以认为这两个图像 5l、5r 本身就是孔径 IL 和 IR，其中 IL 由组 HL 重建，IR 由组 HR 重建。

将一个 LCD 板与全息图组合起来，可显示两个画面 A&B。还可以认为该 LCD 的象素是这些孔径并将它们分成两组 PL 和 PR；其中组 PL 显示画面 A，组 PR 显示画面 B。

此外，一对孔径代表观察者的双眼。观察者的左眼是孔径 EL，右眼是孔径 ER。孔径（或者它们的图像）IL 和 IR 在距全息图 3

一定距离处形成并且和眼 EL 及 ER 在同一大区。可以把显示器的最佳操作定义为如下情况：光线可以从 EL 返回到光源 1，以使光源可以穿过孔径 IL、孔径组 PL 中的所有成员、孔径组 HL 的所有成员，但不必按这个顺序。与此同时，光线不应从 EL 穿过 IR、PR、和 HR 到达光源 1。类似地，从 ER 回来的光线必须穿过 IR、PR、和 HR，而不得穿过 IL、PL、和 HL。

图 3 和 4 表示两个重要的配置，它们是穿过全息图 3 和 LCD8 的一个部分的放大的细节（这两个图不是按比例制图的）。

图 3 表示的情况是：全息图 3 位于 LCD8 的观察者一侧。由图 3 可见，光线 21 首先穿过象素组 91 之一的一个象素，随后击中全息图 3，击中的位置是全息图 3 的部分 31 组之一，然后被衍射。零级光 7 笔直通过，1 级波前表示成为光线 41 并且重建区域 51 的图像。对光线 2r、象素组 9r、全息图部分组 3r、衍射光线 4r、和图像 5r 作必要的修改后也有同样的应用。全息图 3 和 LCD9 的安装位置应彼此靠近，使穿过象素组 91 的所有光线只重建图像 5r，类似地，穿过象素组 9r 的光线应该只形成图像 5r。在全息图 3 的组 31 的成员和组 3r 的成员之间引入空白区有助于实现这一点。

现在转到图 4，在这种情况下，也是从观察者的位置算起，把全息图 3 装在 LCD9 的后面。首先应该注意到，相对于图 3 描述的全息图在这种情况下也是可以工作的，条件是全息图表面和 LCD 的象素之间的光路长度要保持很小（实践中通常不大于象素间距的 4 倍左右）。但图 4 的确是一种改进，它允许全息图 3 和 LCD9 的象素分开得更大些。

光 2 击中全息图 3。在光 2 击中的全息图部分是组 31 的一个成员的情况下，光 2 被衍射，使其首先穿过象素 91 组的一个成员，并且然后继续前进以重建图像 51。对于击中的全息图区域包含组 3r 的一个成员的光，在作出必要的修改后也有同样的应用。在这种情况下应该注意，组 31 的成员与组 3r 的成员可能有空间的重叠。甚至可以想像得出，它们还可能与它们自己组内的成员重叠。还应注意，可以对显示器进行配置，使象素 91 组的每个成员只接收来

自组 3l 的全息图元件成员的，类似地，象素 9r 组的每个成员只接收来自组 3r 的全息图元件成员的光。

在图 4A 中说明了同一组内的成员的重叠。图 4A 表示穿过全息图和 LCD 的某些光线 4l。如果分开相当小（全息图位置 1），则同一组 3l 中的不同成员彼此不重叠（虽然在所示的情况下，它们可能与另一个组 3r 的成员重叠，但将这种情况省略了）。如果增加间隔（全息图位置 2），则可以发现，它们彼此重叠，因为该组的每个成员所占区域展宽了。

现在描述按本发明方法制造的显示器的某些实际的特征。

我们在前边某处（PCT/GB/93/01709）已经描述了如何通过移动光源的有效位置移动全息自动立体显示器的观察区位置。这里，可按以下基本方式应用该原理：

通过移动光源位置移动观察区，从而可以控制显示器，使观察者可以移动但不损失立体效果。如果适当改变所显示的图像的立体观察点，则可提供视差效果，使观察者可以向四周看、上看、下看、近看、和远看，其中只适当改变了图象的视差。

可以提供公开的光源，以产生两个或多个分开的立体观察区，使不止一个人可同时享受立体效果。在这种情况下，每个分开的光源的有效位置也可以移动，使每个观察者都有灵活性。

如以上所述，可以改变光源（一个或多个）的有效位置，以补偿观察者（一个或多个）左右、上下的位置变化和距离变化。

可以提供分开的光源或者扩大的光源以使区域 5l 和 5r 相互重叠，从而使两只眼都能看见 LCD 的所有象素。这种方法因为对两只眼显示的都是一个全分辨率两维图像，所以很有益，因而可以使用和欣赏常规的两维画面而不危及它们的质量，这对于这样一种显示器的所有常规两维应用尤其有益。显然，利用这种照明作用可临时禁止自动立体功能。或者通过自动或者通过手动可很容易接通和断开这种功能。

可以提供附加的常规漫射背光，将它定位在全息图 3 之后和 LCD 之后（自观察者位置看）。这样一种布局将提供实现两维

操作的另一种方法。如果把全息图 3 制成基片导向波 (SGW) 全息图, 实现上述布局则是最为方便的。

我们现在描述制作全息图 3 的一种方法并且表示有关这种技术的许多变化中的某一些变化。我们将集中讨论本质问题, 略去许多和可能使用的并且全息图工作人员熟悉的光几何学有关的部分。

我们首先描述第一代全息图或 H1 的制造过程。

现在参照图 5 (它是一个示意图, 没按比例制图), 全息板 10 同时暴露于参考光束 11 (最好是经过准直的) 和目标光 191。所需的目标光 191 是用光束 14 照射漫射体 12 (如, 毛玻璃屏) 产生的; 通过掩模 131 来限制漫射区对于板 10 的可见程度。通过漫射体 12 向掩膜 16 散射该光 14; 散射光 15 的某些光线 181 击中掩膜 16 的不透光区 16r 并被阻断; 另一些光线 191 穿过掩膜 16 的间隙区 16l 不受阻碍, 然后击中在全息板 10 上, 在这里它们与参考光束 11 发生干涉, 并且按常用的方式记录由此产生的干扰条纹。这就构成了主全息图 10 的第一次曝光。

然后, 进行第二次曝光, 其中用掩模 13r 代替掩模 131 (掩模 13r 可能是平移 3 例如它自己的宽度的掩模 131), 并且用掩模 17 代替掩模 16 (掩模 17 (掩模 17 可以是平移了例如对应于 LCD8 的象素间距的距离的掩模 16))。

应该理解, 掩模 16 是具体针对在最终作好的自动立体显示器中使用的 LCD 制成的。不透明的掩码区 16r 组的位置和间距对应于象素组 9r; 间隙区 16l 组对应于象素组 9l。掩模 17 具有几乎相等的结构, 其中的不透明区 17l 的位置和间距对应于象素 9l; 间隙掩模区 17r 组对应于象素组 9r。使用掩模 131 和 13r 来分别确定相应的观察孔径 5l 和 5r。

图 6 和 7 表示两次曝光的配置, 图 6 和 7 是示意的透视图, 没有按比例绘制。图 6 和 7 表示出各种元件, 它们最有可能出现在一个光学台上, 即每一个元件都接在它的侧面, 使得在实际应用中包含 (水平的) 光轴的平面与包含 (垂直的) 光轴的平面相同。

图 6 和 7 应有明显的差异。在如图 6 所示第一次曝光后，用掩模 13r 代替掩模 13l（或者等效地，向下平移掩模 13l 它自己的宽度）。类似地，用掩模 17 代替掩模 16（或者可能等效地，沿水平方向移动掩模 13l，使得间隙区 17r 的位置与不透明区 16r 先前占据的区的位置相同）。然后进行第二次曝光（下面我们将继续假定，在同一个全息板上或者在一个第二板上，只使用一个两次曝光的 H1 全息图）。然后，按常规方式处理全息图以得到最佳的信号/噪声比。

然后，使用 H1 全息图制作如图 8 所示的一个在图像平面的 H2 全息图 3：

使用光束 20 重放 H1 全息图 10，光束 20 是记录过程中使用的参考光束的共轭光束。它重建一个实像，包括：

实像 24，它是由掩模 13l 掩蔽的漫射体 12 和图像；

实像 25，它是由掩模 13r 掩蔽的漫射体 12 的图像；

实像 22，它是掩模 16 的图像；

实像 23，它是掩模 17 的图像。

显然，图像 22、23 是不透明的（因此是黑色的）目标的图像。这些图像 22、23 的效果是限制位置，因此可以看见图像 24、25，如从考虑上述记录几何条件显然可见的那样。

此外，还要提供全息部件（比如，板）3，全息部件 3 包括基片 27 和适当的感光敏感层 21 对于板 3 来说，还有一个参考光束 26，光束 26 在所示的情况下是发散的，但也不必非这样不可。在正常情况下，可将光敏层 21 加到基片 27 的表面，距实像 22、23 的位置最近。在全息层 21 和图像 22、23 之间的光程在最终的应用中应该和在层 21 和 LCD8 的象素 9 的平面之间的光程相同。

（要注意象素问题：按这种配置，准确的重建是很重要的。应该采纳所有的常提到的注意事项，例如：重建光束 20 应该是参考光束 11 的准确共轭光束，H1 全息图 10 应该是平直的，对全息图 10 的处理不应引入光敏层的尺寸变化。此外，由基片 27 的厚度引起的对 H2 全息板 3 的象差可能必须通过引入一个板来预先校正，

这个板的光学性质要类似于 H2 全息图 3 的光学性质，并且相对于记录 H1 全息图 10 过程中的 H1 全息图 10 有相同的相对位置。可能需要类似的预校正技术来补偿 LCD 中的折射。）

使全息板 3 曝光，并进行处理以便得到良好的衍射效率和最小的噪声。然后，可在自动立体显示中使用全息板 3。当用光源 1 重放时（其中，在所述情况下，入射光 2 以大约和入射光束 26 的入射角相同的入射角照明该全息板 3），将要重建图像 5l、5r，图像 5l、5r 本身是图像 24、25 的图像，而图像 24、25 又是通过孔径 13l、13r 看见的漫射体 12 的图像。在这种情况下，LCD8 靠近全息图 3 设置，使图像 22、23（它们是掩模 16、17 的图像）分别在象素组 9l、9r 内部或极靠近象素组 9l、9r 处形成，并且既没有任何形成图像 5l 的光穿过象素组 9r 的任何成员，也没有任何形成图像 5r 的光穿过象素组 9l 的任何成员。

在所有上述的情况下都要对可以使用的全息材料进行选择，例如卤化银、重铬酸盐化明胶、光聚合物、光抗蚀剂、热塑料，对所有的适宜材料（其中包括估计可能变为可以利用的那些材料）的光学布局基本上全都相同。

可以使用 H2 全息图 3 作为复制在功能上相同的全息图的工具。可以使用光学方法，尤其是接触式复制；另外还可以使用机械方法，例如凸雕和模压。对于机械方法，可以制作 H2 全息图 3，以便能以表面浮雕的形式记录干涉图案，这种浮雕结构在一系列公知的中间阶段后变为一种模具或压印工具。如果要把另外的光学元件装入一个模压的单元，例如要把 H2 全息图 3 制成基片导引波（SGW）全息图的情况下，模压方法极具魅力。

