

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 26/00 (2006.01)

G03B 21/28 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01813608.7

[45] 授权公告日 2008 年 6 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 100392467C

[22] 申请日 2001.8.3 [21] 申请号 01813608.7

[30] 优先权

[32] 2000.8.3 [33] US [31] 09/631,536

[32] 2000.12.7 [33] US [31] 09/732,445

[32] 2000.8.30 [33] US [31] 60/229,246

[86] 国际申请 PCT/US2001/024332 2001.8.3

[87] 国际公布 WO2002/012925 英 2002.2.14

[85] 进入国家阶段日期 2003.1.30

[73] 专利权人 反射公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 A·G·胡伊博斯 F·伊尔科夫

S·帕特儿 P·W·理查兹

J·斯托克顿

[56] 参考文献

US5696619A 1997.12.9

US4592628A 1986.6.3

US5659374A 1997.8.19

审查员 陈亚娟

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 英

权利要求书 3 页 说明书 36 页 附图 52 页

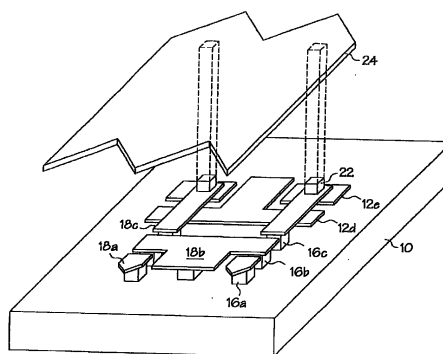
[54] 发明名称

将图像投射到目标物上的方法和系统

[57] 摘要

为了将沿着开关方向的光衍射减小到最小，以及特别将达到收集光学系统的接受光锥区的光衍射减小到最小，在本发明中，采用非矩形的微镜片。同样，为了将照明光学系统的成本并将本发明的显示单元的尺寸减小到最小，光源被设置成与阵列的行(或列)正交，和/或光源被设置成与限定了有效区域的框架的边正交。入射光束，虽然与有效区域的边正交，然而不是与阵列中的任何单个的微镜片边的实质部分正交。正交的边引起入射光束沿着微镜片开关的方向衍射，并且导致光“泄露”进入到“开”状态，即使微镜片是在“关”状态。这个光衍射减小了微镜片的反差比。本发明的微镜片使用的反差比得到改善，并且本发明中的光源对微镜片的布置得到更紧凑的系统。本发明的另一个特征是微镜能够在相反的方向位置(开位置引导光到收

集光学系统)转动到开和关的位置，其中到开位置的移动比到关位置的移动大。本发明的另一特征是微镜片阵列的封装，该封装有一个窗口，该窗口不平行与衬底，在该衬底上构成微镜片。本发明的一个例子包括了所有上面的特性。



1、一种投影系统，包括光源和可移动微镜片元件的阵列，每一微镜片元件具有前边，其不垂直于入射光束，且不垂直于微镜片阵列的有效区域的任何边。

2、如权利要求1所述的投影系统，包括光源和可移动微镜片的矩形阵列，所述微镜片能够在开状态和关状态之间移动，且能够在开状态时反射光到预定的空间区域，其中所述光源设置为：相对于由所述阵列限定的矩形的至少一条边，以90度的角度导引光，且其中当所述微镜片处于所述关状态时，没有衍射光进入该预定的空间区域。

3、如权利要求1或2所述的投影系统，包括光源、可移动微镜片元件的阵列和收集光学系统，其中所述阵列中的每一微镜片元件具有一切换轴，该切换轴平行于所述阵列的有效区域的至少一条边，且相对于所述微镜片元件的一条或多条边成35度到60度的角度。

4、如权利要求1所述的投影系统，包括：

设置为矩形形状的有效微镜片阵列，所述微镜片能够绕介于关状态和开状态之间的切换轴旋转，各所述微镜片对应于被观察图像中的各像素；

用于将光导引到所述微镜片阵列的光源，该光源设置为相对于每一微镜片的至少两条边非垂直地导引光，且当俯视每一微镜片时，相对于每一微镜片的至少其它两条边平行地导引光；

收集光学系统，设置为在开状态时接收来自微镜片的光。

5、如权利要求1所述的投影系统，其中所述光源以垂直于所述微镜片的切换轴的角度来导引光。

6、如权利要求1所述的投影系统，其中在所述微镜片上导引光的

光源设置为：在每一微镜片的前边上的光冲击的角度为 100 度到 150 度。

7、如权利要求 1 所述的投影系统，其中每一微镜片包括一或多个在与该微镜片的旋转轴成 0 度到 90 度角度的方向上延伸的铰链。

8、如权利要求 4 所述的投影系统，其中所述至少两条边位于所述微镜片的前边和 / 或后边上。

9、如权利要求 8 所述的投影系统，其中所述前边或后边为毛边状或锯齿状。

10、如权利要求 1 所述的投影系统，其中在所述组件中的每一平行四边形的宽度大于被导向所述微镜片的光的波长。

11、一种将图像投影到目标上的方法，包括：

引导光束到微镜片的矩形阵列上，被引导的光束与该矩形阵列的前边构成的角度处于 90 度加/减 40 度范围之内，并且所述阵列中的微镜片的形状为多边形，且被定位成使得所述光束以 90 度之外的角度入射到所述多边形的所有的边上；

将来自所述微镜片的光束投影到所述目标上，以便在该目标上形成图像。

12、如权利要求 11 所述的方法，其中所述光束是垂直地入射到所述矩形阵列的前边上的。

13、一种投影系统，包括：

设置为矩形形状的有效微镜片阵列，所述微镜片能够绕介于关状态和开状态之间的切换轴旋转，各所述微镜片对应于被观察图像中的各像素；

用于将光导引到所述微镜片阵列的光源，该光源设置为相对于每一微镜片的至少两条前边非垂直地导引光，且当俯视每一微镜片时，相对于每一微镜片的其它两条边平行地导引光；

收集光学系统，设置为在开状态时接收来自所述微镜片的光。

14、如权利要求 13 所述的投影系统，其中所述光源以垂直于所述微镜片的切换轴的角度来导引光。

15、如权利要求 13 所述的投影系统，还包括设置于所述光源和所述微镜片阵列之间的分色元件。

将图像投射到目标物上的方法和系统

本发明涉及一种可移动的微镜片和微镜片阵列，例如投影显示器。美国专利 5,835,256 号和美国专利申请 09/617,419 披露了用于控制光束的微机电器件 (MEMS)，例如在光学开关中，和/或者用于显示器（例如投影显示器）。一个共同的特性是可以移动的微镜片，以便于依靠微镜片元件的倾角通过不同的角度偏转光束。在一种常规的直观显示系统或者投影显示系统的类型中，反射的微镜片元件用于产生图像。典型的微镜片元件是正方形，并且对于“开”状态具有一个单独的倾角，对于“关”状态是平直的，或者对于“开”状态和“关”状态有同样的倾角，但是有相反符号。

发明概要

为了将沿着开关方向的光衍射减小到最小，特别是将达到收集光学系统 (collection optics) 的接受光锥区的光衍射减小到最小，在本发明中，使用非矩形的微镜片（这里所说的“矩形”包括正方形微镜片）。这里所说的衍射表示周期性结构的光离开的散射，其中光不必须是单色的或者是相位相干的。同样，为了将照明光学系统的成本和本发明的显示单元的尺寸减小到最小，光源被放置成与阵列的行（或者列）正交，并且/或者光源被放置成与框架的一边正交，该框架限定阵列的有效面积。入射光束虽然与行（或者列）以及/或者有效面积的边正交，对于阵列中的单个的微镜片的边正交不是必须的。正交的边引起入射光束沿着微镜片开关的方向衍射，并且导致光“泄露”进入到“开”状态，即使微镜片是在“关”状态。这种光衍射减小了微镜片的反差比。

本发明优化了微镜片阵列的反差比，这样当微镜片在它们的“关”状态时，它们发送最少的光到空间区域，该空间区域就是当微镜片在它们的“开”状态时光被控制到达的区域。更具体地说，本发明包括

一个特别定位的光源和入射光束、和特别设计的在阵列中的微镜片，该微镜片使达到投影（或者观测）光学系统的接受光锥区的光衍射减小到最小，以便提供改进的反差比。通过考虑微镜片的紧配合以及从“关”状态到“开”状态具有低衍射的大的填充系数（fill factor），即使在阵列被沿着微镜片周期的光轴照明时，本发明的排列和结构也将阵列中的非反射面积减小到最小。也就是，通过有角度的边不与微镜片的旋转轴平行，该结构优化了反差比，并且通过铰链（hinge）优化了填充系数，该铰链需要相对小的面积并且允许相邻的微镜片和极少量被浪费的非反射区域一起平铺（tile）。本发明各种各样的例子的微镜片的结构和形状也减小了在微镜片被静电地偏转时相邻微镜片之间的串扰。

本发明的另一个方面是微镜片阵列，在该阵列中单个的微镜片绕着一个平直的或者非偏转的状态不对称地倾斜。通过使微镜片的“关”状态处在一个角度，该角度比在“开”状态的微镜片的相反的角度小，a) 来自微镜片的边缘并进入收集光学系统的衍射光被减到最小；b) 从微镜片的底下被散射并且进入收集光学系统的光也被减到最小；c) 微镜片的行程被减小，这样将邻近的微镜片相互碰撞的可能性减小到最小，这反过来又减小微镜片之间的缝隙以及增加微镜片的填充系数；d) 微镜片偏转的角度能够被增加到更大的范围，该范围比对于开状态和关状态具有同样的偏转角度的微镜片阵列排列的范围更大。

本发明的另一个方面是多个可枢转微镜片的阵列，每一微镜片具有一枢轴，且每一微镜片具有一或多个延长边，其以小于 45 度的角度向枢轴延伸。该角度优选为 30 度到 42.5 度。

本发明的另一个方面是多个可移动微镜片的阵列，每一微镜片具有四条或多于四条边，这些边中的两条相交的角度小于 90 度。该角度优选为 45 度到 85 度。

本发明的另一个方面是微镜片阵列的封装，该封装具有一个能透射光的部分，该部分不平行于微镜片构成在其上的衬底。透射光的部分可以是任何适合的材料，例如玻璃板，石英或者聚合物，并且考虑引导来自透射光的衬底的镜面反射而不是来自在封装中的平行的透射光板引起的镜面反射。最好镜面反射被引导到足够远离收集光学系统

以便照明圆锥体的尺寸的增加将使镜面反射不进入收集光学系统。

本发明还有一个方面是一个投影系统，包括一个被布置成矩形的有效微镜片阵列，该微镜片能够围绕关状态和开状态之间的开关轴转动，微镜片对应于观测图像中的像素；包括一个用于将光引导到微镜片阵列的光源，该光源被设置成以便于引导光不垂直于每个微镜片的至少两条边，并且，当每个微镜片被作为俯视图观测时，平行于每个微镜片的至少另外两条边；包括被布置成接受来自开状态下的微镜片的光的收集光学系统。

本发明的另一个方面是一个投影系统，包括一个微镜片阵列，每个微镜片对应观测图像中的一个像素，并且具有凹多边形或者一个或多个非矩形平行四边形的形状；一个用于将光引导到微镜片阵列收集光学系统的光源，该收集光学系统被布置成接受来自微镜片反射的光。

本发明的另一个方面仍然是一个投影系统，包括一个用于提供入射光束的光源，一个可移动的反射元件的阵列，和一个用于投影来自阵列的光的收集光学系统，其中来自投影系统的投影图像将以矩形图像被显示在目标上，该图像由成千到数百万的像素构成，每个像素的形状是凹多边形、一个单一的非矩形平行四边形、或者非矩形平行四边形的组合。

本发明的另一个方面还是一个投影系统，包括一个光源，一个可移动微镜片元件的阵列，和收集光学系统，其中阵列中的每个微镜片元件具有一个开关轴，该开关轴基本平行于阵列有效面积的至少一条边，并且与微镜片元件的一条或多条边成 35 到 60 度的角度。

本发明的另一个方面是一个投影系统，包括一个光源和一个可移动微镜片元件的阵列，每个微镜片元件具有一条前面的边（leading side），该边不垂直于入射光束，也不垂直于有效面积的任何边，以便其反差比与具有与入射光束相垂直的边的微镜片元件相比增加 2 到 10 倍。

本发明的另一个方面是一个投影系统，包括一个光源，收集光学系统和一个可移动微镜片元件的阵列，该投影系统具有与图 21C 中所示的基本一样的衍射模式（pattern）。

本发明的另一个方面仍然是一个投影系统，包括一个光源和一个

矩形的可移动的微镜片阵列，微镜片能够在开状态和关状态之间移动，并且能够将开状态下的光反射到预定的空间区域，其中光源被布置成以基本 90 度角将光引导到由阵列限定的矩形的至少一条边，并且其中当微镜片在关状态时，基本上没有衍射光进入到预定的空间区域。

本发明的另一个方面是将图像投影到目标上的方法，包括：引导光束到矩形的微镜片阵列，光束被引导成与矩形阵列前面的边成一个角度，该角度在正 90 度加或减 40 度的范围之内，并且其中阵列中的微镜片的形状是多边形而且被定位成以便于光束以不同于 90 度的角度入射到多边形所有的边上；以及将来自微镜片的光投影到目标上以便在其上形成图像。