如以上所述，上述记录全息图 3 的方法只是能实现期望效果的许多可能的方法之一。还存在一步法（借此可直接制出全息图 3，不需要涉及 H1 全息图 10 的步骤）。当把全息图 3 设置在 LCD8 和观察者之间时（图 3 所示的配置）还存在另外一些变化，在这种情况下的一种明显的变化是把全息板 3 设置在图像 22、23 的另一侧，但光敏层距图像 22、23 还是最近的。一旦对基本原理有所理

解，有能力的全息工作者就能相当容易地设计出许多有变化的方法来，尽管以上有所有叙述，但我们现在仍要对某些变化和某些重要的设计考虑进行总结：

用漫射体沿和左观察区有关的第一位置制作第一主全息图，并且用漫射体沿和右观察区有关的第二位置在一个不同的全息板上制作第二主全息图，从而可产生全息图 3。然后，作为从这两个主全息图的转移全息图记录全息图 3。第一主全息图是作为一个转移全息图记录的，其中由交替的黑色的/不透明的线组成的掩模掩盖了转移全息板。然后，移动掩模以露出转移全息板上的不同的一组线，并且向该转移全息图板上记录第二主全息图。

全息图通过衍射操作，并且能产生明显的色散。重要的是要控制这一效果，否则将极其严重地危及显示器的性能和/或可用性。使用上述作为漫射图象形成的观察区就可使用某些简单的方法来抵消色散的不利效果。例如图 8 中，应注意到，漫射体孔径图象 24、25 的平面相对于全息图 3 来说是倾斜的。最好使用对于全息工作人员熟知的倾斜角作为消色散角，使色散图像点的光谱彼此重叠，形成深度方向和左右方向都很清晰尖锐的大的消色差图像。

对这种处理方法存在一个变型（见图 7a），其中不使用均匀倾斜的漫化体 12，而是使用多个漫化光线 12a、12b、12c 等，来产生类似的效果。对这些线进行布置，使每一根线都定位在以消色差角倾斜的平面内，这些线的长度等于按其它方式使用的平面型漫射体（一个或多个）的宽度。这些线最好平行于全息图平面并且垂直于照明光的入射平面。当用白光照射这样一种布局时，每根线都色散成倾斜了消色差角的光谱，每一根漫射线的相应光谱叠加起来产生一个区域，在这里由此产生的颜色混合使漫射的白色区（消色差区）在功能上等同于（在白光照射下）由均匀的漫射体产生的区域。

线 12a、…… 12n 必须是漫射的，所以可以把这些线看作是漫射区。

最重要的基本点是，在距全息图一定距离处必须重建具有可观

宽度和高度的漫射区的图象。这些区域应准确定位在距全息图的一定距离处（即，沿 Z 轴的有最小的模糊程度）。应对这些区域进行均匀的照射（即，在它们的整个功能宽度有基本上相同的亮度），并且沿水平方向（即，垂直于照射光的入射平面的方向）无明显的模糊。这里描述的器件能够实现所有这些重要的性能标准。如果不能实现这些性能标准中的任何一项，就要对该可利用的立体观察区加以限制，并且要出现非常不希望出现的现象，例如彩色条纹和左、右通道之间的串扰。通常需要上、下相当大的消色差响应区，但应理解，在观察区的垂直极限端出现彩色畸变不是一个突出的实际问题。

利用消色差角是处理色散效应所用的几种方法中的一种。

如果 H1 全息图 10 和 H2 全息图 3 是由漫射体孔径 13 制作的，并且孔径 13 的角度不接近消色差角，则必须使用处理色散的其它措施（这就是说，除非该显示器用来显示单色图像、并且光源 1 具有很窄的光谱带宽）。另外的一些方法包括：

*使用厚的全息记录介质的全彩色摄象，其中的全息图 3 的布喇格角的条件有效地抑制了除期望范围波长外的所有波长。

*用多个窄光谱带宽光源 1r、1g、1b 重建全息图 3，其中可对这些光源进行安排（也可以不这样安排），以使多个光源都有不同的入射角，而这些入射角可使重建的图像 5r、5g、5b 在空间上能以足够大的精度重叠。

*在全息图 3 的重放中使用了扩散补偿技术，这涉及使用至少一个另外的衍射光学元件（典型的这种元件是使用全息摄象技术制成的），并对该衍射光学元件进行设计和安排，以引入相当的和相反的色散。这种安排通常要求：(a) 全息图 3 和附加的光学元件的总计光功率很低，以及 (b) 使用具有正的光功率的附加光学元件（如，透镜或反光镜），此外在全息图 3 和附加的衍射光学元件之间可能还需要一个带有散热窗的屏幕，以便抑制观察者否则可看见的零级光。

*使用可提供几个光束 2r、2g、2b 的一个附加的全息/衍射

光学元件，对这几个光束进行不同的聚焦，以使观察孔径 5 的相应的红、绿、和蓝图像能以足够大的精度重叠。

对于以前的配置的一个有趣的变化是按以下所述把记录过程复杂化：使用 3 个漫射线（对应于图 7a 中的 12a、12b、12c），并对它们进行设置，以使从一个指定的观察位置观察时它们的相应的扩散图像为红、绿、蓝 - 合成是白色。像在象素组 9l、9r 之间进行分割一样，也将它们在象素子组 9l 红、9l 绿、9l 蓝、和 9r 红、9r 绿、9r 蓝之间进行分割，以便分割 LCD8 的象素，向左眼提供红、绿、或蓝图像，并且类似地向右眼提供红、绿、或蓝图像。当与一个灰度寻址 LCD（很像一个彩色 LCD）结合使用时，显示的图像也是全彩色。这种彩色复制极其类似于由“全彩色”“彩虹”全息图（如，流行的、当前使用中的浮雕式全息图）显示的复制结构。如果使用反射式全息图，则彩色复制在垂直方向更加稳定。由于需要 6 个掩模（16 红、16 绿、16 蓝、和 17 红、17 绿、17 蓝），这种方法肯定复杂，但更完美实用。

在以前的描述中假定，当用单个光源照明全息图 3 时，将产生一个立体观察区。还有可能制作一个全息图 3，使其不依靠多个光源就能提供多个这样的位置。这就要求对每个左、右观察记录多个漫射区。在所有其它方面，这些全息摄象方法全都相同。图 15 表示最后的结果，其中光源 1 照明了 LCD 和全息图组合 3、8。在这种情况下，在左观察区的三个位置以及右观察区的相应 3 个位置用漫射体制作全息图 3。使用中，这些漫射体的图像重建以形成 3 个分开的立体观察区，其中左和右对 5la 及 5ra 在一个位置形成，从而提供一个立体观察位置，而另两个对 5lb、5rb 及 5lc、5rc 同时形成另两个立体观察位置。显然，每个立体观察位置距全息图 3 的距离和高度不必相同，并且可提供任何数目的这种立体观察位置。

有一系列值得在这里讨论的制作 H2 全息图 3 的方法。

以上描述的以及图 8 所示的情况使用了众所周知的离轴透射型全息图技术，其中的参考光束 26 和重建光束 2 是通过自由空间

照射全息图 3 的（当然，还引入了反光镜或透镜以利于光学性能和/或显示器的实际结构）。另一种情况是使用基片导引波（SGW）技术，其中的光束是由全息图基片 27 导引的，其中经常利用的现象是总体内部反射。

图 9 和 10 表示出两种基本的布局（图 9 和 10 没有按比例制图）。通过比较这两个图和图 8 可以看出，参考光束（这里，只用一根光线 26 代表）借助于一个倾斜的边缘进入全息图 3 的基片 27。（应该理解，把光束 26 耦合到基片内还有许多其它方法，包括棱镜和衍射光栅）。该光束然后经受内部反射并击中光敏层 21，在这里它与目标光发生干涉，以产生透射型全息图。图 10 表示的是相同的配置，只是敏感层 21 定位在基片 27 的另一侧，这样一种布局安排产生一种反射型全息图，这种全息图对于全彩色应用来说应在三个适当选择的波长处操作。

和产生更加紧凑的显示器一样，可使用 SGW 方式引入其它光学元件，如果用机械式复制的全息摄象表面为表面浮雕形式，那么这些其它的光学元件的制造将是极其经济的，并且这些元件可具有复杂的光学性能。我们将着重描述几种可能性。

图 11 是 SGW 透射型全息图 3 的透视图（但经适当改变可以变为反射型）。光源 1 安装在全息图 3 内并且靠近该全息图 3，全息图 3 包括全息摄象表面 21 和具有不同光学性质的基片 27。由光源 1 发出的光 2 向下穿过基片 27，直到它击中弯曲的下表面 28 时为止，下表面 28 还配有一个反射涂层。光束 2 然后被反射，聚焦、并引向全息摄象表面 21，在这里光被衍射形成波前 4，如以前所述由波前 4 形成图像 5l 和 5r。可以理解，为了使说明简洁清晰，我们只画出了某些光线。图 11 所示的配置有一系列实际的优点。通过模压技术可以把它作成一个单元，其中的全息摄象表面 21 可以在模压过程作为一个浮雕结构产生。使用模压的结构可以聚焦光束 2，为此要通过反光镜表面 28 和（图中没有表示出来的）插入基片 27 的点这两者。可以使用多个光源，以便能够移动观察区 5，提供跟踪移动的观察者的能力，并且可以完成全分辨二维操作。

作为对于使用多个光源的二维可兼容性的一种替换,可以在全息图 3 的后边提供一个常规的漫射体背照明,通过全息摄象表面 21 和基片 27 可清晰地观察到全息图 3。这样一种系统制造成本低廉,而且结构耐用、紧凑。

图 12 表示另一种变化,按照通常的作法(当然不是必须这样)可将它制成一个 SGW 全息图。由光源 1 发射的光 $2m$ 首先穿过聚焦光学元件(如,透镜),进入基片 27 并击中光学元件 29,光学元件 29 位于基片 27 的远端表面上。光学元件 29 至少完成引导光 $2m$ 的功能,使重新被引导的光 $2p$ 以正确的角度击中全息摄象表面 21。除了这个基本功能外,还可把光学元件 29 作为全息光学元件(HOE)制成;当将其和全息图 21 组合时-可实现色散补偿。在图中所示的情况下,光学元件 29 可以是一个表面浮雕透射型全息光学元件,在它的外表面上有一反射涂层。可以使用光学元件 28 在与 HOE29 组合的全息图 21 无光功率的条件下通过提供光功率协助进行色散补偿。(此外,元件 29 可以是一个反射型 HOE,或者的确是一反射型光学元件,用于重新引导并有选择地聚焦光 $2n$ 。)

对于使用全息图 3 的基片导引的照射,还有许多其它的变化。

还存在着下述情况:通过计算全息图 3 的条纹结构并且使用非光学过程(如,电子束)来制造它,也可以实现等价的光学性能。

如早些时候曾经提到过的,可以使用一种“单个步骤”技术来制造全息光学元件 3。实施单步法的方式有许多。在图 13 中表示出其中的一个简单的方式。不是首先制作一个主(H1)全息图并从该全息图制作图像平面的 H2 复制品(即,在由 H1 重建的图像内定位复制品),而是制作一个其本身就可与 LCD 一道使用的全息图。在所示的情况下,用掩模 16 和 17 掩蔽全息图,分两次曝光,其中的掩模与敏感层接触得非常紧密,并且其中的漫射体 13 的位置如以上所述在两次曝光之间移动。

还有另一类一步法的全息图,它利用大的聚焦光学元(例如,大孔径低 $f/\#$ 的透镜)聚焦要记录的物体的实象,然后使全息板进入实像“内部”。

任何三维图像都提供有关所代表的物体的大小的目标信息。在自动主体显示器中，图像的大小受到显示器的可见尺寸的限制，因此最好的作法是，在保持自动立体功能的同时加大显示器的表观尺寸。下面描述用本发明的基本显示器来实现这种作法的一种方法，可把显示器设想成一个窗口，该窗口可露出一个三维的比它大的景物，就像通过一个微小的窗口可以看见一个大的物体的情况一样，所以通过下面将要描述的相当小的自动立体“窗口”可以看见物体的三维图像的整个尺寸。

参照图 14，标号 30 是已经描述过的自动立体显示器，其中包括光源 1、LCD8、和全息图 3。图中表示出 LCD8 和全息图 3 的平面。可使全息图提供区域 5l 和 5r 的一个实象，或者像图 13 中所示的情况，它们可以是虚象 31。提供具有正的光功率的光学元件 32，并且确定元件 32 的位置，以使显示器 30 的屏 3、8 位于光学元件 32 和它的焦点平面之间。由虚线表示的简单的光线轨迹表明，形成了屏幕 3、8 的一个放大的虚像 33。最好确定虚像 33 的位置，使虚像 33 距观察者的距离和由所用的立体成象原理产生的三维图像距观察者的距离近似一样（因而将立体视觉和眼的调节能力之间的任何差别降至最小）。通过光学元件 32 聚焦虚象 31，从而形成实象 34，实象 34 通常定位在期望的观察位置。按照所用的精确几何条件，可对虚象 31 的位置进行调节，并且在某些情况下发现，最好首先形成实象，当由光学元件 32 重新聚焦时它们仍旧是虚象。也可将图像 31 定位在无限远。

可以把这样一种显示器的功能理解为和以前所述相同，其中每只眼将看见不同的画面，并且，如果画面是一个立体对，则观察者将看见一个三维的超过光学元件 32 的图像，似乎是超越了窗口。光学元件 32 可以是折射型的、反射型的、或衍射型的（在每种情况下，必须对附图进行适当的改动，当然图象还是以相同的功能方式形成的。）

对元件的光学性质进行设计以使 LCD 的象素位移，这是有益的。为此，要引入最小象差，例如使用菲涅耳透镜极易发生的那些

象差。对于衍射型元件，为了实现这一要求，要进行设计，以便产生略有模糊的图象，或者通过使用由色散产生的模糊。

使用衍射型光学元件（在此情况下，假定是全息光学元件）（HOE）有某些好处：HOE 可以是透明的，因而加深了窗口的视觉印象并且可以把图像重叠在窗口上方观察到的一个实的景物上。还可以使 HOE 具有多个独立的焦点，用于产生其它的方式，使多于 1 个的观察者可以同时欣赏该景物。HOE 通常是离轴操作的，这就允许作成方便而精巧的结构。它们还允许以可控的方式使图象去象素化（de-pixecating）（通过加大用于制作 HOE 的一个或多个光束的源。）

如果使用 HOE，则有一系列需要解决的问题。具体来说，假定要求显示器产生全彩色图像，则必须解决色散问题。一种解决方案是使用调谐到 3 个适当波长的 HOE。另一种解决方案是使用 3 个波长的单色光，这 3 个波长的光是通过适当选择光源、或者通过滤波提供的。按照制造 HOE 的方式，这可能意味着，必须使用 3 个灰度的自动立体显示器 30；并且还可能意味着，它们需要按光学需要定位在不同的位置（还可以按机械方式实现，而在光学上使用波长选择的反光镜；或者在光学上使用附加的衍射型元件）。

显示器件还可包括一个系统，用于一个或多个观察者的独立的眼跟踪（如在我们的申请 PCT/GB93/01709 中比较全面介绍过的）。当观察者（一个或多个）的头部移动时，就（有效地）移动了光源，从而可正确地定位观察区。