本发明的另一个部分是一个投影系统，包括一个光源，光收集系统和一个微镜片阵列，该阵列被布置成空间地调制来自光源的光，该阵列形成于衬底上并且构造成使每个微镜片在没有被启动时能够在第一位置上，每个微镜片能够移动到开位置上以将光引导到阵列的光收集系统，并且能够在相反的方向上移动到关位置上以引导光离开光收集系统，所说的开位置和关位置两者均与所说的第一位置不同，并且其中开位置相对于第一位置成一个角度，该角度不同于关位置的角度。

按照本发明的一个优选方面，投影系统是在投影显示器中的微镜片阵列的一部分。该微镜片优选为设置在半导体上或轻型透光衬底上。该衬底优选为硅衬底，其具有供移动微镜片的圆和电极。相对于非变形位置，优选为一个电极供将微镜片静电地移动到开位置，另一电极供将微镜片静电地移动到关位置。微镜片的开和关位置优选为彼此不同，且该不同大于 1 度。微镜片优选为相对于开位置可以旋转至少 12 度，并且能够在相反方向旋转-4 到-10 度。投影系统优选为前或后屏幕投影电视或计算机监视器。微镜片的构造优选为可从所述第一位置绕轴旋转到所述开和所述关位置。微镜片的构造优选为绕一单一轴旋转。收集光学系统优选为单一透镜或用于所有微镜片的透镜组。该微镜片优选是数字寻址(digitally addressed)的。该微镜片优选为用脉冲宽度调制来获得灰度级。该投影系统还优选具有目标物，来自收集光学系统的光入射于该目标物上。光源优选为弧光灯。开和关位置优选为由微镜片撞击的结构来限定。该投影系统还优选具有一屏幕，开和关微镜

片的图案入射于该屏幕上。该投影系统还优选具有一在微镜片阵列上提供一系列连续的色彩的色彩过滤器。该投影系统还优选具有一增进光在阵列上的分布均匀性的装置。该投影系统优选是多个透镜，其设置使得从微镜片阵列来的光的图案投影到目标物上。该投影系统还优选具有一或多个微镜片或透镜，用以将一光锥(cone of light)导向并汇聚到微镜片阵列上。该投影系统还优选是前或后投影显示器。该投影系统优选是一掩膜投影仪(mask projector)，用于光敏感材料的无掩膜图案化。该投影系统优选是在影印系统(photolithography system)中的投影仪。该微镜片优选为能够在相对于衬底的方向上旋转至开位置。并在相对于衬底的相反方向上旋转至关位置。圆和电极优选形成在作为微镜片的相同衬底上。圆和电极优选形成在粘接于所述衬底的第二衬底上。附加电极优选与相邻微镜片电位相同。光源、微镜片阵列和收集光学系统的优选设置将图像投影到目标物上。该目标物优选为观察者的视网膜、图形感知材料或者屏幕。阵列中的所有开微镜片的优选设置，使光同时导引并通过收集光学系统。微镜片阵列优选为封装的微镜片阵列，在封装中具有透光窗口，以允许来自光源的光线入射到微镜片阵列，其中，透光窗口不平行于微镜片阵列的衬底。透光窗口优选相对于微镜片阵列衬底其角度为-2 到-15 度。透光窗口优选相对于微镜片阵列衬底其角度为-3 到-10 度。微镜片阵列优选设置为矩形形状，微镜片能够绕在开状态和关状态之间的切换轴旋转，各微镜片对应于被观察图像的各像素；光源的设置，使得对于每一微镜片的至少两条边非平行地导引光，而且当俯视每一微镜片时，对于每一微镜片的其它两条边平行地导引光。光源优选以大致垂直于各微镜片的轴的角度导引光。该投影系统还优选具有一个设置于光源和微镜片阵列之间的分色元件。光源的优选设置导引微镜片的光，使得在每一微镜片的前面的边的光冲击的角度为 100 度到 150 度。

本发明的另一个方面是一种用于空间地调制光束的方法，包括通过微镜片阵列将来自光源的光束引导到光收集系统，该微镜片阵列设置成空间地调制来自光源的光束，该阵列形成在衬底上并且当不调制时每个微镜片处于第一位置，在阵列中调制微镜片使每个微镜片移动到开位置，在该位置将光引导到阵列的光收集系统，并且移动到关位

置，以引导光离开光收集系统，所说的开位置和关位置两者均不同于所说的第一位置，并且其中开位置相对于第一位置成一个角度的数值不同于在关位置时的角度的数值。

本发明的另一个方面还是一个构成在衬底上的光学微机械元件，该元件在相对于衬底的第一角度数值上具有开位置，在相对于衬底上第二角度的数值上有关位置，第一和第二数值不同，并且具有基本上平行于衬底的第三位置，开位置和关位置都由紧靠着衬底的或者紧靠着形成在所说的衬底上的结构的光学微机械元件所限定。

优选沉淀电极设置在衬底上，微镜片抵靠该衬底而停止于开和关位置。一个沉淀电极优选位于相对于该衬底高于另一个沉淀电极的位置。原始的权利要求 157 的方案，是一种封装，该封装具有对于衬底成角度的窗口。该封装优选为气密的或部分气密的封装。微机械元件在封装内还优选具有分子净化剂(molecular scavenger)。微机械元件在封装内还优选具有静摩擦抑制剂。微机械元件还优选具有弯曲铰链，设置于微镜片元件的平板和衬底之间的缝隙内。微机械元件还优选具有偏转电极，用于将元件偏转到开或关位置。至少一个偏转电极优选设置为供把元件移动到开位置，且至少一个偏转电极设置为供把元件移动到关位置。

本发明的另一个方面仍然是用于调制光的方法，包括反射来自被布置在平面的衬底上的可偏转微镜片阵列的光，所说的微镜片倾斜到第一位置或倾斜到第二位置；在其中在所说的第一位置和衬底之间形成的角度和在所说的第二位置和衬底之间形成的角度明显不同。

本发明的另一个方面是用于调制光的方法，包括一个光源，一个平面的光调制器阵列，该阵列包括可偏转元件和收集光学系统，其中阵列中的元件有选择地配置成至少两种状态，其中在第一状态元件引导来自光源的光经过第一角度进入收集光学系统，在第二状态元件引导来自光源的光经过第二角度进入收集光学系统，第三角度代表光从阵列被反射，如同阵列是微镜片化的表面，其中第一角度和第三角度的差与第二角度和第三角度的差是明显不同的。

本发明的另一个方面是一个投影系统，包括用于提供光束的光源；一个微镜片阵列，该阵列包括多个被设置在该光束路径中的微镜片；

和收集光学系统，该系统设置成在光束入射到微镜片阵列上并且反射离开阵列中的做为开和关微镜片模式的多数微镜片之后、在光束的光路中；其中微镜片阵列包括一个衬底，微镜片阵列被固定在衬底上，在衬底上的每个微镜片能够从非偏转的位置移动到开位置和关位置，其中开位置和关位置相对于非偏转位置成不同的角度。

本发明的另一个部分还是一种用于将图像投影到目标的方法，包括将来自光源的光束引导到微镜片阵列上；调制每个微镜片到开位置或者关位置，其中在开位置中，微镜片引导光到收集光学系统，该系统设置成用于接收当微镜片处于开位置时来自微镜片的光，其中开和关微镜片的图案形成图像；并且其中，在微镜片开位置中微镜片的位置成的角度的数值与在微镜片关位置中微镜片的位置成的角度的数值是不同的。

本发明的另一个部分仍然是用于空间调制光束的方法，包括引导光束到微镜片阵列上，微镜片阵列能够移动到第一或者第二位置，其中在第一位置中微镜片引导入射到其上的光束的一部分进入到收集光学系统，并且其中每个微镜片在第二位置时的相邻微镜片之间的最小距离小于每个微镜片在第一位置时的相邻微镜片之间的最小距离。

本发明的另一个方面是一种装置，包括一个衬底，衬底上构成一个反射的或者衍射的微机械装置；用于固定衬底和可移动微机械装置的封装；在其中封装包括光学透射窗口，该窗口与衬底不平行。

本发明更另一部分是一个投影系统，包括一个光源；光收集光学系统；一个衬底，在该衬底上构成一个反射或者衍射微机械装置；用于固定衬底和可移动微机械装置的封装；其中封装包括与衬底不平行的光学透射窗口；设置在来自光源的光束的路径中的封装的微机械装置用于调制来自该光束的光，并且收集光学系统收集调制过的光。

按照本发明的一个优选方面，透光窗口是显示质量玻璃(display quality glass)。按照本发明的一个优选方面，上述投影系统在第一边还具有用于将衬底和封装进行电连接的连接线。透光窗口还优选比在衬底的相对端部，起自高于衬底上的连接线的衬底的一点处。封装优选为气密的或部分气密的封装。按照本发明的一个优选方面，上述投影系统在封装内还具有分子净化剂。该微机械装置优选为用于空间地调

制光束的微镜片阵列。

本发明更进一步的另一个部分还是一个投影仪 (projector)，包括一个光源，一个封装的微机电 (MEMS) 装置，该微机电装置具有一个衬底和一个在封装内的窗口，在该衬底上有一个微机械装置，该窗口被设置成与衬底成一个角度，还包括收集光学系统，被设置成接收来自光源的被封装的微机电装置 (MEMS) 调制过的光。

本发明的另一个方面是一种用于制造微镜片的方法，包括提供一个衬底；在衬底上沉积第一牺牲 (sacrificial layer) 层并使第一牺牲形成图案 (patterning)；在牺牲层上沉积至少一层铰链 (hinge) 层，并且使至少一层铰链层形成图案以构成至少一个柔性的铰链；沉积第二牺牲层并使第二牺牲层形成图案，在第二牺牲层上沉积至少一层镜片层，并且使至少一层镜片层形成图案以构成一镜片元件，并且移去第一和第二牺牲层以便于释放微镜片。

本发明的另一个方面仍然还是光学微机械装置，包括一个衬底；一个在衬底上的第一柱；一个柔性铰链，其中该柔性铰链的近端在该柱上；一个连接于柔性铰链的远端的第二柱；和一个连接于第二柱上的板。

按照本发明的一个参考方面，上述投影系统还具有设置于光源和微镜片阵列之间的分色元件。微镜片优选具有金属和介电材料。介电材料优选为氮化物，碳化物或硅的氧化物。微镜片优选设置于电路衬底之上。电路衬底优选为 CMOS 衬底。微镜片优选为与上玻璃衬底相连，该上玻璃衬底与下硅衬底相固定。上和下衬底优选通过 UV 或 IR 和/或环氧树脂而固定在一起。优选在大约 1cm^2 到大约 1in^2 的区域内，设有 64,000 到 6,000,000 个微镜片。另外，优选有一矩形掩膜设置于微镜片阵列上或其上方。

按照本发明的一个优选方面，微镜片阵列优选具有四个角部活性微镜片 (active micromirror)，其限定出一个具有四条边的矩形。微镜片优选具有至少四条延长的微镜片边，该微镜片边的一条或多条既不平行也不垂直于由四个角部活性微镜片限定出的矩形的任意一条边。优选没有微镜片边平行或垂直于微镜片矩形阵列的任一条边。优选至少两条微镜片边既不平行也不垂直于微镜片阵列矩形的边，且其中至少

两条微镜片边平行于微镜片阵列矩形的边。每一微镜片优选具有形状的形状为平行四边形或是平行四边形的组合。平行四边形的组合的形状优选呈现为一系列平行四边形，其中每一平行四边形呈现相邻平行四边形的微镜片图像。平行四边形的组合的形状优选呈现为一系列相同的平行四边形。微镜片除大致矩形之外，还优选具有其它形状。

按照本发明的一个优选方面，投影系统具有微镜片的阵列，每一微镜片相应于所观察图像中的一个像素，且具有凹多边形的形状或一个或多个非矩形的平行四边形形状。用于导引光到微镜片收集光学系统的阵列的光源设置为接受自微镜片反射的光。每一微镜片优选具有非矩形的平行四边形形状，或者其形状为彼此相邻设置的非矩形的平行四边形的集合。平行四边形的组合的形状优选呈现为一系列平行四边形，其中每一平行四边形呈现相邻平行四边形的微镜片图像。该形状优选为具有六条边或更多条边、且至少具有一个凹部的凹多边形。

按照本发明的一个优选方面，平行四边形的数量小于 M/λ ，其中 M 是微镜片的宽度， λ 是入射光的波长。平行四边形的数量优选小于 $0.5M/\lambda$ 。平行四边形的数量优选小于 $0.1 M/\lambda$ 。微镜片优选具有 6 或更多条延长的直边。该 6 或更多条延长的直边优选形成一个具有至少一个突出和切断(one projection and cut-out)的形状。微镜片优选具有 8 条或更多条边。突出和切断形成三角形形式。该突出优选构成一个 70 度到 120 度的外角，该切断构成一个相应的 70 度到 120 度的内角。微镜片优选具有和正方形形状基本不同的形状。微镜片优选具有至少两个在 35 度到 60 度之间的外角。微镜片优选具有既不平行也不垂直于矩形的有效区域的各边的直边。每一微镜片优选具有带有 4 条边和 4 个角的凹多边形形状。

按照本发明的一个优选方面，阵列具有大致矩形的形状，且具有至少 1,000 个微镜片，其中各微镜片为凹或凸的多边形，且其中多边形微镜片的各边不平行于大致矩形的有效区域的各边。微镜片优选具有至少 4 条大致直的边，其中没有一条边平行于矩形有效区域的前面的边或后面的边(leading or trailing sides)。阵列优选具有四个角部微镜片，该四个角部微镜片在连接起来后形成该阵列的矩形形状。微镜片优选具有平行于矩形阵列的至少两条边的切换轴。每一微镜片优选具有平

行四边形形状，或若干平行四边形的集合的形状。微镜片优选具有 5 条或更多条延长直边。微镜片优选具有 6 条或更多条边，以形成具有至少一个突出和切断的形状。微镜片优选具有 8 条或更多条边。突出和切断优选形成三角形形式。该突出优选构成一个 70 度到 120 度的外角，该切断构成一个相应的 70 度到 120 度的内角。微镜片优选为至少两条多边形的边形成的夹角小于 90 度。微镜片优选为至少两条多边形的边形成的夹角为 35 度到 60 度之间。每一微镜片优选具有 1 到 10 个平行四边形的集合的形状。微镜片优选具有与有效区域的边成 35 度到 55 度的边。

按照本发明的一个优选方面，投影系统具有：提供入射光束的光源、可移动反射单元的阵列、和从该阵列中投影光的收集光学系统，其中从投影系统投影出的图像将以矩形图像的形式出现在目标物上，该图像形成自数千到数百万个像素，每一像素的形状为凹多边形、单一非矩形的平行四边形、或多个非矩形的平行四边形的集合。在被投影图像中的每一像素优选为具有 4 条边和 4 个角的凹多边形。像素的边优选为均不平行于矩形被投影图像的至少两条边。至少两条像素的边不平行于且不垂直于被投影图像的边，且其中至少两条像素的边平行于且垂直于被投影图像的边。至少一条像素边优选沿着一个方向延伸，与被投影图像各边中的一条边形成一个 35 度到 85 度的角度。至少两条像素边优选沿着一个方向延伸，与被投影图像各边中的一条边形成一个 35 度到 55 度的角度。

下面参照附图来描述本发明的实施方案，附图中：

图 1 是本发明的微镜片的一个实施例的俯视图；

图 2A 到图 2E 是本发明用于制造微镜片的一种方法的横截面视图，取自沿着图 1 的线 2-2；

图 3A 到 3B 是示于图 2A 到图 2E 相同的方法的横截面视图，但是取自沿着图 1 的线 3-3；

图 4A 到图 4J 是横截面视图，示出了本发明用于制造微镜片的另一种方法；

图 5A 到图 5G 是横截面视图，示出了按照本发明用于制造微镜片

的又一种方法；

图 6A 到 6C 是不同形状的微镜片和铰链组合的平面视图；

图 7 是具有多个与图 6A 中相同的微镜片的微镜片阵列的一部分的平面视图；

图 8 是本发明的一个实施例的部分分解的立体视图；

图 9A 到 9C 是横截面视图，示出了图 8 的实施例的微镜片的动作；

图 10A 到 10D 是仍然依照本发明的另一个实施例的过程的横截面视图；

图 11A 到 11C 是横截面图，示出了依照在图 10A 到 10D 中阐明的方法制造的微镜片的动作。

图 12 是依照图 11A 到 11C 的方法构成的微镜片阵列中的多个微镜片的平面视图。

图 13 是图 12 的微镜片的部分分解的立体视图。

图 14A 到 14C 示出了具有平坦的非偏转的“关”状态微镜片。

图 15A 到 15C 示出了具有相等角度的偏转的“开”和“关”状态微镜片。

图 16A 到 16C 示出了“开”状态的角度大于“关”状态的角度微镜片。

图 17A 到 17E 示出了微镜片的封装装置，该封装装置具有成角度的窗口。

图 18 是本发明的微镜片阵列的照明系统的例图。

图 19A 到 19E 示出了入射光、微镜片的边、和有效面积的边之间的关系。

图 20 是现有技术的微镜片阵列的实例图。

图 21 和图 22 是本发明的实施例的图，在其中正方形的微镜片与有效面积的边成一个角度。

图 23 到图 25 示出了微镜片，其中，微镜片的“前边缘”和“后边缘”不垂直于入射光束。

图 26A 到 26F 和 27A 到 27F 是具有一个或多个平行四边形形状微镜片的例图。

图 28 是单个微镜片的例图。

图 29 是微镜片阵列的例图，该微镜片阵列具有垂直于入射光束的前和后边，还具有与入射光束成 45 度角的另一部分。

图 30 和 31 是微镜片阵列的例图，其中微镜片没有边平行于或者垂直于入射光束和阵列的有效区域的边。

图 32A 到 32J 是具有相应的铰链结构的微镜片的例图。

图 33A 到 33C 是衍射图案的例图，该衍射图案具有通过收集光学系统（33A）的接受光锥区的衍射线条，并且避开接受光锥区（33B 和 33C）。

用于微制造可移动的微镜片或者微镜片阵列的方法披露在美国专利 5,835,256 号和 6,046,840 号中。用于构成本发明的微镜片的一种相似的方法示于图 1 到图 3 中。图 1 是本发明的微镜片的一个实施例的俯视图。正如在图 1 中所能够看到的，柱 21a 和 21b 通过在衬底上面的铰链 120a 和 120b 支撑微镜片板 24，该衬底具有在其上的电极（没有表示出），电极用于引起微镜片板 24 的偏转。虽然没有在图 1 中示出，但是将在这里进一步讨论，成千甚至数百万的微镜片 24 能够被设置在阵列中，用于反射其上的入射光束并投影图像到观察器或者目标/荧光屏。

微镜片 24 和阵列中的其他微镜片能够用很多种不同的方法被制造。其中一种方法示于图 2A 到图 2E 中（取自沿着图 1 的横截面 2-2），其中微镜片最好被制造在透射光的衬底上，该衬底然后与电路衬底结合在一起。这种方法被进一步披露在美国专利临时申请 60/2,292,46 号中，和美国专利申请 09/7,324,445 号中。虽然该方法将被连同透射光的衬底一起被描述，但是任何其它合适的衬底也能够被使用，例如具有电路的半导体衬底。如果半导体衬底例如单晶硅被使用，也许最好将微镜片的柱带电地连接到集成电路 IC 过程中的金属的 3 层，并且使用导电的材料作为微镜片的至少一部分。直接在电路衬底上构成微镜片的方法（代替在分离的透射光衬底上）将被在此更详细地讨论。

如同在图 2A 中所能够看到的，透光的衬底 13（至少在其上增加层之前）例如玻璃（例如 Corning 1737F 或者 Eagle2000），石英，Pyrex™，蓝宝石等等被提供。透光的衬底可以将选择的光阻隔层添加到它的下

边以帮助在加工期间处理衬底。这样的光阻隔层可以是 TiN 层, 该 TiN 层是通过反作用的溅射成 2000 埃的厚度沉积到透射光的衬底的后边, 该 TiN 层一旦加工完成后将被除去。衬底可以是任何形状和尺寸, 虽然用在集成电路制造中的标准晶片的形状是被优选的。

如同在图 2A 中所能够看到的, 一个牺牲层 14, 例如非晶硅, 被沉积。牺牲层可以是其它适合的材料, 该材料以后能够从微机械结构材料 (例如 SiO₂, 多晶硅, 聚酰亚胺, 酚醛清漆等等) 下清除。牺牲层的厚度范围很宽, 取决于可移动元件/微镜片的尺寸和所需要的倾角, 虽然厚度从 500 埃到 50000 埃, 但是最好是大约 5000 埃。作为非晶硅的替代物, 牺牲层能够是许多聚合物的任意一种, 光致抗蚀剂 (photoresist) 或者其他有机材料 (或者甚至多晶硅, 氮化硅, 二氧化硅等等, 取决于所选择的对蚀刻剂有抵抗力的材料, 和所选择的蚀刻剂)。选择的粘和增进剂 (adhesion promoting) (例如 SiO₂ 或者 SiN) 可以在沉积牺牲材料之前被应用。

为了在衬底 13 和后面沉积的微机械结构层之间提供接触区域, 具有宽度 “d” 的孔 6 被形成在牺牲层中。通过在光致抗蚀剂上旋转并且引导光通过掩膜以增加或减少抗蚀剂的溶解性 (取决于抗蚀剂是正抗蚀剂还是负抗蚀剂) 来形成孔。尺寸 “d” 的大小可以从 0.2 到 2 微米 (最好大约是 0.7 微米), 取决于最终的微镜片和微镜片阵列的尺寸。当显影抗蚀剂以除去孔的区域中的抗蚀剂之后, 孔被氯或者其它合适的蚀刻剂 (取决于牺牲的材料) 蚀刻在牺牲层的非晶硅中。剩余的光致抗蚀剂然后被除去, 例如用氧的等离子体。在牺牲层中的孔可以是任何合适的尺寸, 虽然优选具有从 0.1 到 1.5 μm 的直径, 更优选的是大约 0.7 $\pm$ 0.25 μm 。蚀刻一直进行到玻璃/石英衬底, 或者直到任何中间层, 例如粘和增进剂层, 如果透射光的衬底完全被蚀刻, 最好是在小于 2000 埃的数量。如果牺牲层 14 是能直接形成图案的材料 (例如酚醛清漆 (novolac) 或者其它的光敏光致抗蚀剂), 那么被沉积和被显影在牺牲层 14 之上的附加的光致抗蚀剂层是不需要的。在这样的情况下, 光致抗蚀剂的牺牲层被形成图案以除去在孔 6 的区域中的材料, 并且然后在沉积附加层之前被有选择地变硬。

在这一点上, 如同在图 2B 中所能够看到的, 第一结构层 7 被例如

化学蒸汽 (vapor) 沉积作用沉积。优选该材料是被 LPCVD (低气压化学蒸气沉积) 或者 PECVD (等离子体增强的化学蒸气沉积) 沉积的氮化硅或者氧化硅, 然而任何适合的薄膜材料例如多晶硅, 金属或者金属合金, 碳化硅或者有机化合物能够被沉积在这点 (当然牺牲层和蚀刻剂应该适合于所使用的结构材料)。第一层的厚度因可移动元件的尺寸和所需要的元件硬度的大小而可以变化, 然而在一个实施例中该层具有从 100 埃到 3200 埃的厚度, 更优选的是在 900 埃到 1100 埃之间。如同在图 2B 中所能够看到的, 层 7 延伸到在牺牲层中蚀刻的孔里。

如同在图 2C 中所能够看到的, 第二层 8 被沉积。材料可以和第一层的材料相同 (例如氮化硅) 或者是不同的 (氧化硅、碳化硅、多晶硅等等), 并且能够被如同用于第一层的化学蒸气沉积作用沉积。第二层的厚度可以比第一层大或者小, 取决于可移动元件所需要的硬度, 铰链所需要的柔性, 所使用的材料等等。在一个实施例中, 第二层的厚度从 50 埃到 2100 埃, 并且优选大约是 900 埃。在另一个实施例中, 第一层被 PECVD 沉积而第二层被 LPCVD 沉积。

在示于图 2A 到 2E 中的实施例中, 第一层和第二层都被沉积在限定了可移动 (微镜片) 元件和柱的区域中。根据想得到的用于微镜片元件的硬度, 在微镜片元件的区域中的只沉积第一层或者第二层中的任何一层也是可能的。同样地, 也可以用单独的层以代替 7、8 两层来用于整个的微结构区域, 虽然这能涉及板的硬度和铰链的易弯曲性的折中。同样地, 如果一个单独的层被使用, 构成铰链的区域能够被部分地蚀刻以降低在这个区域中的厚度并提高因而引起的铰链的易弯曲性。使用超过两层来产生分层的 (laminated) 可移动元件也是可能的, 这在可移动元件的尺寸被增加例如用于在光学开关中开关光束是特别希望的。用于这样的层或者多层的材料也可以包括金属合金和电介质材料或者金属和氮、氧、碳的化合物 (特别是过渡金属)。一部分这些可选择材料披露于美国专利申请 60/228,007 号。

如同在图 2D 中所能够看到的, 一个反射层 9 被沉积。反射材料可以是金、银、钛、铝或者其它的金属, 或者多于一种金属的合金, 虽然优选是通过 PVD 沉积的铝。金属层的厚度能够从 50 埃到 2000 埃, 最好大约是 500 埃。可以添加一个可选择的金属钝化层, 例如一个通过

PECVD 沉积到 9 层上面的 10 到 1100 埃的氧化硅层。其它的金属沉积技术也可以用于沉积金属层 9, 例如化学液体沉积作用和电镀。沉积 9 层之后, 光致抗蚀剂被旋转并形成图案, 跟着是用合适的金属蚀刻剂蚀刻金属层。在铝层的情况下, 氯(或者溴)化学物质能够被使用(例如用具有可选择的最好是惰性的稀释的例如 Ar 和/或者 He 的 Cl_2 和 / 或者 BCl_3 (或者 Cl_2 、 CCl_4 、 Br_2 、 CBr_4 等等)的等离子体/RIE 蚀刻)。应该注意反射层不需要最后被沉积, 但是更合适能够被直接沉积在牺牲层 14 上, 在形成微镜片元件的其它层之间, 或者作为形成微镜片元件的唯一的层。然而, 在一些方法中, 由于在较高的温度下电介质被沉积, 也许需要沉积电介质层之后沉积金属层。