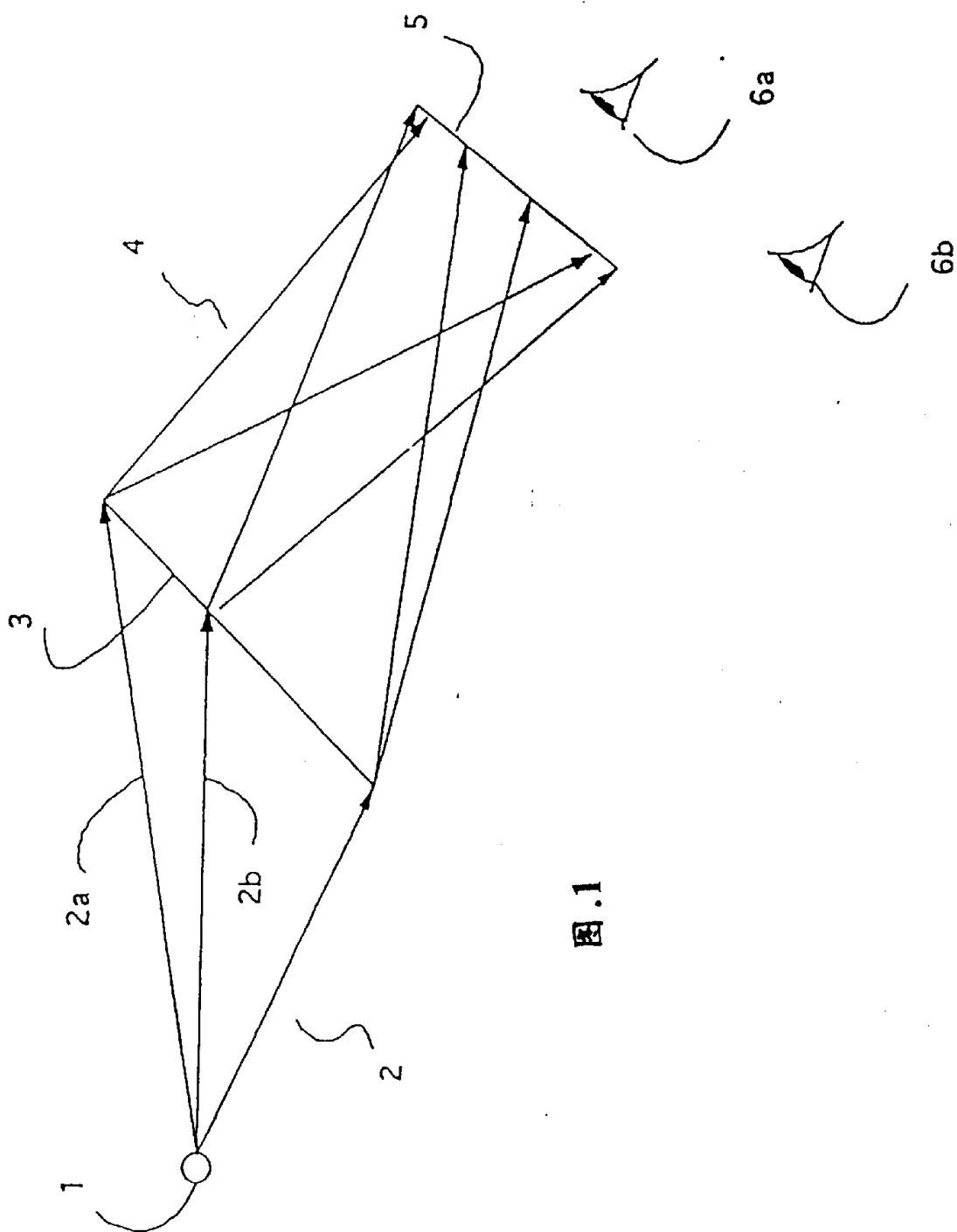


图.1

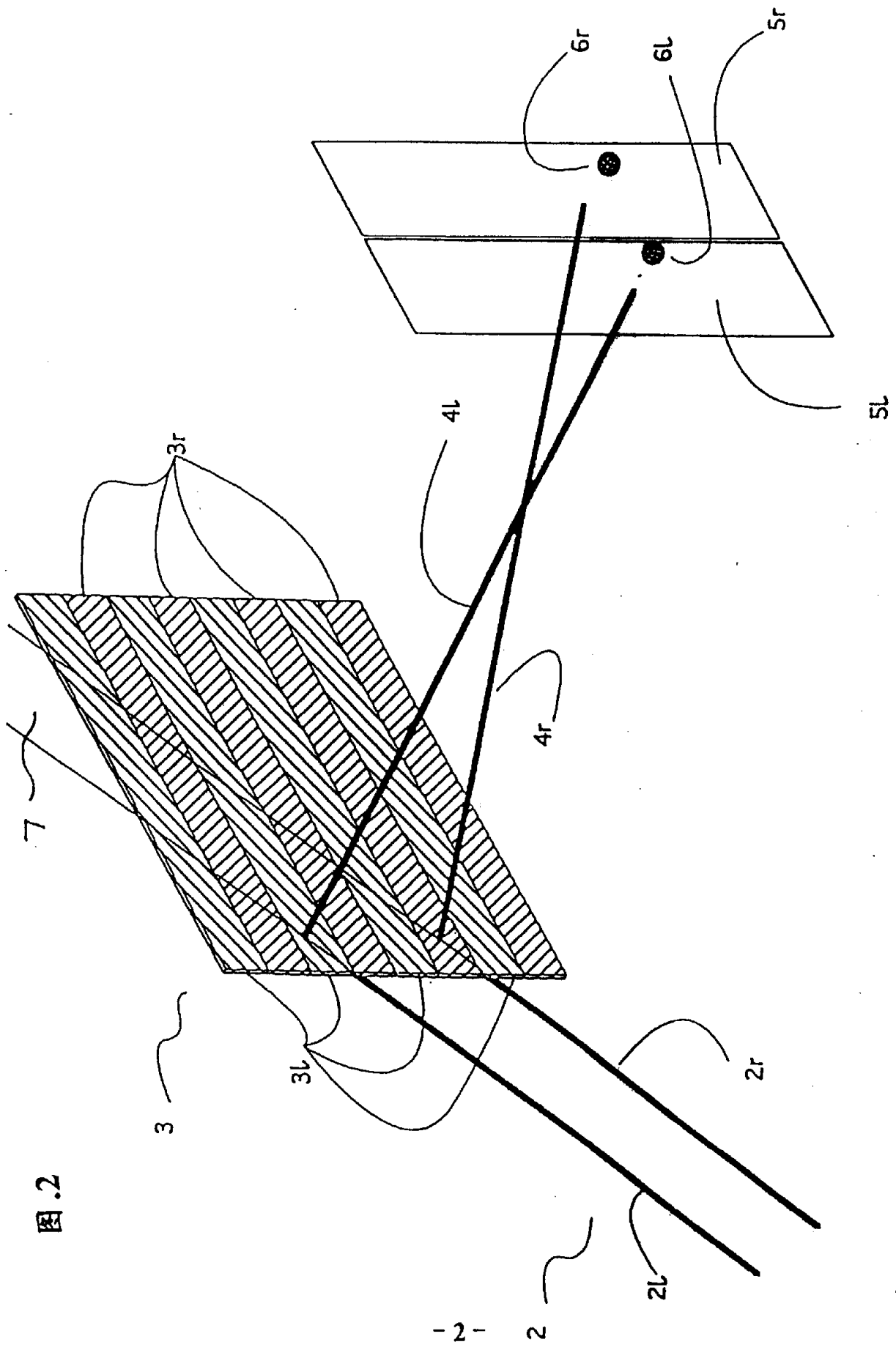


图.2

- 2 -

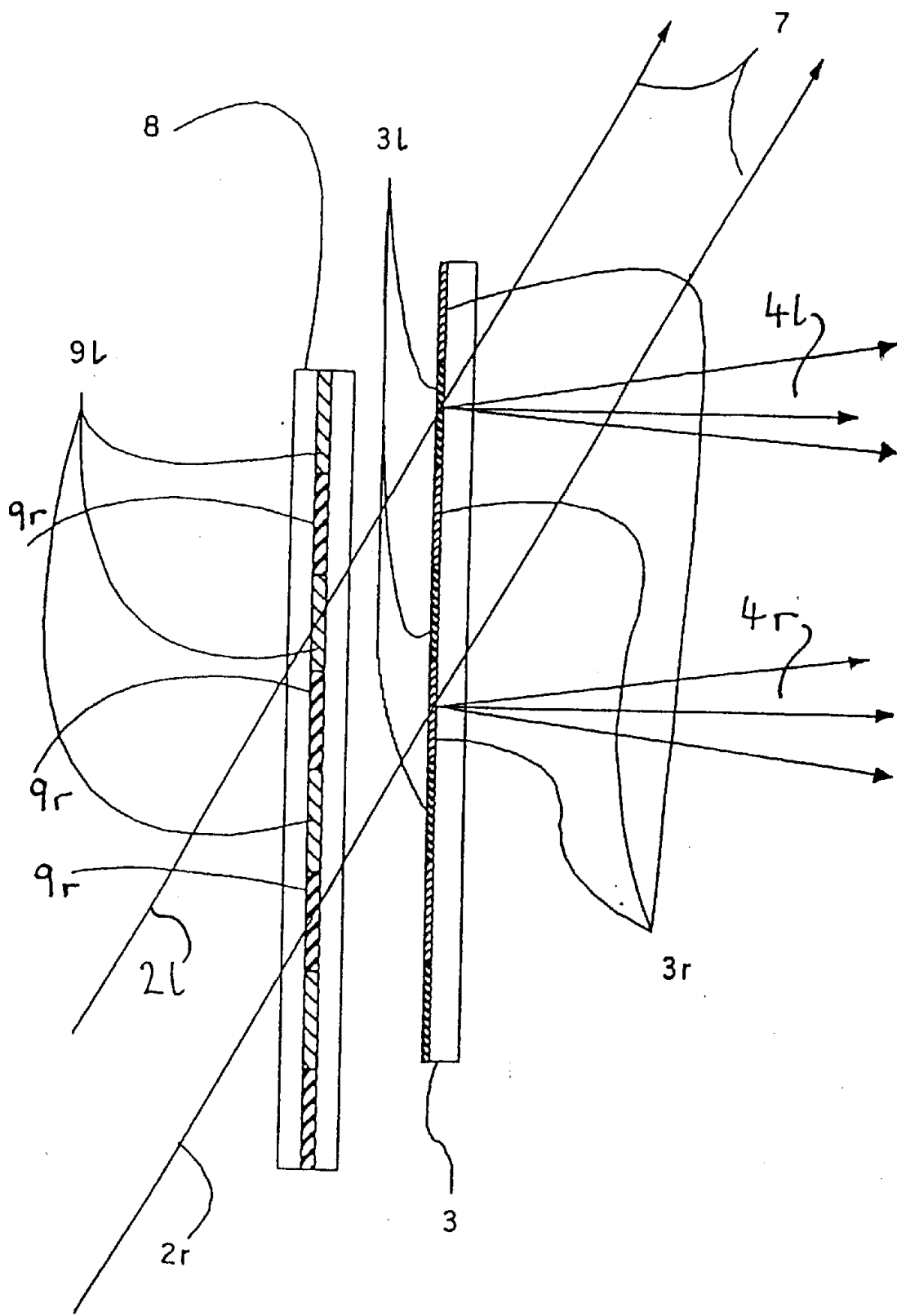


图.3

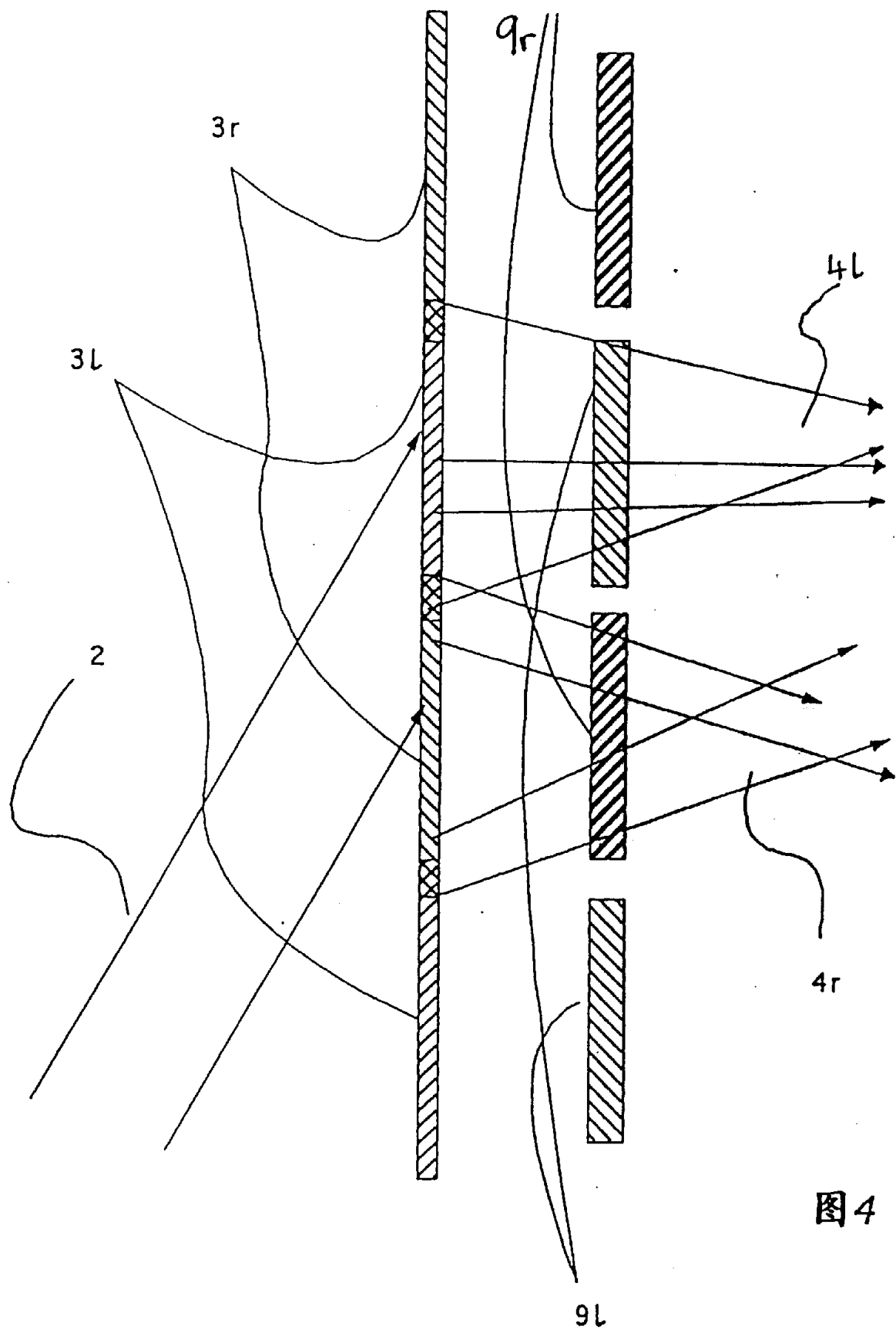


图4

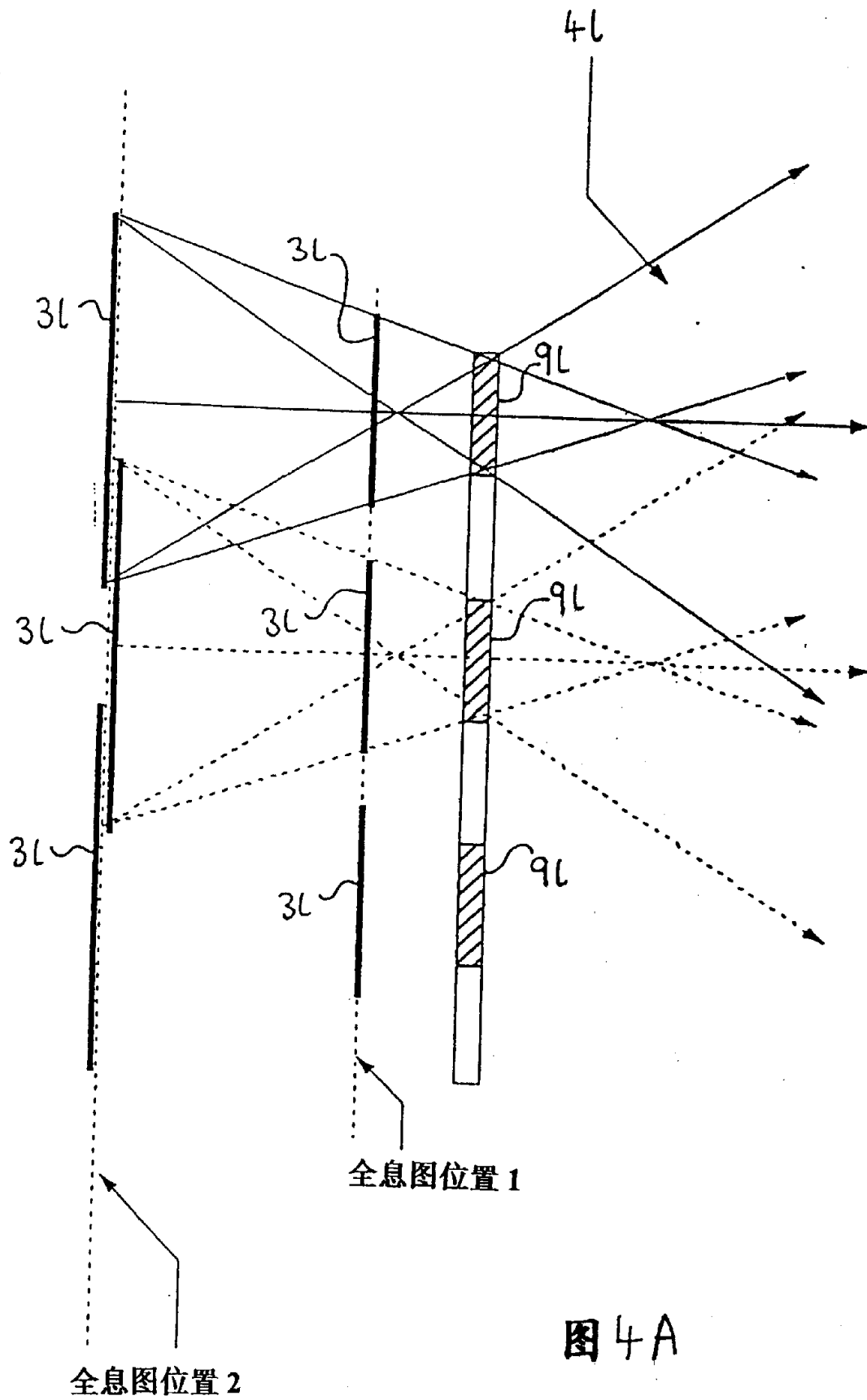


图 4A

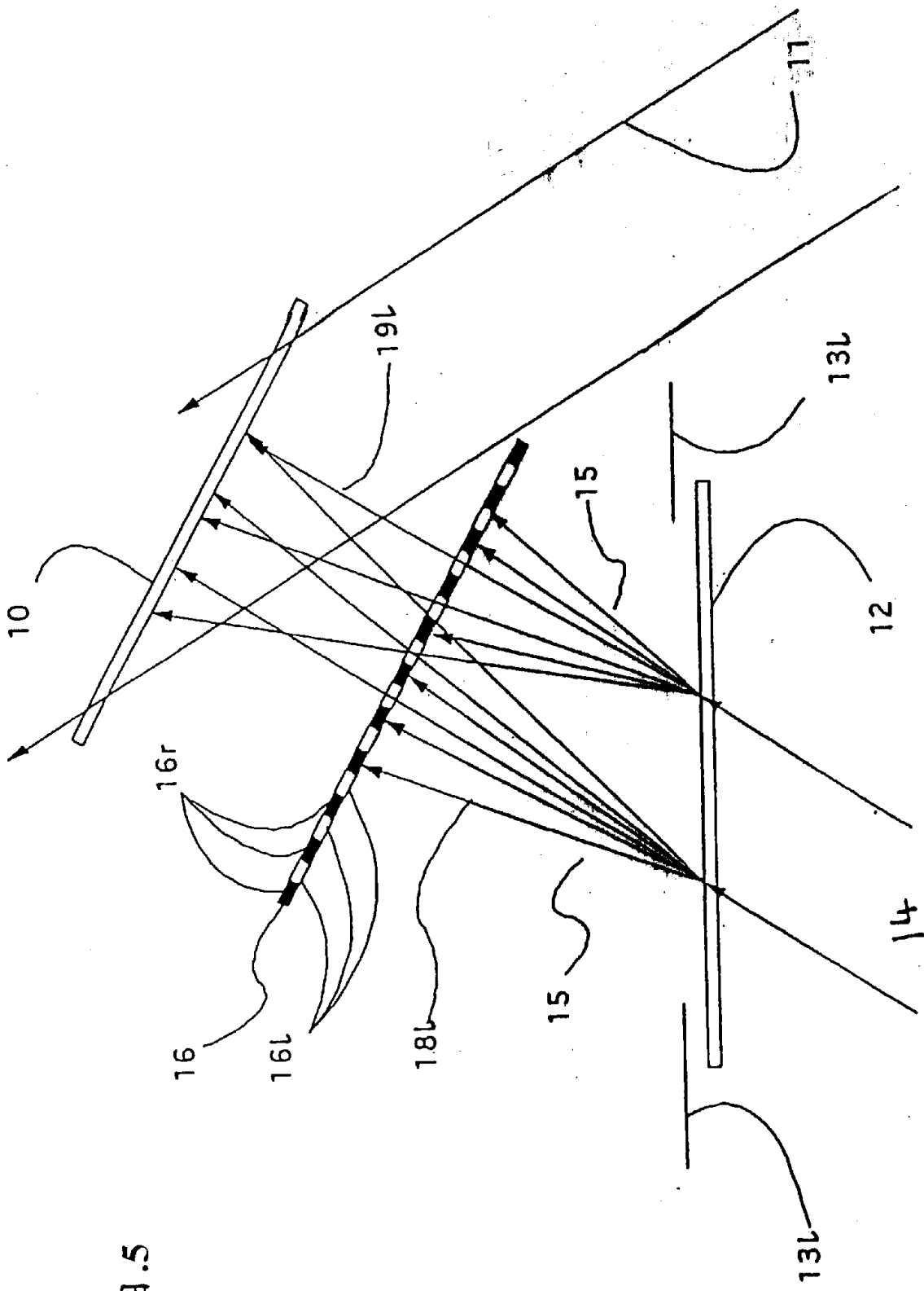
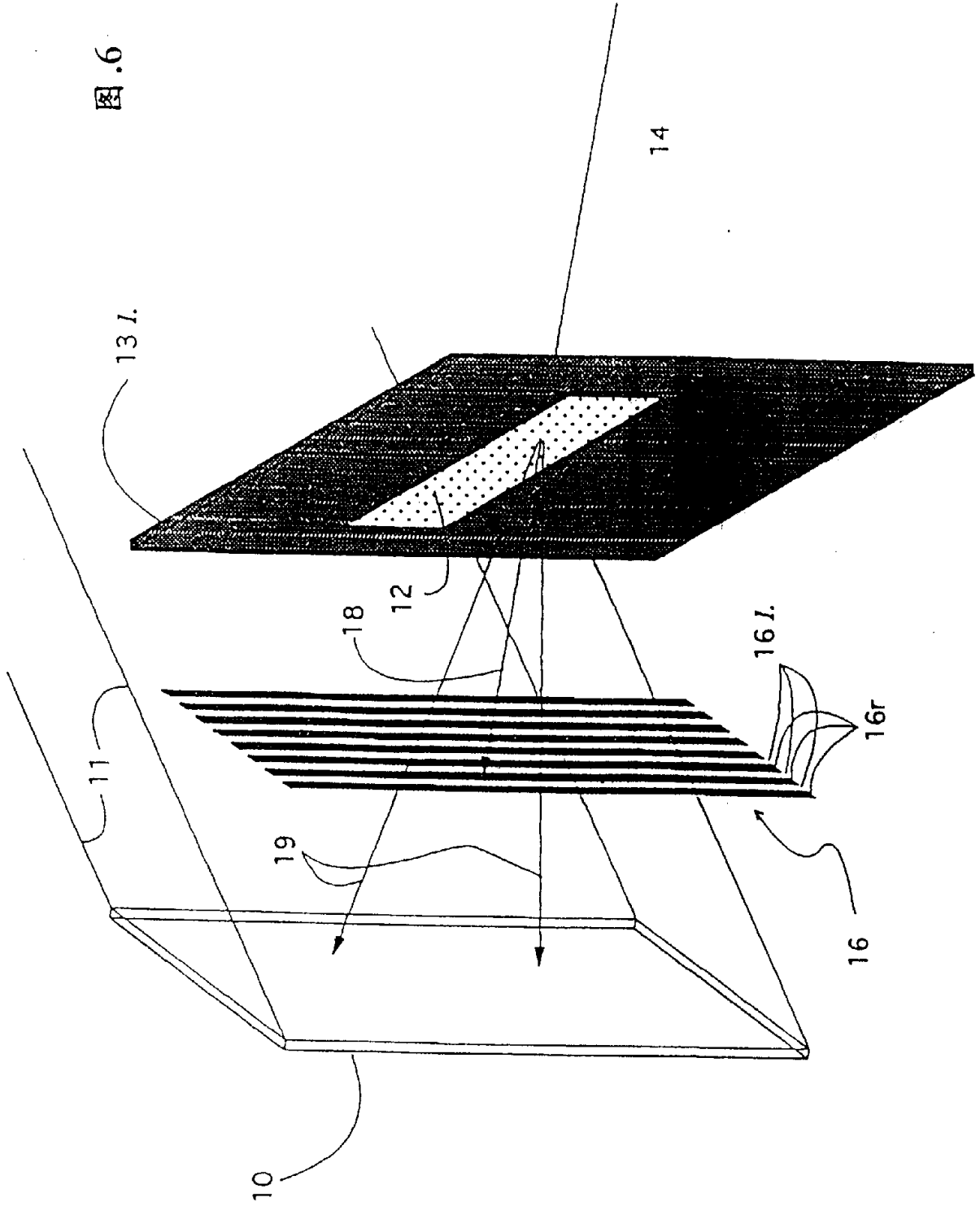
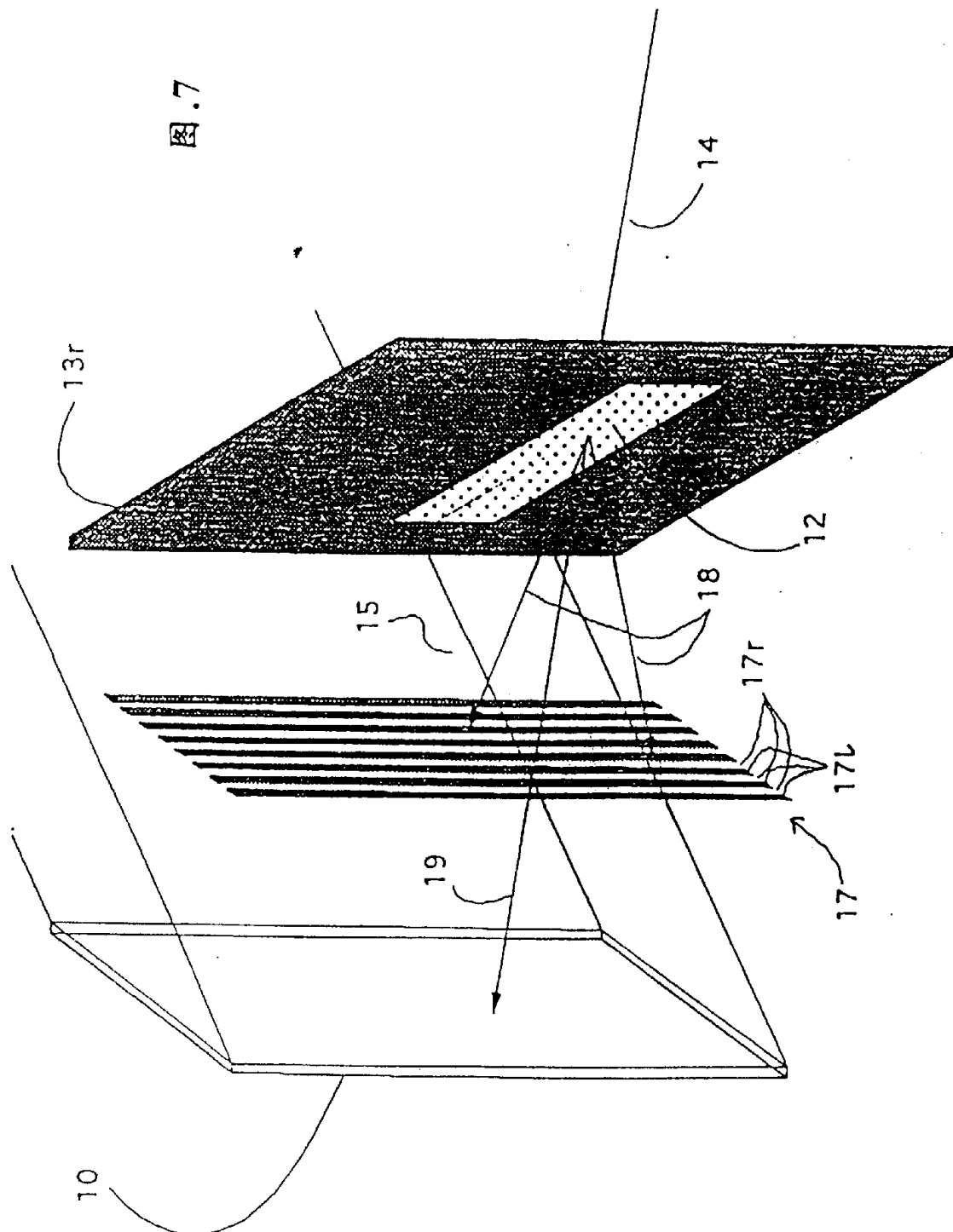