涉及图 2E, 第一层和第二层 7、8 能够在反射层之后用已知的蚀刻剂或者蚀刻剂的组合(取决于所使用的金属和需要的各向同性的等级)被蚀刻。例如, 第一层和第二层能够被用氯化学或者氟化学(或者其它的卤化物)(例如用 F_2 、 CF_4 、 CHF_3 、 C_3F_8 、 CH_2F_2 、 C_2F_6 、 SF_6 等等的等离子体/RIE 蚀刻, 或者更多的类似上述的、或者附加的气体的组合, 例如 CF_4/H_2 、 SF_6/Cl_2 或者使用超过一种蚀刻种类的气体, 例如 CF_2Cl_2 , 所有的可能都带有一种或者多种可选择惰性稀释,)蚀刻。当然, 如果不同的物质用于第一层和第二层, 那么使用不同的蚀刻剂来蚀刻每一层(根据所使用的材料在本领域中已知的等离子体蚀刻化学)。如果反射层在第一层和第二层之前被沉积, 所使用的蚀刻化学应被颠倒。或者, 取决于所使用的材料, 所有的层能够被一起蚀刻。示于图 2E 的具有宽度“e”的缝隙 20a 和 20b 用于把柱 21 与微镜片体 22 分开。

图 3A 到 3D 示出了取自沿着不同的横截面(在图 1 中的横截面 3-3)的相同的过程, 并且示出了透射光的衬底 13, 在该衬底上沉积了牺牲层 14。在牺牲层 14 上沉积了结构层 7。如同在图 3B 到 3C 中所能看到的, 层 7 的一部分在附加层 8 和层 9 之前被除去。这个被除去的部分在构成铰链的区域中以增加铰链区域的柔性。以这种方式的使铰链区域的“变薄”, 在美国临时专利申请 60/178,902 号中被提出, 还在美国专利申请 09/767,632 中被提出。除去层 7 和层 8 的部分并且层 9 被添加之后, 跟着是如同上面提出的层 7、层 8 和层 9 的图案的形成。如同

在图 3D 中所能够看到的, 铰链 23 的宽度 “a” 从 $0.1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$, 优选为大约 $0.7\mu\text{m}$ 。铰链 23 被缝隙 “b” 彼此分开, 被缝隙 “c” 与邻近的微镜片板分开, 缝隙 “c” 的宽度 “a” 也可以从 $0.1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$, 优选为大约 $0.7\mu\text{m}$ 。

上面一般提及的处理步骤, 能够被以多种方式实现。例如, 玻璃晶片 (例如 Corning1737F, Eagle2000, 石英或者蓝宝石晶片) 能够被提供并且在其背面被涂以 2000 埃的厚度的不透明的涂层, 例如 Cr, Ti, Al, TaN, 多晶硅, 或者 TiN, 或者其它的不透明的涂层, 这是为了使透明衬底临时的不透明而用于处理。然后, 依照, 图 1-4, 一个可选择的粘和层被沉积后 (例如带有硅的不饱和键的物质, 如, SiN_x -或者 SiO_x , 或者导电材料, 例如玻璃态石墨, 或者氧化锡铟), 然后氢化的非晶体硅的牺牲材料在等离子体增强的化学蒸气沉积系统中, 以 5000 埃的厚度被沉积 (气体= SiH_4 (200sccm), 1500sccm 的 Ar, 功率=100W, 压力=3.5T, 温度= 380°C , 电极间距=350mil; 或者气体=150sccm 的 SiH_4 , 100sccm 的 Ar, 功率=55W, 压力=3Torr, 温度= 380°C , 电极间距=350mil; 或者气体=200sccm 的 SiH_4 , 1500sccm 的 Ar, 功率=100W, 温度= 300°C , 压力=3.5T; 或者在这些设置之间的其它的处理点) 在透明的晶片上, 例如应用材料公司 (Applied Materials) 的 P5000。或者牺牲的材料能用美国专利 5,835,256 号中提出的线, 在 560°C 下被 LPCVD 沉积。或者, 牺牲材料能够通过溅射被沉积, 或者可以是包含有机物质的不含硅材料 (后面将被除去, 例如等离子体氧化灰)。a-SiN 被形成图案 (光致抗蚀剂并用氯化学被蚀刻, 例如 Cl_2 、 BCl_3 和 N_2), 以便于形成用于将玻璃衬底和微镜片孔固定在一起的孔。用于在微镜片中产生硬度并用于将微镜片连接到玻璃上的第一氮化硅层, 通过 PECVD 被沉积 (射频 RF 功率=150W, 压力=3Torr, 温度= 360°C , 电极间距=570mil, 气体= $\text{N}_2/\text{SiH}_4/\text{NH}_3$ (1500/25/10); 或者射频 RF 功率=127W, 压力=2.5Torr, 温度= 380°C , 气体= $\text{N}_2/\text{SiH}_4/\text{NH}_3$ (1500/25/10sccm), 电极间距=550mil, 或者其它的处理参数可以被使用, 例如, 功率在 175W 和压力在 3.5Torr) 到 900 埃的厚度, 并且被形成图案 (压力=800mT, 射频 RF 功率=100 到 200W, 电极间距=0.8 到 1.1mm, 气体= $\text{CF}_4/\text{CHF}_3/\text{Ar}$ (60 或 70/40 到 70/600 到 800sccm, $\text{He}=0$ 到 200sccm),

以便除去微镜片铰链形成的区域中的氮化硅。接着,第二氮化硅层通过 PECVD 以 900 埃的厚度被沉积(射频 RF 功率=127W,压力=2.5T,温度=380℃,气体=N₂/SiH₄/NH₃ (1500/25/10sccm),电极间距=550mil)。然后,铝以 500 埃的厚度并在 140℃到 180℃的温度被溅射到第二氮化硅层,功率=2000W,Ar=135sccm。或者,代替铝的金属可以是铝合金(Al-Si (1%), Al-Cu (0.5%) 或者 AlSiCu 或者 AlTi)以及注入的铝或者目标掺杂的铝。铝被用氯化学(压力=40mT,功率=550W,气体=BCl₃/Cl₂/N₂=50/15/30sccm)在 P5000 中形成图案。然后, SiN 层被蚀刻(压力=100mT,功率=460W,气体=CF₄/N₂ (9/20sccm)),跟着在等离子体中在 H₂O+O₂+N₂ 化学中灰化。接着,剩余的结构被 ACT 清洗(丙酮+DI 晶片溶液)并且被旋转干燥。(这个清洗可以用 EKC 技术的 EKS265 光致抗蚀剂剩余物清除剂或者其它基于清洁剂的溶液)。抗蚀剂涂在其上面具有微结构的晶片上之后,背面的 TiN 在等离子体中被 BCl₃/Cl₂/CF₄ 化学蚀刻(或者其它的来自金属蚀刻剂的 CRC 手册的金属蚀刻剂),或者被抛光或者用 CMP 碾碎,或者使用酸性蒸汽例如 HF 清除—接着是第二次的 ACT 清除(丙酮+DI 晶片溶液)和第二次旋转干燥。晶片被分成单独的小片,并且每个小片被暴露给 300W 的 CF₄ 等离子体(压力=150Torr,用于 60 秒的 85sccm,接着是在 He, XeF₂ 和 N₂ 中的 300 秒的蚀刻(蚀刻压力 158Torr))。蚀刻通过在大约 400Torr 的 N₂ 的气室中提供小片被完成。第二区域/气室具有在其内的 3.5Torr 的 XeF₂ 和 38.5Torr 的 He。两个区域/气室之间的屏障被除去,造成了组合的 XeF₂、He 和 N₂ 的蚀刻混合物。

或者,透明的晶片(例如 Corning1737F)在玻璃晶片的背面被涂以厚度为 2000 埃的 TiN。然后,依照图 1-4,在没有粘和层的情况下,氢化的非晶硅的牺牲层在应用材料公司的 P5000 中被以 5300 埃的厚度沉积(功率=100W,压力=3.5T,温度=300℃,SiH₄=200sccm,Ar=1500sccm,或者压力=2.5Torr,功率=50W,温度=360℃,电极间距=350mil,SH₄流=200sccm,Ar流=2000sccm)在玻璃晶片上。a-Si 被形成图案(光致抗蚀剂和被氯化学蚀刻,例如 Cl₂, BCl₃ 和 N₂-500W),以便于形成用于将微镜片固定到玻璃衬底的孔。用于在微镜片中产生并用于将微镜片连接到玻璃上的第一氮化硅层,通过 PECVD 被沉积

(压力 = 3Torr, 1500W, 360 °C, 缝隙 = 570, SiH₄=25sccm, NH₃=10sccm, N₂=1500sccm) 到 900 埃的厚度, 并且被形成图案 (CF₄/CHF₃), 以便除去微镜片铰链将被形成的区域中的氮化硅。接着, 第二氮化硅层通过 PECVD 以 900 埃的厚度被沉积 (和沉积第一层相同的条件)。然后, 铝被以 500 埃的厚度 (150C) 溅射到第二氮化硅层。或者, 代替铝的金属可以是铝合金 (Al-Si (1%), Al-Cu (0.5%) 或者 AlSiCu 或者 AlTi) 以及注入的铝或者目标掺杂的铝。铝被用氯化学 (BCl₃, Cl₂, N₂) 在 P5000 中形成图案。然后, SiN 层被蚀刻 (CHF₃, CF₄), 跟着在隔开的灰化器中灰化 (在 250C 的 O₂, CH₃OH)。接着, 剩余的结构被用 EKC 技术的 EKS265 光致抗蚀剂剩余物清除剂清除。在抗蚀剂涂在其上面具有微结构的晶片上之后, 背面的 TiN 在等离子体中被 SF₆/Ar 蚀刻, 接着是第二次的清除和第二次旋转干燥。

在晶片衬底上沉积了牺牲层和结构层之后, 晶片被分成单独的小片, 并且每个小片然后被放置在 Dryrec parallel plate RF 等离子体反应器中。100sccm 的 CF₄ 和 30sccm 的 O₂ 流向等离子体室, 该等离子体室在大约 200mtorr 下工作 80 秒。然后, 小片在 143Torr 的蚀刻压力下 (组合的 XeF₂、He 和 N₂) 被蚀刻 300 秒。蚀刻通过在大约 400Torr 的 N₂ 的气室中提供小片来实现。第二区域/气室具有在其内具有 5.5Torr 的 XeF₂ 和 20Torr 的 He。在两个区域/气室之间的屏障被除去, 造成组合的 XeF₂、He 和 N₂ 的蚀刻混合物。上面的步骤也能够在一个 300W 功率、CF₄ (150Torr、85sccm)、工作 120 秒的平行板等离子体蚀刻器中完成。第二蚀刻 (化学的, 非等离子体的) 的附加的特性披露在于 1999 年 10 月 26 日提交的 Patel 等人的美国专利申请 09/427,841 中, 和美国专利申请 09/649,569 中。

虽然每个微镜片的铰链能够如同上面所提出的, 在和微镜片元件 (用于微镜片体的层 7, 8 和 9 对图 3 中的用于微镜片铰链的层 8 和 9) 相同的平面中基本上形成, 但是它们也能够不同的平面上与微镜片元件分开地构成并且平行于微镜片元件, 并且做为一个单独的处理步骤的一部分 (第二牺牲层材料沉积之后)。这个放在上面的类型的铰链在前面提到的美国专利 6,046,840 的图 8 和图 9 中被披露, 并且更详细地披露在美国专利申请 09/631,536 中。无论是如图中一样与一层牺牲

层一起构成，还是如放在上面的的铰链一样用两层（或者更多）牺牲层构成，这样的牺牲层都要像下面将要讨论的一样被用各向同性的蚀刻剂除去。微镜片的“释放”能够在接着上面描述的步骤被立即完成，或者能够在与第二衬底上的电路组合之前被立即完成。如果电路、电极和微镜片不是构成在同一个衬底上，那么像上面所提出的在透光的衬底上构成微镜片之后，第二衬底被提供，该衬底包括在衬底（例如硅晶片）上面的金属层（例如金属 3）上的大电极阵列。如同在图 11A 中所能看到的一样，像上面讨论的在其上构成了微镜片 44 的阵列的透光衬底 40，被结合到第二衬底 60 上，第二衬底具有在电压 V_o 、 V_a 、 V_b 下的电路和电极，电路和电极作为最后一层形成在衬底上。（每个微镜片一个单独的电极也能够被用于带有单一的移动方向的微镜片的实施例，例如在图 1 中被阐明的。）微镜片 44 通过分隔器（spacer）41（例如与每个微镜片邻近的光致抗蚀剂间隔器和/或把衬底 40 结合到衬底 60 时沉积在环氧树脂之内的间隔器。）与衬底 60 上的电极保持分离。在电路衬底上的一个或多个电极静电地控制微显示器像素点（pixel）（在上面的光透射传输衬底上的一个微镜片）。在背面表面上的每个电极上的电压，决定它对应的微显示器的像素是光学“开”还是“关”。从而在微显示器上构成可见的图像。用于产生脉宽调制的灰度级或彩色图像的背面和方法的细节在美国专利 09/564069 号中被披露。第一衬底和第二衬底的组合在前面涉及到的 Llkov 等人的专利申请中被详细地示出，很多不同类型的晶片的结合在本领域中是已知的。如粘合、阳极化、光晶体的融合、微波焊料和热压结合。

本发明的微镜片的释放，根据所使用的牺牲材料的类型的处理类型，可以是单步骤的或者多步骤的处理。在本发明的一个实施例中，第一蚀刻的完成具有相对较低的选择率（例如低于 200:1，优选低于 100:1，更优选低于 10:1），而接着的第二蚀刻具有较高的选择率（例如高于 100:1，优选高于 200:1，更优选高于 1000:1）。这样的双蚀刻在美国专利申请 60/293,032 号中被更进一步的示出。当然，其他的释放方法能够被使用，取决于牺牲材料。例如，如果光致抗蚀剂或者其他的有机材料是牺牲材料，氧等离子体灰化或超临界液体释放能够被使用。包含纯氧的等离子体能够产生腐蚀有机物的物质以形成作