图.5

图.6





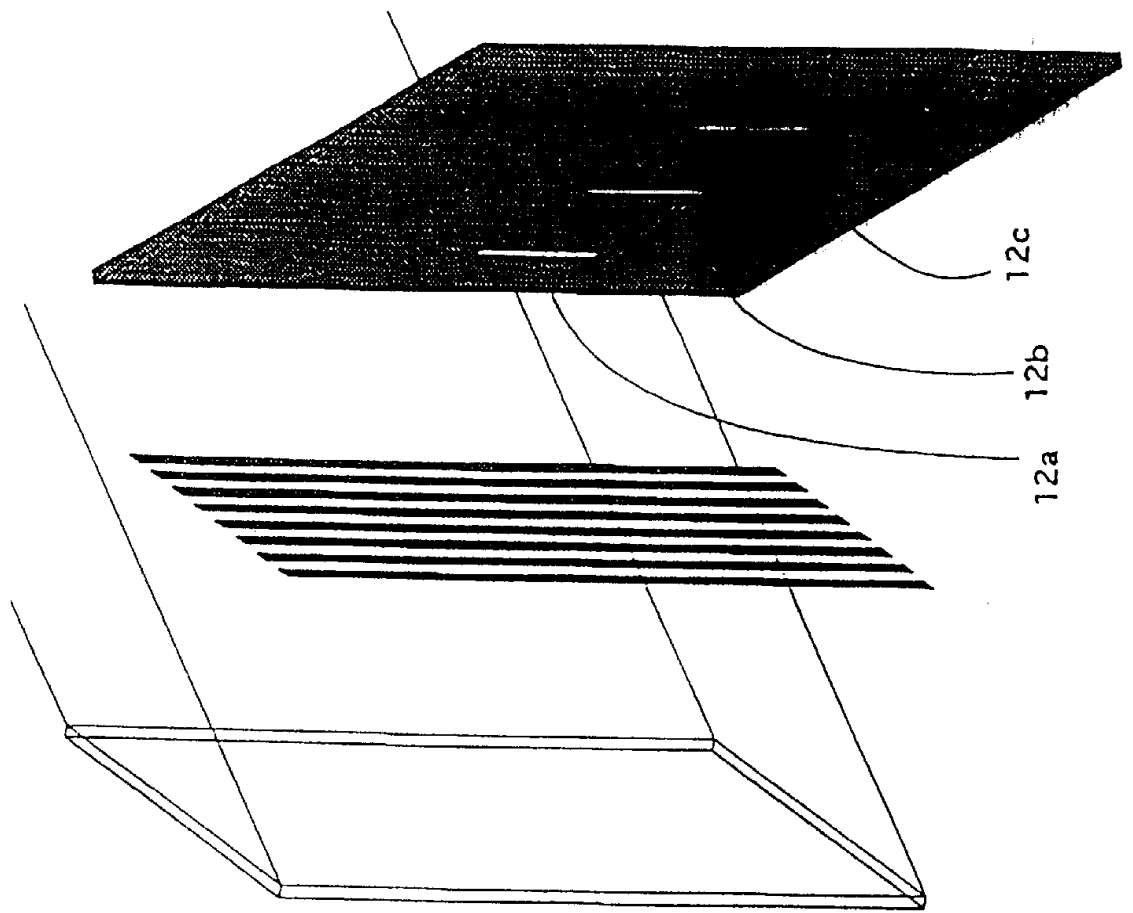


图 7a

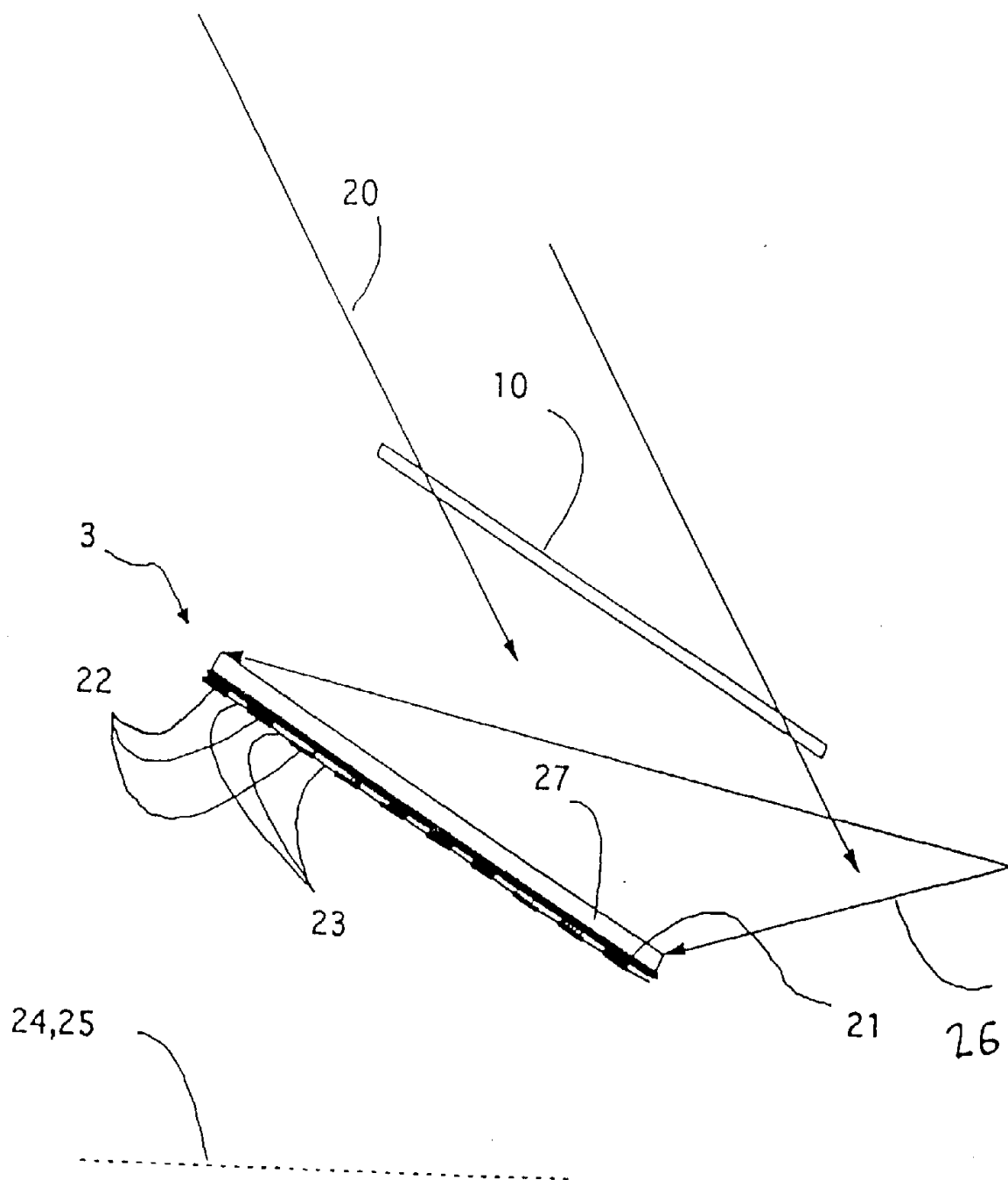


图.8

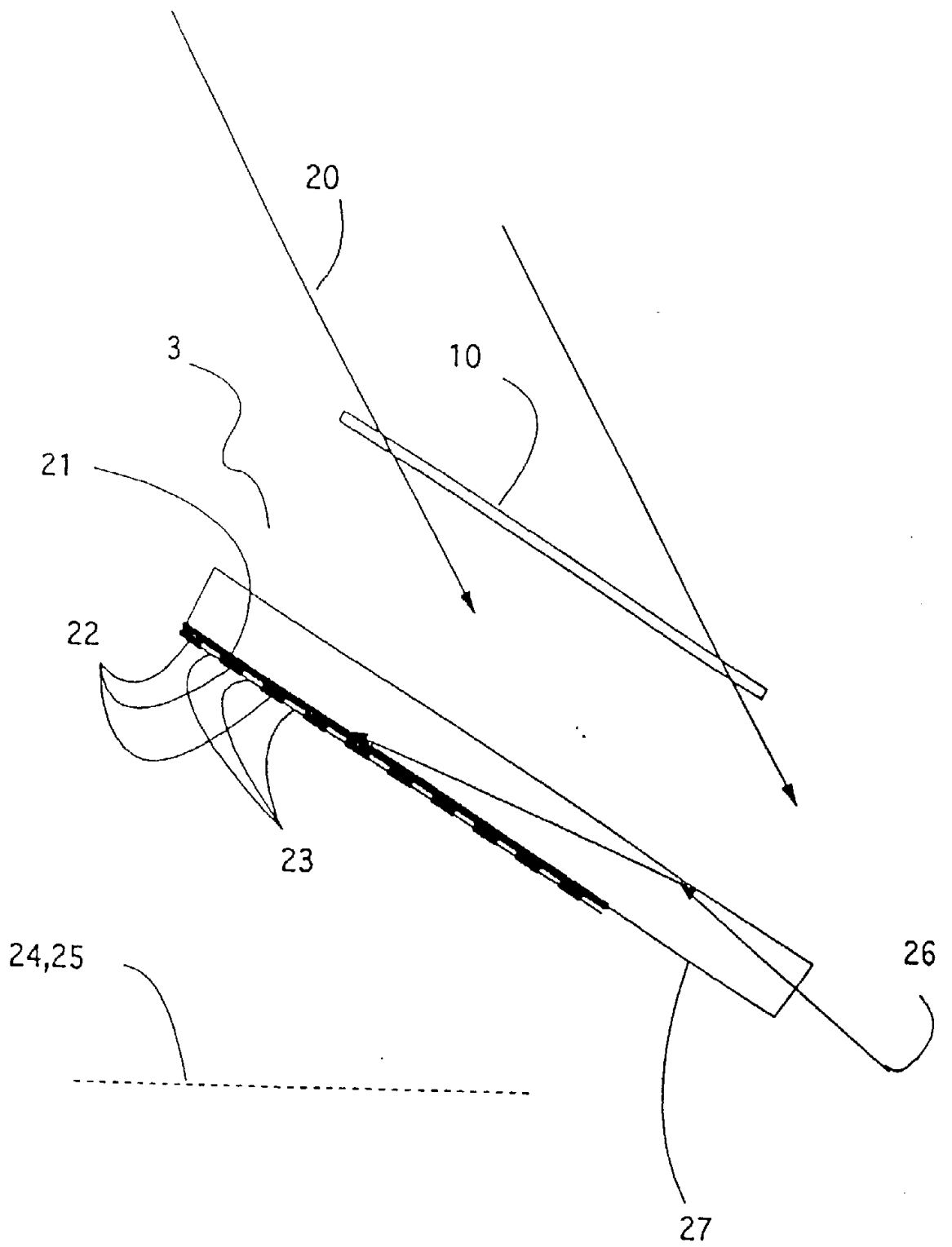