为产品的 H_2O 、 CO 和 CO_2 ，并且不蚀刻 SiO_2 、 Al 或者 Si 。或者如果牺牲材料是 SiO_2 ，那么例如各向同性的干燥蚀刻剂（ CHF_3+O_2 ， HF_3 或 SF_6 ）能够被使用。如果牺牲材料是氮化硅，那么氟原子能够被用来各向同性地蚀刻氮化硅（例如 CF_4/O_2 ， CHF_3/O_2 ， CH_2F_2 或者 CH_3F 等离子体）。如果牺牲材料是非晶硅，那么以 XeF_2 ， BrF_3 或者 BrCl_3 形式的氟原子能够被使用，如果牺牲材料是铝，那么氟原子（ BCL_3 ， CCl_4 ， sicl_4 ）能够被使用。当然任何蚀刻剂（和牺牲材料）将根据蚀刻所需要凹进的量至少被部分地选择。

另一个用于形成微镜片的过程示于图 4A 到 4J 中。如同在图 4A 中所能看到的，衬底 30（这能够是任何适合的衬底，例如玻璃/石英衬底或者半导体电路衬底）在其上沉积了牺牲材料 31。任何适合的牺牲材料能够被使用，优选是在被蚀刻的材料和牺牲材料之间有大的蚀刻选择率的材料。一种可能的牺牲材料是一种有机的牺牲材料，例如光致抗蚀剂或者其他的有机材料，例如在 2001 年 6 月 15 日提交的 Reid 等人的美国专利申请 60/298,529 中所提出的。根据确切的结构层的组成，其他已知的微机电（MEMS）牺牲层，例如非晶硅或者 PSG 能够被使用。如果牺牲材料不是能直接形成图案的，那么光致抗蚀剂层 32 被添加并且被显影以形成一个或多个孔径（图 4B）。然后如在图 4C 中所看到的，孔径 34 被蚀刻到牺牲材料 31 中并且光致抗蚀剂 32 被除去。如同在图 4D 中所能看到的，一个（最好是导电的）层 35 被沉积，这将最终至少构成 1 用于 MEMS 器件（在这个例子中是微镜片结构）的柔性部分。层 35 也能够形成用于将微镜片固定到衬底上的柱 36，或甚至微镜片体的全部或部分。如同将在此更进一步讨论的，本发明的优选实施例中的导电层 35 包括金属 - 硅、铝、硼 - 氮，优选金属是过渡金属，特别是后面的过渡金属。层 35 也可以是多（最好导电）层。或者在多个其它类型的层之间的导电层。（结构的电介质层、反射层、抗静摩擦层等等）。层 35 不必是导电的，并且根据恰当的方法、目标材料和沉积过程中所使用的气体，层 35 也能够绝缘的。

图 4E 显示了光致抗蚀剂 37（形成图案的）的附加部分，其后跟着一部分氮化物层 35 的蚀刻和除去光致抗蚀剂（图 4F）。然后，如同在图 4G 中所能看到的，微镜片结构材料层 38 被沉淀。该材料可以是

导电的或绝缘的，并且可以是多层。如果材料是单一的层，最好是反射的（例如铝层或者金层或者金属合金层）。然后，如同在图 4H 中所能看到的，光致抗蚀剂 39 被添加并且被显影，接着是蚀刻除去层 38 的部分（例如在将进行弯曲操作的部分区域）。最后，如同在图 4J 中所能看到的，牺牲层被除去以释放微机电装置以便于 MEMS 自由固定在衬底上。在图 4 中没有示出形成在衬底 30 上或内部（如果衬底是电路衬底）的电路和在衬底 30 上的光阻隔层，该阻隔层用于改进衬底的自动处理（如果衬底是透光衬底，例如玻璃，石英，蓝宝石等等）。

如同从图 4A 到 4J 中所能看到的，一个自由直立的 MEMS 微机电结构被形成在层 35 以构成 MEMS 装置的柔性部分地方，而层 38 构成由于层 35 的易弯曲的性质而移动的结构。如同能看到的，层 38 构成在衬底 30 上的支撑 MEMS 结构的柱和壁以及可移动的部分。可移动的元件可以做为层 38 和 35（如果需要还可以附加层）的叠层被构成，或者单独由层 38 构成，或甚至完全由层 35 构成。可移动且易弯曲的元件的组成取决于最终所需要的硬度或易弯曲性，最终所需要的导电率，正在被构成的 MEMS 装置等等。

依照图 1 到图 4 形成的微镜片优选构成在透光的衬底上并且具有非偏转的“关”状态和偏转的“开”状态，然而，微镜片可以和微镜片驱动电路和电极在同样的衬底上构成，同样地，微镜片的“开”状态和“关”状态可以在不是平直的非偏转状态的位置。在示于图 5 - 9 的实施例中，微镜片和用于移动微镜片的电路和电极被构成在相同的衬底上。并且，微镜片不仅具有偏转的“开”和“关”状态，而且具有在“开”和“关”之间的不一样的偏转角度。如同在图 5 A 到 5 G 中所示出的，具有形成于其上的电路和电极的半导体衬底可以是依照本发明的用于制造微镜片的起始（starting）衬底。

如同在图 5 A 中所能看到的，具有用于控制微镜片的电路的半导体衬底 10 具有一个构成在其上的离散区域 12a - 12e 的形成图案的金属层——典型的是铝（例如，在半导体处理中的最后的金属层）。如同在图 5 B 中所能看到的，一个牺牲层 14 被沉积在其上。如同在前面的实施例中，取决于临近的结构和所需要的蚀刻剂，牺牲层材料能够从许多材料中被选择。在目前的例子中，牺牲层材料是酚醛清漆光致抗

蚀剂。如同在图 5B 中也能看到的, 孔 15a 到 15c 通过标准的用于酚醛清漆光致抗蚀剂的形成图案的方式被形成在牺牲材料中, 以便于形成连接到金属区域 12a 到 12c 的孔径 15a 到 15c。如同在图 5C 中所能看到的, 形成孔 15a 到 15c 之后, 依照标准的插头 (plug) 形成方法, 形成插头或者其它的连接件 16a 到 16c。例如钨 (W) 能够通过 CVD 用下面的反应被沉积: a) 硅还原: $2\text{WF}_6 + 3\text{Si} \rightarrow 2\text{W} + 3\text{SiF}_4$ (这个还原通常通过允许 WF_6 气体与在大约 300°C 温度下的晶片衬底上的暴露的固体硅的区域接触来产生), b) 氢还原: $\text{WF}_6 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{W} + 6\text{HF}$ (这个过程在减小的气压下进行, 通常在低于 450°C 的温度下), c) 硅烷还原: $2\text{WF}_6 + 3\text{SiH}_4 \rightarrow 2\text{W} + 3\text{SiF}_4 + 6\text{H}_2$ (这个反应(在大约 300°C 的 LPCVD) 被广泛地用于产生氢化反应的 W 核层)。其它的导电材料, 特别是其它的难熔金属, 可以被用于插头 16a 到 16c。沉积插头材料层之后, 进行化学机械抛光直到牺牲层, 以便于形成如图 5c 所示的插头。对于一些插头材料, 或许最好首先沉积一层衬垫以避免剥落 (例如, 对于钨插头 TiN, TiW 或者 TiWN 衬垫能够被沉积在牺牲材料的孔中以包围钨并且随后要在牺牲层)。

如同在图 5D 中能够看到的, 一个导电层被沉积并且被形成图案以便于形成离散的金属区域 18a 到 18c, 每个区域都分别通过插头 16a 到 16c 被分别电气连接到底层金属区域 12a 到 12c。导电层可以是任何适合的材料 (铝、铝合金、或者其它的金属合金、导电陶瓷等等) 该材料通过适合的方式例如物理蒸汽沉积方式或者电镀被沉积。材料最好应该具有导电性及适当的硬度和弹性等的组合 (如同将看到的, 区域 18c 将作为用于微镜片的铰链被构成)。当然, 离散区域 18a 到 18c 不需要同时被形成, 如果需要不同的材料或特性构成一个离散区域到下一个离散区域。(并且有其它的构成在装置中的区域, 例如区域 12a 到 12e 和插头 18a 到 18c)。当然少量的处理步骤被涉及, 如果在每一层中的每个离散区域是在同一时间被沉积的材料。在优选实施例中, 这个导电层可以是铝合金或者导电的二元或三元多更高的化合物, 例如披露在 2000 年 8 月 23 日提交的 Reid 的美国专利申请 60 / 228007 和美国专利申请 60 / 300533 中的这些化合物。两个专利申请通过参考被结合于此。这些化合物通过反作用的溅射被沉积。适当的蚀刻化学被用来

对导电层形成图案。(例如用于铝的氯化学)以便形成离散的导电区域 18a 到 18c。

如同在图 5E 中更进一步地示出, 牺牲层 20 的第二层被沉积, 该层可以和层 14 的牺牲材料相同或者不同(最好是相同的材料以便两层能同时被除去)。然后, 层 20 被形成图案以便于形成直到区域 18c 的孔 20a。如同在牺牲层 14 中构成孔, 这可以用一个附加的层来完成, 或者层 20 能被直接形成图案, 如果材料是光致抗蚀剂或者其它能直接形成图案的材料。如同在图 5F 中所能看到的, 一个插头或接头 22 通过在牺牲层 20 上沉积最好是导电材料而形成, 接着是化学机械抛光, 使插头 22 被连接到离散区域(“铰链”) 18c。然后, 如同在图 5G 中能看到的, 微镜片体 24 通过沉积(最好是导电的)层构成, 接着是形成图案在所需要的微镜片形状中。很多微镜片形状是可能的, 例如示于图 6A 中的, 并且将在此更进一步地讨论。然而, 依照本发明的这个例子的微镜片的形状可以具有任何形状, 示于图 6B 和 6C 中的正方形或菱形。当然, 这些允许紧凑的微镜片封装并且因此有高填充系数的形状是优选的。(例如示于图 7 中的紧密配合阵列中的图 6A 中的微镜片的形状)。图 6C 中(后面的图 12 中)的点划线是微镜片的轴或者旋转。

依照图 5A 到 5G, 用于制造微镜片的各层作为单个的层被示出。然而, 每个层(无论是结构层还是牺牲层)能够作为叠层被提供。例如, 叠层中的一层具有改进的机械特性而另一层具有改进的导电性。同样地, 虽然在优选实施例中结构层是导电的, 但是使微镜片元件 24 (或者在叠层 24 中的一个层)以及驱动电极 12d 和 18d(和将电极 12d 和 18d 连接到半导体衬底上的层/材料)导电是可能的。更进一步, 上面披露的材料(金属, 金属合金, 金属-陶瓷合金等等)不需要包含任何金属, 但是能够包含例如硅(如多晶硅)或者硅的化合物(如 Si_3N_4 、 SiC 、 SiO_2 等等)。如果 Si_3N_4 作为结构材料被使用, 并且非晶硅作为牺牲材料被使用, 二氟化氙能够做为气相蚀刻剂被使用, 以便除去牺牲的非晶硅。如果需要, 被用作结构材料的硅或者硅化物(或其他的化合物)能够在除去牺牲层以前和/或者之后被韧化(becannealed)以提高结构层的应力特性。图 8 是按照图 5A 到图 5G 构成的微镜片的分解的立体视图。

制造微镜片的最后的步骤之一是除去牺牲层 14 和 20。图 9A 是除去牺牲层之后的微镜片的视图，示出了通过柱 22、铰链 18c、柱 16c 和金属区域 22 连接到衬底 10 上的微镜片 24。由于没有电压被施加到任何底层的电极（在上述处理中形成的离散金属区域），例如电极 18b 或 12d，示于图 9A 的微镜片没有被移动或偏转。这个非偏转的位置不是微镜片的“关”位置，对于投影系统这通常是远离“开”位置的最远角（为了达到被投影图像的最佳反差比）。微镜片的“开”位置，即微镜片偏转光到收集光学系统的接受光圆锥体的位置，被示于图 9B。电压 V_A 被施加到电极 12d 上，为了静电地下拉微镜片板 24 直到板 24 的边缘碰撞到电极 12e。微镜片板 24 和电极 12e 处于相同的电势下，在这个例子中是电压 V_o 。如同图 9C 所示，当电压 V_B 被施加到电极 18b 上，微镜片板 24 偏转到一个相反的位置，它的移动被电极 18a 停止。电极 18a 和微镜片板 24 处在相同的电势下。（在这个例子中是电压 V_o ）。取决于电极 18b。对电极 12d 的尺寸和这些电极和微镜片板 24 之间的距离，施加到电极 18b 和 12d 上的电压不必是一样的。示于图 9C 中的偏转位置是“关”位置，并且被偏转的光离收集光学系统最远。