图.9

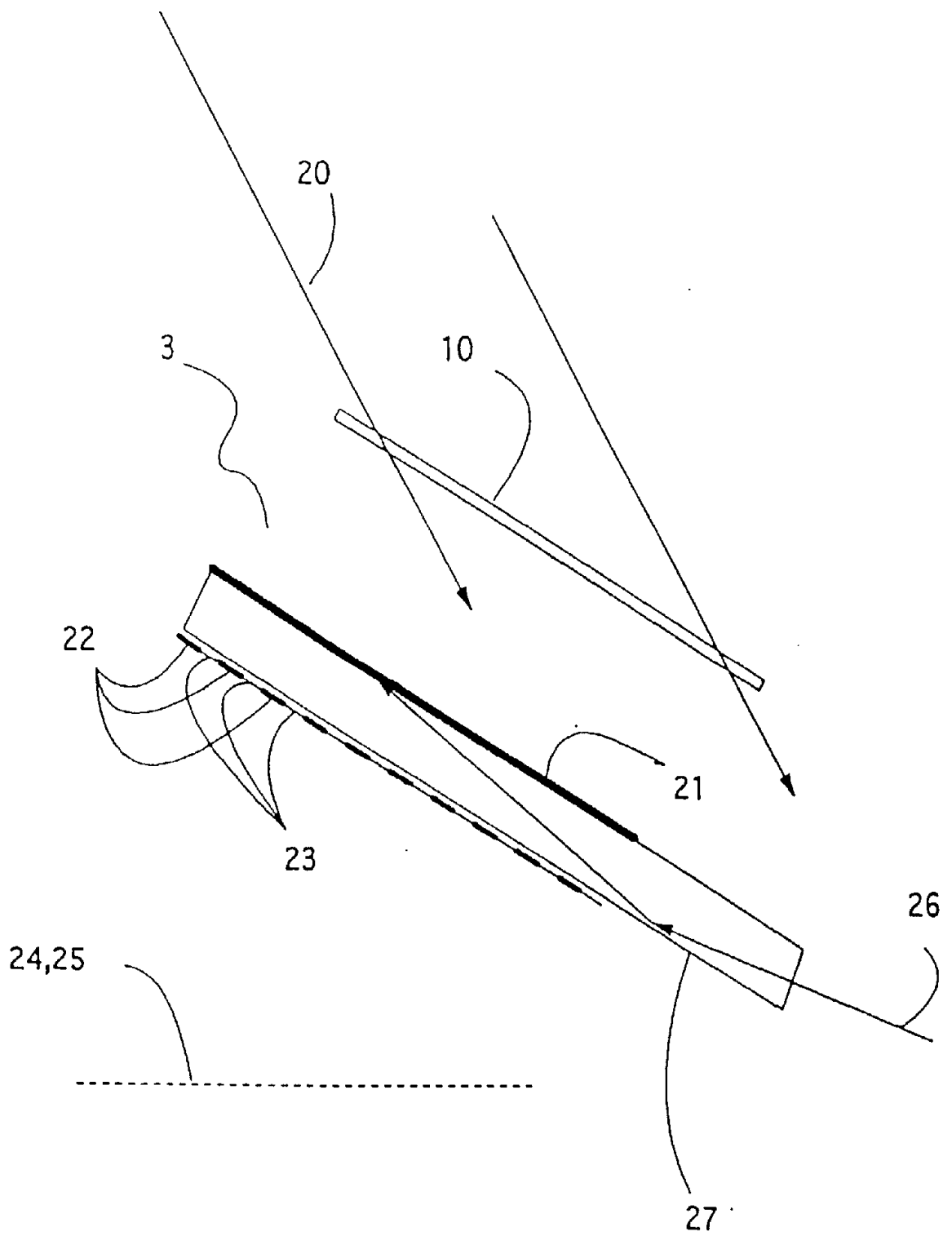


图.10

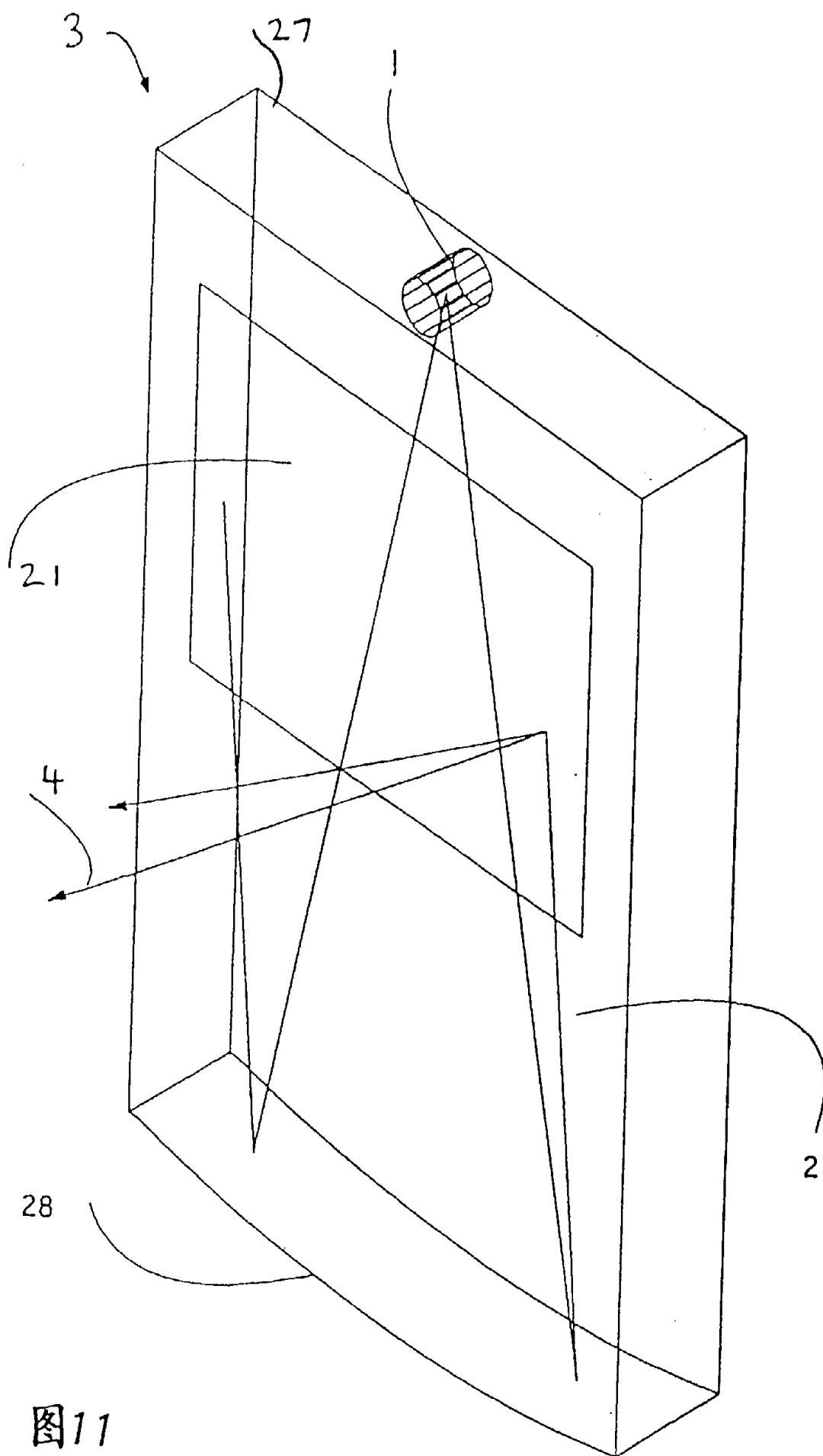


图11

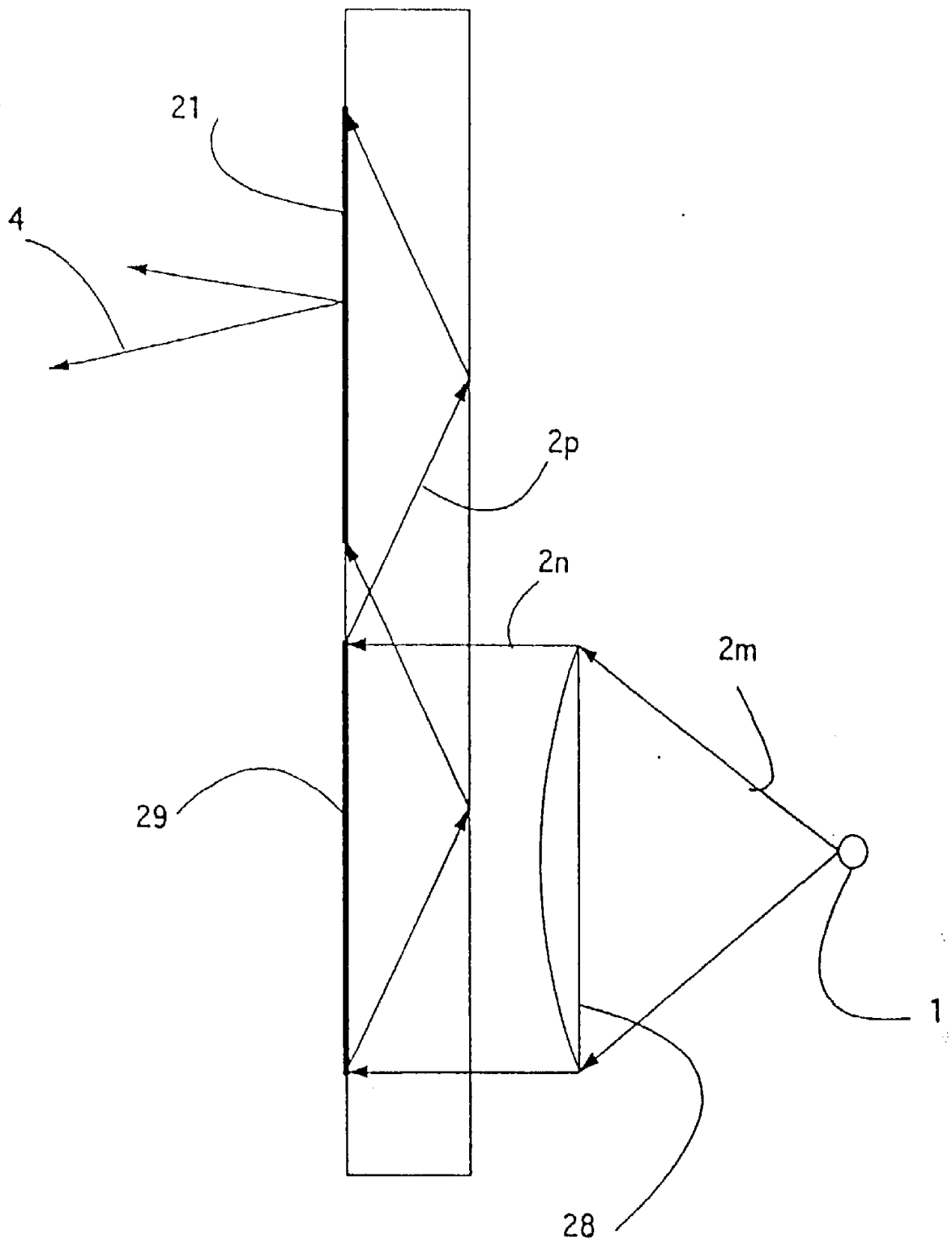


图.12

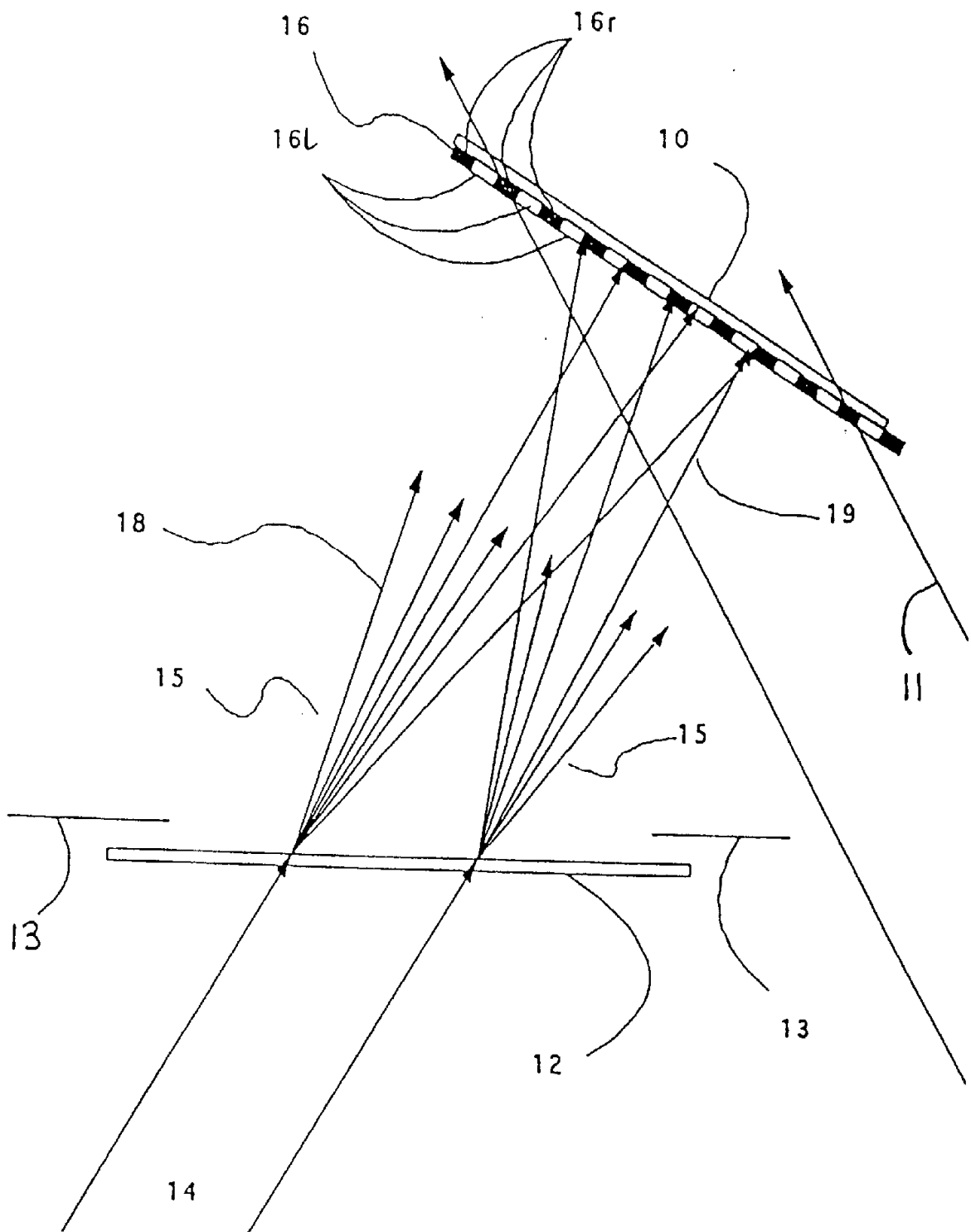
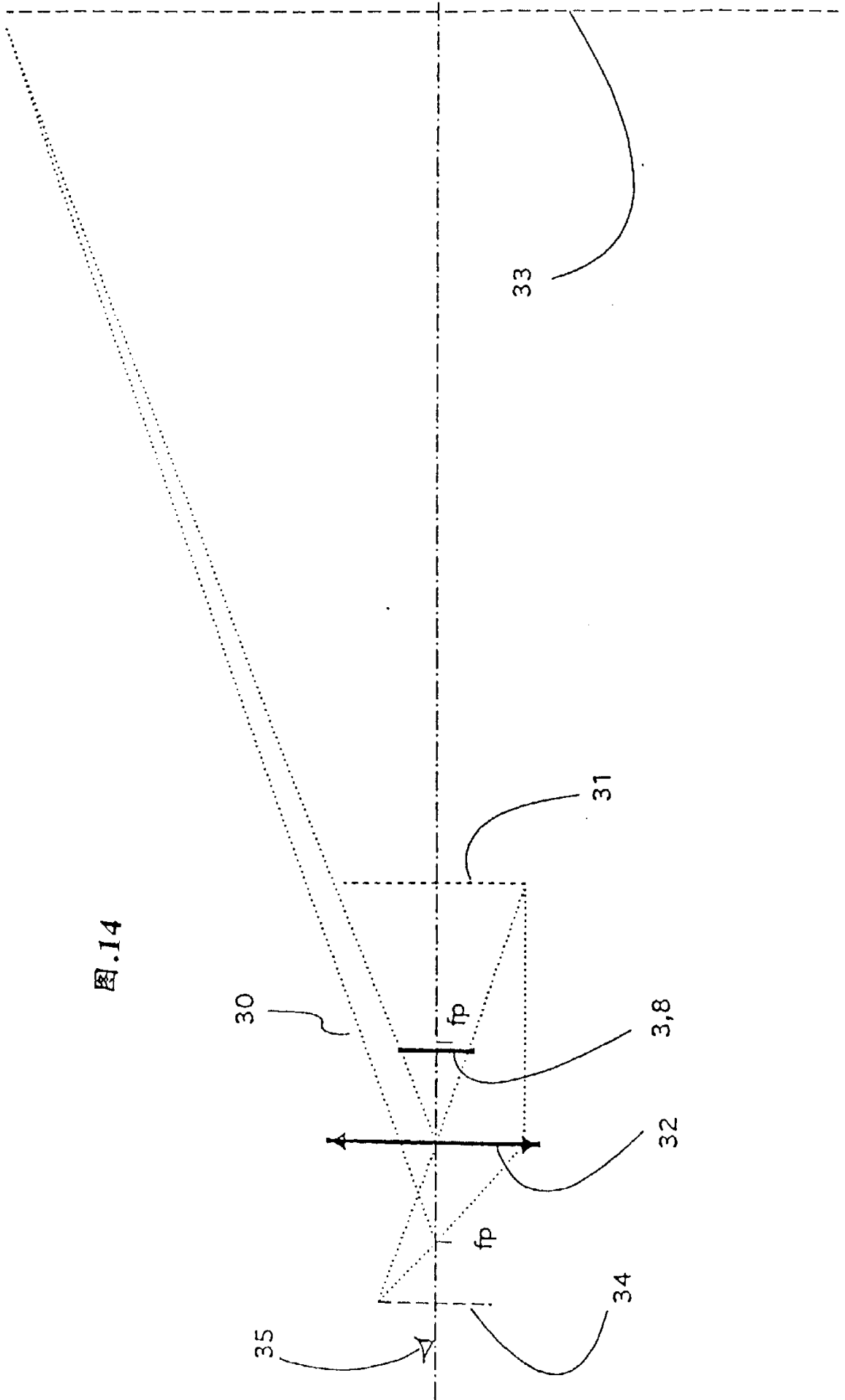


图.13

图.14



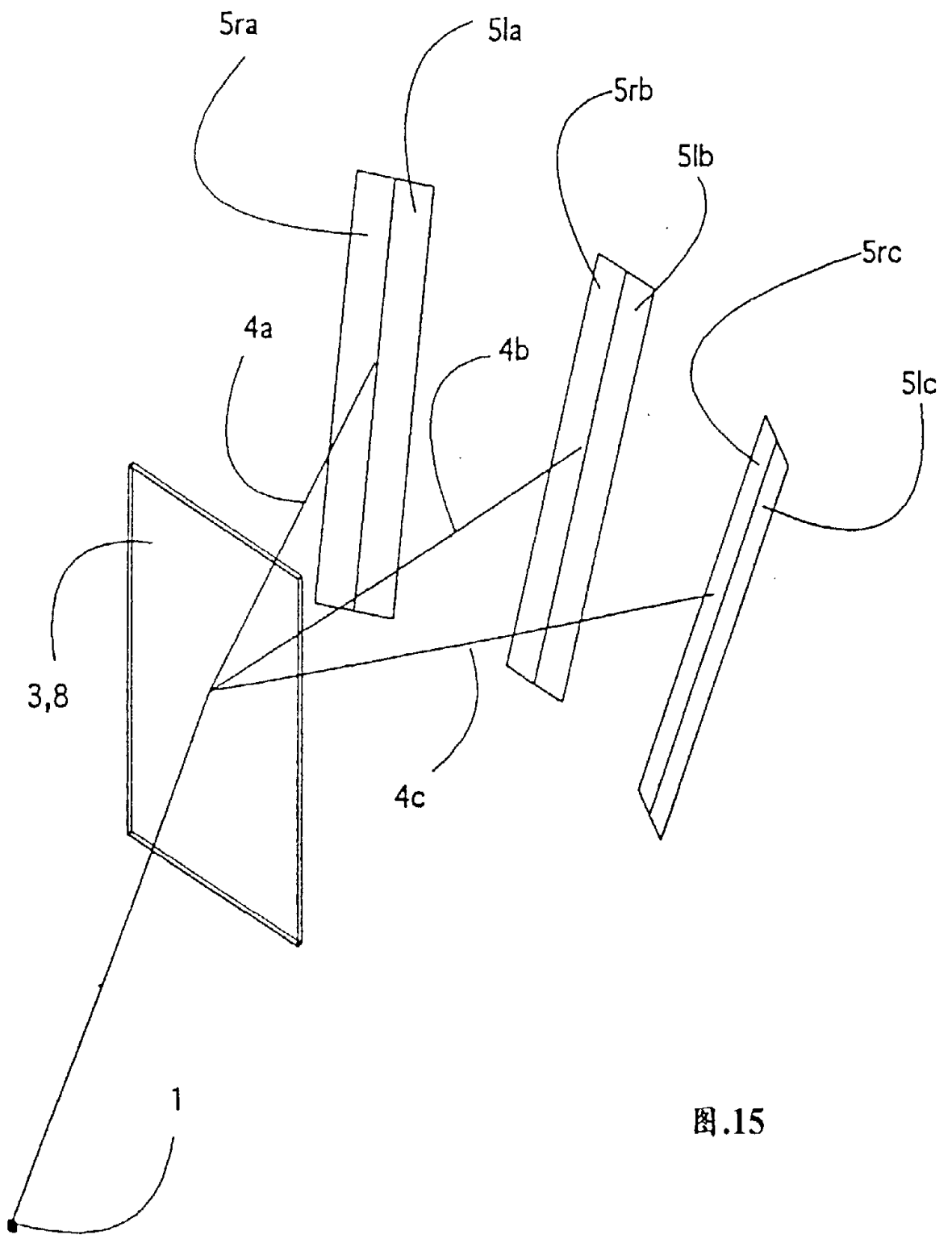


图.15