如同通过比较图 9B 和 9C 所能看到的，“关”位置比“开”位置形成一个较低的角度（与衬底）。在下文，当涉及到开位置和关位置（或相对于衬底的这样的角度或非偏转的微镜片位置），一个角度的符号将被使用（相对于衬底是正或负，或非偏转位置）。符号是任意的，但是表明了微镜片向着“开”位置的方向转动并且在“关”位置的相反的方向转动。这样的不对称性的好处将在下面更详细地讨论。在本发明的一个例子中，开位置是从 0 到+30 度，而关位置是从 0 到-30 度。向开位置移动，比向关位置移动大：例如，开位置能够从+10 到+30 度（或者+12 到+20 度或者+10 到+15 度），而关位置能够大于 0 和在 0 到-30 度之间（或者在一个较小的范围之内，在 0 和-10 或-12 度之间，或从-1 到-12，或从-1 到-10 或-11 度，或从-2 到-7 度）。在另一个例子中，微镜片能够旋转至少+12 度到开位置和在-4 到-10 度的关位置。取决于用于铰链的材料，使用更大的角度能够被达到，例如一个从+10 到+35 度的开的旋转和从-2 到-25 度的关的旋转（当然材料疲劳和塑性变形在

大角度时会成为问题)。不考虑旋转的方向,最好开和关位置在相对 0 于衬底是大于 3 度但小于 30 度的角度,最好开位置是大于+10 度,并且镜片在开方向上比在关方向多转动 1 度(或更多)。

图 10A A 到 10D D 示出了另一种方法和微镜片结构。在材料、层、牺牲的蚀刻、结构层的沉积等等上的变化,都是就前面描述的过程而言。对于示于图 10A 到 10D 中的方法,衬底 40 能够是透光的衬底(后来被连接到具有电路和电极的第二衬底上)或者已经具有了在其上的电路和电极的半导体衬底。在图 11A 到 11B 中能看到的本例中,电路和电极构成或在分离的衬底上。

在图 10A 中,牺牲层 42 被沉积并且被形成图案以便于构成孔 43,然后,如同在图 10B 中所示出的,插头 46 被构成(最好是如同在图 5A 到 5B 的过程中一沉积金属。金属合金或者其它的导电层或平面化的(例如被 CMP)来形成插头)。然后,如同在图 10C 中所能看到的,铰链 50 被通过沉积导电材料构成(具有适合的非晶易组织,弹性,硬度,密度等等)。在本例中,铰链(和/或微镜片)是早期过渡金属的硅的氮化物。例如 Ta - Si - N, 后期过渡金属的硅的氮化物例如 Co - Si - N 或金属或金属 - 陶瓷合金例如钛铝氧化物合金。沉积这样的材料之后,沉积光致抗蚀剂,并且形成图案,以便于允许蚀刻/除去了铰链区域 50 以外的所有区域。然后,如同在图 10D 中所能看到的,微镜片板 44 通过用光致抗蚀剂首先保护铰链被构成,并且然后沉积一个铰链结构层并形成图案以便于构成部分地与铰链 50 重叠并因此与铰链 50 连接的微镜片板 44。如同在其他的实施例中,成千甚至数百万的这样的镜片阵列在阵列中被同时构成。

然后,无论是在晶片级别还是小片级别,具有微镜片的衬底被连接到具有驱动电路和电极的衬底上。在本例中每个微镜片至少应该有两个电极。每个用于一个偏转方向,优选具有第三个电极用于允许微镜片通过撞在具有和微镜片自身一样的电势的材料上来停止其移动(在一个方向上)。具有用于偏转微镜片的电极 72 和 74 的第二衬底 60 和焊盘或电极 70 示于图 11A。在图 11A 中微镜片在非偏转的位置。当电压 V_A 被施加在电极 72 上,微镜片 44 被偏转直到它碰撞电极 70(图 11B)。这是微镜片的开位置,其允许光进入系统的收集光学系统。在

衬底之间设计缝隙是可能的，以便于将片 4 的末端同时碰撞电极 70 和衬底 40。当 V_B 被施加到电极 74 上，微镜片板 44 在相反的方向上偏转直到微镜片的末端碰撞衬底 40。这是微镜片的关位置。由于铰链 50 和柱 46 的位置，在这个关位置的微镜片的角度小于在开位置的微镜片的角度。这样的微镜片的阵列示于图 12。并且依照图 10A 到 10D 的过程制造的微镜片的分解视图被示于图 13。

图 14A 是在阵列中的多个微镜片的横截面视图，在该阵列中在“关”状态的微镜片没有被偏转（组 100），而在“开”状态的微镜片（组 102）被从平直的状态移动以便于投影光到光能被看到的地方（直接地，到整体装置中的目标上，穿过一个屋子到屏幕上等等）。这样的微镜片阵列的排列较好地示于图 14B 和图 14C 中。如同在图 14B 中所能看到的，在微镜片的开状态，光 50 的入射光锥被偏转到微镜片的关（在这个图中所有的微镜片在开状态），光 52 的光锥被向远处投影到输出孔 60，并且在大多数情况下将前进到图像系统（例如投影透镜或透镜组）。光锥 54 代表来自透明盖的镜面反射。图 14C 是在关状态的微镜片的图。其中光锥 52 表示在这个关状态下来自微镜片的反射光。光的入射圆锥和反射圆锥将收缩到整个阵列上，虽然在这些图中，为了图解容易，光锥被当作单个微镜片上的拉锥被示出。

图 14B 和 14C 的排列具有当微镜片在它们的关非偏转的状态时有什么光能够通过微镜片之间的缝隙传播，而引起所不需要的“缝隙散射”的好处。然而，如同图 14C 中所示衍射光被微镜片的重复模式引起（延伸到偏转的关的光 52 的圆锥体之外的光 61a 和 61b）。这个不需要的光被来自微镜片的边缘的散射或衍射引起（边缘衍射），特别是，因为入射光锥（及这样的出射光锥）被做成尽可能大，以便增加效率，例如延伸到偏转的关的光的圆锥体之外的光 61a 的衍射光能够进入到输出孔 60（例如收集光学系统）并且会不希望地减小反差比。

为了避免这种减小反差比的关状态的光（包括衍射光）和开状态的光的重叠，开状态的光和关状态的光能够通过偏转用于开和关状态的微镜片被进一步地彼此分离。如同在图 15A 中所能看到的，如果微镜片如同在这个图中所示出的一样在它的关状态被偏转，一些光将如被示出的光线 116 一样被适当地偏转到远离开状态的方向（例如光学

收集系统)。其它的光 112 将不会射到微镜片上,但是将在较低的衬底(例如在较低的电路和电极上)的上表面散射,并且进入光学收集系统,即使相邻的微镜片在关的状态。或者如同通过光线 114 所能看到的,入射的光能照到微镜片上,还仍然导致缝隙散射,而不是像光线 116 那样被适当地引导到关的角度。如示于图 15B 中的开的排列和图 14B 中的一样。然而如同图 15C 中所示出的,由微镜片的周期性引起的具有衍射 61a 的关状态,被进一步远离“开”的角度移动,以便于导致因衍射和边缘衍射造成的改进的反差比。(虽然如同上面提到的由于缝隙造成反差比的减小)。

改进的微镜片阵列将使关的光锥和开的光锥之间的距离最大化(减少进入接受光锥区的边缘散射),还将相邻微镜片之间的缝隙减小到最小(最小化缝隙散射)。一个被试验过的解决方案提供了具有微镜片的微镜片阵列,该微镜片如同图 15A 到 15C 一样,在用于开和关状态的相反的方向上偏转,并且在微镜片下面提供一个光吸收层以便于减小缝隙散射。不幸的是,这增加了处理的复杂性,或吸收了照射到微镜片阵列组合上的光(进入光阀),这增加了光阀上的温度并引起由于热膨胀而造成的问题,增加了微镜片结构的疲劳和下垂,增加了钝化膜的断裂,自组合的单分子层和 / 或润滑剂等等。

如同在图 16A 到 16C 中所能看到的,在开和关状态上被偏转,并在偏转不同的角度的微镜片被提供。如同在图 16A 中所能看到的,微镜片 100 在关状态被偏转,也就是其偏转角小于微镜片 102 在其开状态上的偏转角(从平直的或非偏转状态向相反的方向上偏转)。如同在图 16B 中所能看到的,开状态和一些镜面反射 54 是没有变化的(入射光 50 作为出射光 52 被投影进入输出孔 60)。在图 16C 中微镜片处于足够地偏转位置的关状态,以便于进入输出孔 60 的边缘散射光 61a 被减少到最少,而只偏转这么多足以使这样的边缘散射光在接收光锥区之外,是为了将由于大的关状态偏转造成的来自微镜片下面的缝隙散射光减小到最小。

本发明的一个附加特征是器件的封装。如同上面提到的,离开光透明的衬底的反射,能够引起镜面反射。如同在图 17A 中所能看到的,入射光锥 50 在开位置反射离开微镜片,作为反射光锥 52 被示出。从

透光衬底 32 的表面反射的镜面光示作为光锥 54。在制造投影系统中，希望增加圆锥体的扩张角以便于增加 etendue 和投影系统的效率。然而，如同在图 17A 中所能看到的，增加光锥 50 的扩张角将导致光锥 52 和 54 的扩张角的增加，这样来自光锥 54 的镜面反射光将会进入输出孔 60，即使微镜片处在其关状态（这样减小了反差比）。

为了允许更大的光锥的扩张角，又要避免镜面反射进入输出孔，如同在图 17B 所能看到的，透光衬底 32 被放置成相对衬底有一个角度。在很多情况下，衬底 30 是微镜片（或其他光学 MEMS 元件）构成于其上的衬底，而衬底 32 是用于光学 MEMS 装置的封装中的透光窗口。窗口的角度大于 -1 度（负号与角度的方向或微镜片的方向一致）。在一个例子中，窗口在从 -2 到 -1.5 度的角度中，或者在从 -3 到 -1.0 度的范围中。无论怎样，窗口在相对于衬底的角度上，该角度最好和微镜片的关位置在相同的方向上。（相对于微镜片衬底和 / 或封装底部）。如同在图 17B 中所能看到的，当微镜片在开状态时，在作为来自开的微镜片的反射光（光反射圆锥 52）和镜面反射光（光锥 54）之间有一个缝隙。这个“缝隙”是由于镜面反射圆锥 54 在一个较大的距离下被反射，这个较大的距离是由于有角度的光透明衬底。这个排列允许，如同在图 17C 中所能看到的，增加来自开的微镜片（光锥 52）和光透明衬底（光锥 54）的入射光锥（和相应的反射光锥）的扩张角。（为了照明容易，光锥的反射点在介于微镜片和透光衬底中间，虽然实际光锥 52 自微镜片反射而镜面反射光锥 4 自衬底 32 反射）。如图解 17B 和 17C 中的有角度的透光窗口允许较大的通过量、较大的系统效率、较大的光值 etendue（etendue=立体角乘面积）。如图 17B 和 17C 中示出的光阀能够调制一个较大的 etendue 光束，并且能够通过更多的来自光源的光，因而这样更有效率。

一个被封装的器件示于图 17D 和图 17E。如同在图 17D 中所看到的，入射光 40（这个视图与前一个视图相反）入射到阵列上并从那里被反射。如同在图 17E 中所能看到的，一个有角度的透光衬底 32（具有掩膜区域 34a 和 34b）不仅允许如同上面所述的增加光锥的扩张角，而且另外允许窗口 32 的掩膜和微镜片阵列之间的缝隙被最小化，这样减小了光散射和聚集在封装上的温度。透光衬底相对于衬底的角度是

从 1—15 度，最好是从 2—15 度，或甚至是从 3—10 度。如同在图 17D 到图 17E 中所能看到的，在封装中的衬底的一端的连接线 37（从电气上把衬底连接到封装上，用以微镜片或其它微机械元件的驱动）被布置在有角度的窗口比衬底相反的一端距离更大的地方。这样，有角度的窗口允许连线的存在，还使得透光窗口和在没有连线的衬底一端的微镜片衬底之间的距离最小。注意，光从与有角度的窗口升高的一边和连线的位置相对应的封装的一端入射到微镜片阵列上。能够存在于封装中的附加的成分是封装粘合剂，分子清除剂或其它的吸气剂，一种静摩擦清除剂源（如：氯硅烷、全氟化的 n-碱基酸、环己烷二矽酸等等）。

如果本发明的微镜片用于投影显示器，应该有一个适合的光源，这个光源照明阵列并通过收集光学系统把图像投影到目标上。光源和入射到阵列上并入射到每个微镜片的光束的排列能够改进反差比，而本发明中最小化投影系统的轨迹，可以在图 18 和 19A 到 19C 中看到。如同在图 18 中所能看到的，光源 114 引导光束 116 与阵列的有效区域的前边 93 成 90 度角。（阵列的有效区域在图中作为矩形 94 被示出）。有效区域 94 在通常的矩形阵列中一般具有从 64,000 到大约 2,000,000 个像素点，例如在图 18 中所示。有效区域 94 反射光（通过开状态微镜片）通过接收光学系统 115 到达目标以在目标上（例如墙或屏幕）形成相应的矩形图像。当然，阵列能够是不同于矩形的其他形状，并且在目标上产生相应的形状（除非通过一个掩膜）。来自光源 114 的光反射离开阵列中特定的微镜片（那些在开状态的），并且通过光学系统 115（为清楚起见简化为两片透镜）。在其关状态的微镜片，引导光达到图 18 中的区域 99。图 18 是投影系统的简化，该投影系统可以具有附加元件，例如 TIR 棱镜、附加的聚焦或放大透镜、用于提供彩色图像的彩色转盘（color wheel）、光管等等，这些在本领域都是已知的。当然，如果投影系统是用于无掩膜光刻术或非彩色应用，而不是彩色图像投影应用（例如前屏幕或后屏幕投影电视、计算机监视器等等），那么，彩色转盘和不同的收集光学系统都能够被使用。并且，目标可以不是屏幕或光致抗蚀剂，但可以是作为直接观测显示器的观测者的视网膜。如同在图 18 中所能看到的，阵列中所有开的微镜片引导光一

起进入一个单独的收集光学系统，该系统可以是一个或一组用于引导 / 聚焦 / 投影光到目标上的透镜。

无论被观测到的图像是在计算机、电视或电影屏幕上，在屏幕上的图像上的像素点（每个被观测到的图像或投影的图像上的像素点与阵列中的微镜片元件相对应）具有至少不平行于形成矩形屏幕图像的四条边中的两条边。如同在图 19A—19E 中的微镜片元件的一个例子中所能看到的，入射光束不会垂直地射到任何微镜片元件的边上。图 19A 是光照射在一个单个的微镜片元件上的透视图，而图 19B 是俯视图，图 19C 是侧视图。入射光束可以是偏离垂直于微镜片阵列的平面 10 度到 50 度（例如 20 度）。

无论入射光束与微镜片的平面形成的角度是怎样，没有微镜片的边将会垂直于入射到其上的光束（见图 19D）。在优选的实施例中，微透镜的边将被布置成关于在微镜片平面上的入射光束光轴的投影或一个小于 80 度的角度（131）或优选的是 55 度或更小，更优选的是 45 度或更小，最优选的是 40 度或更小。相反，角度 132 应该是 100 度或更大，优选是 125 度或更大，更优选是 135 度或更大，最优选是 140 度或更大。微镜片的开关（也就是旋转）轴在图 19D 中被标示为点线 103。取决于所使用的铰链的类型，这个开关轴能够在沿着微镜片的其它位置，例如线 106。如同在图 19D 中所能看到的，开关轴（例如 103 或 106）当投影到微镜片平面时垂直于被投影到微镜片的平面上的入射光束 102。图 19E 和图 19D 一样是俯视图，然而一个微镜片阵列与照射到 2 维（2-D）阵列微镜片上的入射光束 102 一起示于图 19E 中。注意图 19E 中的每个微镜片具有示于图 19A—19D 中的微镜片的形状。如同在图 19E 中所能看到的，整个微镜片阵列的形状是矩形。阵列四条边中的每一条，117—120，通过在有效区域（121—124）最后的行和列中最边缘的像素点之间划线而形成（例如，边 119 通过贯穿角落上的像素点 123 和 122 的线而形成）。虽然在图 19E 中能够看到“前面的”（最接近光源的）和“后面的”（离光源最远的）有效区域的边 119、117 由于有效区域中的微镜片的形状而是“锯齿形状”的，但是应该记住在从 1 cm^2 到 1 in^2 的区域中能够有多达 3,000,000 或更多的微镜片。因此，除非在极度放大的情况下，有效区域将基本上是矩形的，同时

有效区域的边 118 和 120 (或 117 和 119) 平行于图 19D 中的微镜片的边 107 和 109 (图 19D 中的微镜片是图 19E 的有效区域之内的一个微镜片元件); 并且同时有效区域 117 和 119 (或 118 和 120) 是不垂直于微晶片的前面的或后面的边 125a—d (见图 19D)。图 19E 也能够被看作包括大量被投影的像素的图像。(每个投影的像素具有示于图 19D 中的形状)。依照上面所述, 因此被投影的图像的边 118 和 120 (或 117 和 119) 是平行于被投影的像素的边 107 和 108, 并且被投影的图像的边 117 和 119 (或 118 和 120) 不垂直于投影的像素的边 125a—d。

图 20 是一个 2 维微镜片阵列的视图 (当然具有比在典型的有效区域中少得多的像素点)。为了是图示方便 (在图 20 中和图 21—26 和 29—32 一样), 少于 60 个的微镜片/像素被示出。虽然典型的显示器具有从 64 像素 (320×200) 到 1920K 像素 (1600×1200 像素 = $U \times GA$), 或更高的 (例如 1920×1080 = HDTV; 2048×1536 = $Q \times GA$)。由于本发明中的每个像素尺寸非常小, 能达到的分辨率基本没有限制。如同在图 20 中所能看到的, 每个像素的边是平行有效区域的相对应的边。这样, 每个微镜片的边或者垂直于有效区域的边, 或者平行于有效区域的边。形成对比的是, 如同在图 21 中所示出的, 微镜片的边既不平行于也不垂直于有效区域的边。如同在下面将会看到的, 在其他的实施例中, 一些边既不平行于也不垂直于有效区域的边, 而一些边能够平行于有效区域的边 (只要边平行于来自入射光束的被置于微镜片的平面上的线)。

如图 22 中所示出的微镜片阵列达到了高反差比。然而, 如示于图 23—29 的微镜片的排列简化了寻址方式。更特别的是, 图 23—29 具有不把像素点放置在与阵列的 X 轴和 Y 轴成角度排列的格点上的好处。因为典型的视频图像源在 X—Y 轴栅格上提供像素的彩色数据, 图 23—29 中的像素的排列为了在显示器上再现可接受的图像而避免了非无价值的 (non-trivial) 视频预处理。同样的图 23—29 的排列避免了更复杂的显示器后平面的布局 (关于图 13 和 14, 需要两倍于像素控制单元的行线或列线)。图 22 中的水平线 80 连接微镜片元件的顶部的行, 而竖直的线 81A—D 从顶部行的微镜片延伸 (这些水平的和竖直的线对应于阵列中寻址的行和列)。如同在图 22 中所能看到的, 仅仅每隔一

个微镜片以这种方式被连接。这样，为了所有的微镜片被寻址，需要两倍的行和列，这样在寻址阵列中导致了增加了复杂性。图 22 也显示出了在微镜片的角上的支撑柱 83，该支撑柱连接在每个微镜片元件（“放在上面的铰链”在上文讨论过）下面的铰链（没有示出）上并连接到在微镜片元件上面的光透射衬底上（没有示出）。

在如图 23 所示的本发明优选实施例中，一个阵列 92 被提供。光束 90 被引导到阵列上，成为没有微镜片的边是垂直于入射光束的。在图 23 中，微镜片前面的边（相对入射光束 90）与入射光束 90 成大约 135 度的角。优选这个角度大于 100 度，最好大于 130 度。如果入射光束的前面的边之间的角度是 135 度或更大，并且甚至能到 140 度或更大，那么反差比被进一步提高。如同在图 23 中所能看到的，微镜片元件的定位不会引起上面讨论的与图 22 相关的寻址问题。柱 95 连接到图 23 中的每个微镜片元件下面的铰链上（未示出）。铰链在垂直于入射光束的方向延伸（并且平行于有效区域的前面的边和后面的边 91B 和 91D）。铰链允许垂直于入射光束的微镜片的轴旋转。

图 24 是与示于图 23 的相似微镜片的视图。然而，在图 24 中，微镜片元件是“相反”地并且用它们“凹”的部分作为它们前面的边。即使图 24 中的微镜片与示于图 23 中的微镜片相反的，这里仍然没有垂直于入射光束的微镜片的边。图 24 示出了设置在与铰链连接在一起的微镜片同样的平面上的铰链 101。两种类型的铰链被披露于上面提到的 840 号专利中。图 25 也示出了和微镜片阵列在同一平面中的铰链 110，并且示出了在每个微镜片前面的边上的双“凸”的部分 112（“突起部”）和“凹”的部分 113（“切除部”）。由于每个微镜片的凹的或切掉的部分，每个微镜片是凹多边形的形状。虽然微镜片能够是凸多边形（如果没有凸多边形的微镜片的边是平行于有效区域的前面的边），优选微镜片具有凹多边形形状。凸多边形作为在多边形中没有包含多边形的边的线能穿过其内部的多边形是已知道。一个多边形当且仅当不是凸多边形时是凹多边形。凹多边形形状可以是一系列（非矩形的）平行四边形的形式，或者具有至少一个凹的和至少一个匹配的凸的部分（用于配合相邻的微镜片的凹的部分），虽然任何凹多边形的形状是可能的。虽然是不太被优选，如同上面提到的，微镜片的形状也能够

是那种单个的（非矩形的）平行四边形。虽然没有被图示出，相配合的一个或多个突起部和一个或多个切除部不需要由直线构成（没有任何就此而言的微镜片的边），但是可以是曲线。在这个实施例中，突起部和切除部是半圆形，虽然被说明的有角度的突起部和切除部是优选的。

图 26A 到 26F 示出了本发明的另一个实施例。虽然微镜片的形状在每个图中是不同的，但是每一个微镜片在没有任何边是垂直于入射光束上是一样的。当然，当一个微镜片的边改变方向，这里有一个点，然而很小，在这点边能够被认为是垂直的，如果仅仅是瞬间的。然而，当说明没有任何边垂直时，意味着没有实质部分是垂直的，或至少在微晶片的前面的边或者后面的边没有这样的实质部分。即使前面的边的方向逐渐地改变（或前面的边的一部分垂直于入射光束，例如示于图 29 中的），优选的是不会有超过前面的边的 $1/2$ 垂直于入射光束，更优选的是不超过 $1/4$ ，最优选的是 $1/10$ 或者更小。前面的边和后面的边垂直于入射光束的部分越少，反差比的改进越大。

很多微镜片的实施例能够被视为一个或多个平行四边形（例如：同一个多边形）的组合。如同在图 27A 中所能看到的，一个单个的平行四边形由于其没有垂直于入射光束的边，所以对于减少光的衍射是有效的（光束具有从页面的底部到顶部的方向并且起始于页面平面之外）。图 27A 示出了一个单个的平行四边形，水平箭头表示平行四边形的宽“d”。图 27A 中（和图 27B 到 27F）的微镜片的开关轴也是在这个水平的方向。例如，开关轴能够沿着图 27A 中的虚线。图 27B 和 27C 示出了两个和三个平行四边形微镜片的图形，在其中每个随后的平行四边形有和前一个相同的形状、尺寸和外形。这种排列形成了微镜片元件的“锯齿”形的前面的边和后面的边。图 27D 到 27F 示出 2 到 4 个平行四边形。然而，在图 27D 到 27F 中，每个随后的平行四边形是前一个平行四边形的微镜面图像，而不是同一个平行四边形的图像这种排列构成微镜片元件的“锯齿形边”。应该注意平行四边形不需要每个有相同的宽度，并且，连接锯齿的顶点的线或连接锯齿边的线不需要垂直于入射光束。每个平行四边形的宽度，如果它们被构造成相同的宽度，宽度将是 $d = M/N$ ，其中 M 是微镜片的总宽度， N 是平行

四边形的数目。随着平行四边形数目的增加，宽度“d”是递减的（假设微镜片宽度是常数）。然而，宽度“d”应该最好是大大地大于入射光的波长。为了保持高的反差比，平行四边形的数目 N（或者微镜片的前面的边改变方向的次数）应该小于或等于 $0.5M/\lambda$ ，或最好是小于或等于 $0.2M/\lambda$ ，并且甚至小于等于 $0.1M/\lambda$ ，其中 λ 是入射光的波长。虽然平行四边形的数目在图 27 中是从 1 到 4，但是任何数目是可能的，虽然 15 或更少，并且最好是 10 或更少将形成更好的反差比。图 27 中的平行四边形的数目最优选的（4 或者更少）。

如同在图 28 中所能看到的，铰链（柔性件）191、193 被设置在和微镜片元件 190 在同一平面上。来自图 28 的平面外的光源的入射光束 195 照射到微镜片 190 前面的边上，没有一条边是垂直的。最好铰链的任何部分不垂直于入射光束，以便于减少在微镜片开关方向上的光衍射。

同样的，应该注意示作平行于有效区域的边的“直”的微镜片的边（例如图 28 中微镜片的边 194、196）也可以具有其他的图形。上面的图 21 是一个例子，在其中没有垂直于入射光束的 85 的微镜片的边。图 30 和图 31 是另一个例子，在其中没有微镜片的边垂直于或平行于入射光束，也没有如同图 22 的增加的寻址的复杂性。入射光束能够被实际地引导成垂直于图 30 中的四个有效区域的任何边（见箭头 1—4）并且不会垂直地入射到任何微镜片的边上。这个独一无二的特性也存在于示于图 31 的阵列中。如同在图 29 中能看到的，每个微镜片的前面的边的部分垂直于入射光束而部分不垂直于入射光束也是可能的。

图 32A 到 32J 示出了用于本发明的微镜片的可能的铰链。与图 24 相似，图 32A 示出了具有平行于入射光束延伸的柔性件 96 的微镜片（当在这个图中作为俯视图来看时）并且该弯柔性件将微镜片 97 连接到将微镜片元件固定到衬底上的柱 98 上。入射光束能够被引导到在图 32A 中的箭头 5 或 6 的方向上的阵列上（从上面所能看到的）。当然入射光束起源于平面之外（见图 11A 到 11E）。这样的入射光束对于图 32B 到 32L 是一样的。图 32C 到 32E 是这种类型的铰链的另一个实施例。图 32F 到 32L 是另一个铰链和微镜片的实施例的视图，其中除了图 32J，铰链都不平行于入射光束或前面的有效区域的边延伸，并且仍然能导

致微镜片绕着垂直于入射光束的转动轴转动。

当平行于微镜片的转动轴（和垂直于入射光束）的微镜片的边没有被最小化时，被这样的微镜片的边衍射的光将通过收集光学系统，即使微镜片在关状态，这样减小了反差比。如同在图 33A 中所能见到的，一个“+”形状的衍射图案（由照明大体的正方形微镜片阵列引起的，例如图 20 的与阵列前面的边成 90 度角的微镜片）贯穿接收光锥区（图中的圆圈）。衍射图案在这个图中能够作为一系列暗点被看见（与相对应的较亮的背景），该衍射图案形成一条垂直的和一条水平的线，并且正好从接受光锥区体的圆圈下面穿过，该圆圈作为一个圆形黑实线被加在衍射图案上。虽然没有被示出，但是在微镜片的开状态下，两条衍射线将穿过接受光锥区的圆圈之内。因此，如同在图 33A 中所能看到的，垂直的衍射线将进入收集光学系统的接受光锥区，即使当微镜片在关状态，这样减小了反差比。图 33B 是由照明一个成 45 度角的正方形微镜片的阵列引起的衍射图案。如同在图 38B 中所能看到的，与图 33A 相比，穿过接受光锥区（图 33B 中的黑色小实心圆圈）的衍射光被减少了。然而，如同上面提到的，虽然通过这样的照明衍射被减小了，但是回引起其它的问题。

作为对比，如同在图 33C 中所能看到的，本发明的衍射图案（来自图 28 的在关状态的微镜片）没有延伸通过收集光学系统接受光锥区的衍射线，或者当微镜片在开状态时光线被引导到的空间区域。这样，基本上上没有衍射光通过当微镜片在开状态时光线经过的区域。随着正交于阵列的有效区域（和 / 或正交于列或行）的照明光，产生这样一种衍射图案的微镜片阵列是新的。同样的，微镜片结构、因此铰链和微镜片的光源装置、有效区域的边 / 或者寻址的行和列也是新的。

本发明根据具体实施例被描述。然而，熟悉本领域的技术人员将会理解很多变化存在于这里所描述的实施例的说明中。例如，本发明的微镜片的形状能够被用于光学开关中的微镜片（例如，如披露在美国专利申请 09/617,149 中和美国专利申请 60/231,041 中）以减少开关中的衍射。此外，本发明的微镜片能够依照结构和方式被制造。如同那些披露在美国专利申请 09/767,632，美国专利申请 09/631,536，美国专利申请 60/293,092，以及美国专利申请 06/637,479 中的。同样，虽然

一个标准的红/绿/蓝或红/绿/白色度转轮能够在结合了本发明的微镜片的投影显示器中被使用。但是其他的色度转轮也能被使用，例如披露在美国临时专利申请 60/267,648，和美国专利申请 60/266,780 中的。

同样的，本发明适合于使用可移动（和可替换）衬底的方法，可移动（和可替换）的衬底用于单个和组合目的，例如披露在美国临时专利申请 60/276,222 中的。此外，本发明的微镜片能够在阵列中通过脉宽调制被驱动，例如如同在美国专利申请 09/564,069 中的。更进一步地，如美国专利申请 09/427,841 和美国专利申请 09/649,569 中的方法能够被使用。或者牺牲材料以及用于去除它们的方法能够是那些美国专利申请 60/298,529 中提出的。此外其他的结构材料能够被使用，例如，美国专利申请 60/228,007 中提出的和美国专利申请 60/300,533 中的 MEMS 材料。

贯穿本申请的结构或层作为在上面（或沉积在上面）、或跨过其它的层或结构或在其它的层或结构之上、或临接其它的层或结构等等被公开。应该认识到这意味着，直接或间接的在上面、跨过、在上方、临接等等。由于应该认识到在现有技术中多种中间层或结构能够被放入包括但并不限于密封层、粘和层、导电层、用于减小摩擦的层等等。以同样的方式，由于附加的结构或层，例如衬底或层这样的结构能够是一个叠层。同样地，当短语“至少一个”或“一个或多个”（或类似的）被使用时，是用来强调特定的结构或者层的潜在的复数性质，然而这个措辞应该决不意味着没有以这种方式提出的特定的结构或者层缺少复数性质。以同样的方式，当短语“直接或间接”被使用，应该决不限制这些短语没有被使用的地方，意味着在别的任何地方是直接或间接的意思。同样地，“MESE”、“微机械的”和“微机电的”在此是可替代地被使用，并且结构可以有也可以没有电气元件。最后，短语“用于…的装置”中的“装置”在权利要求中特别地提出，这并不意味着在权利要求中是任何元件，而是依照特定的关于短语“用于…的装置”的特定规定解释。

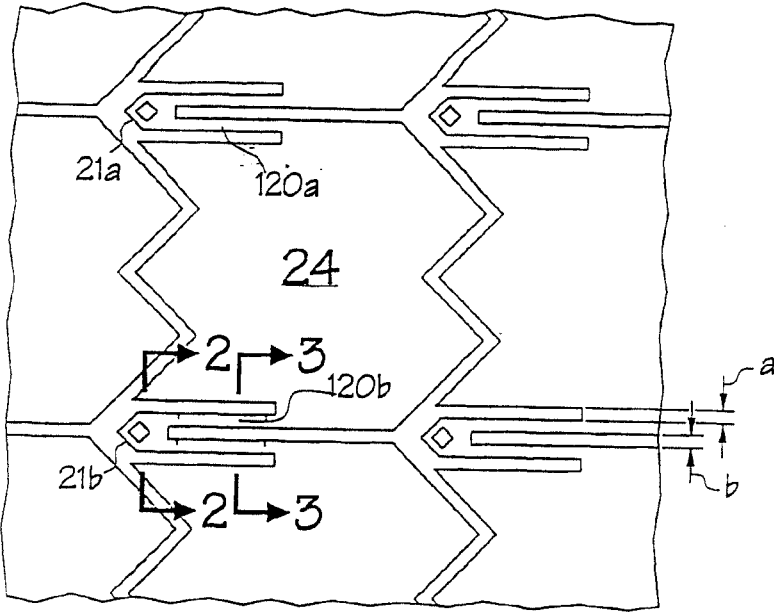


图 1

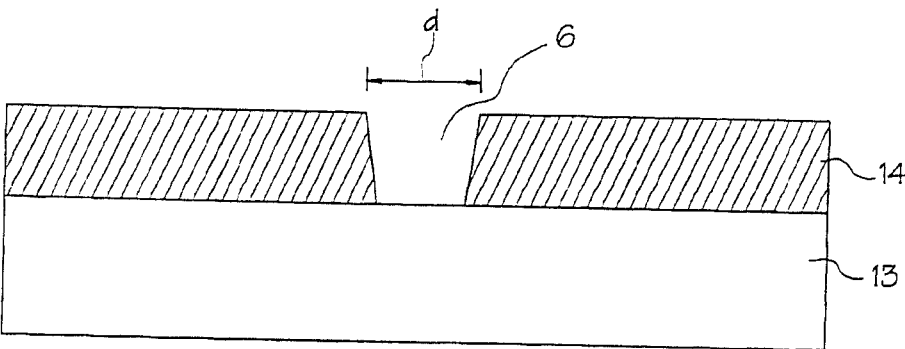


图 2A

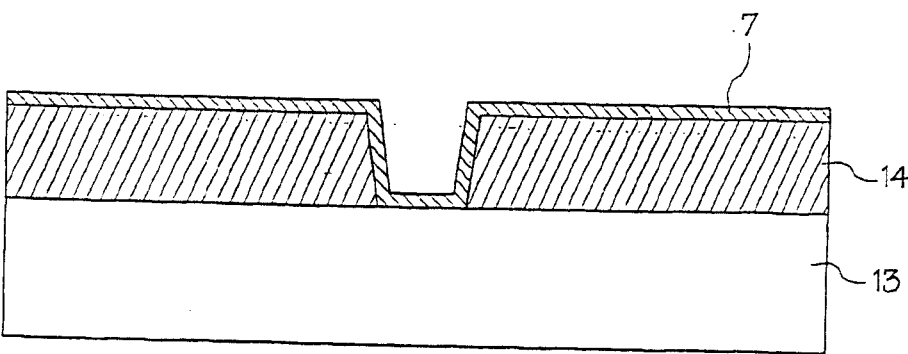


图 2B

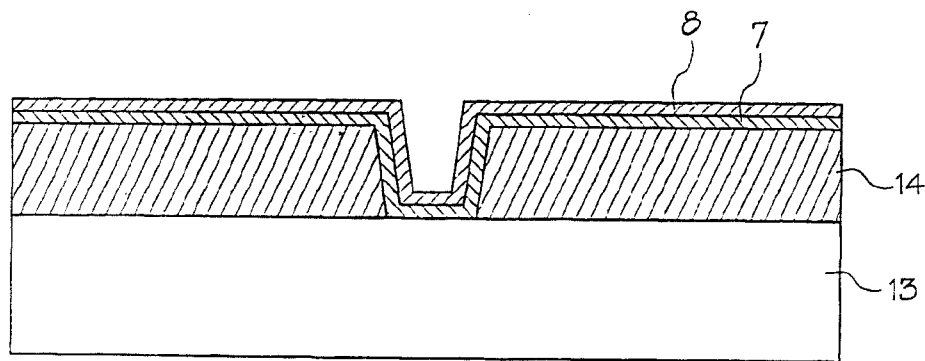


图 2C

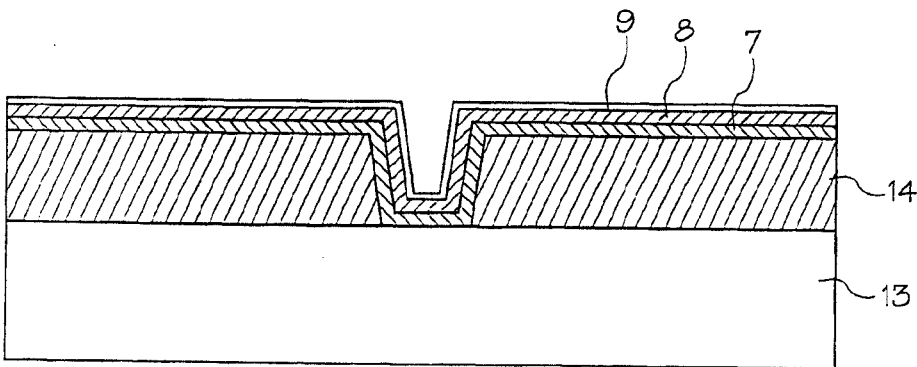


图 2D

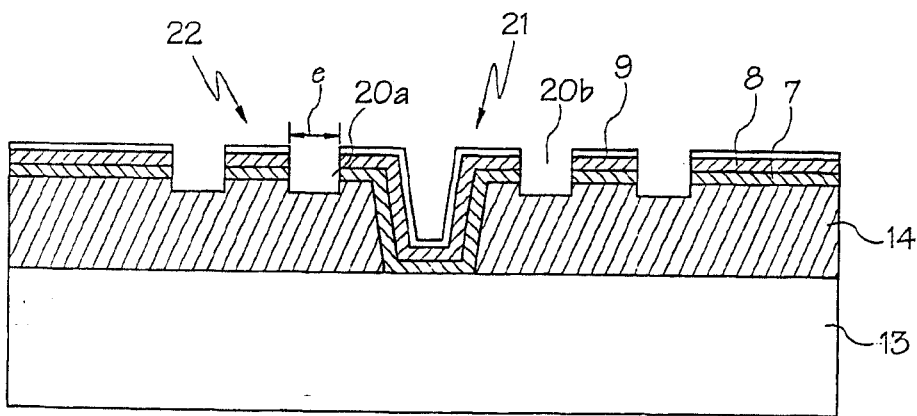


图 2E

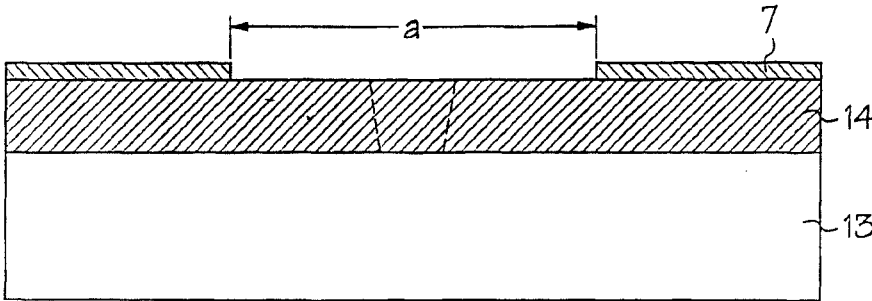


图 3A

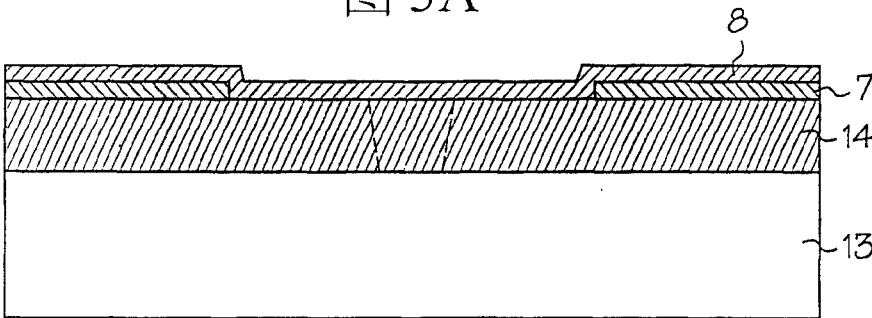


图 3B

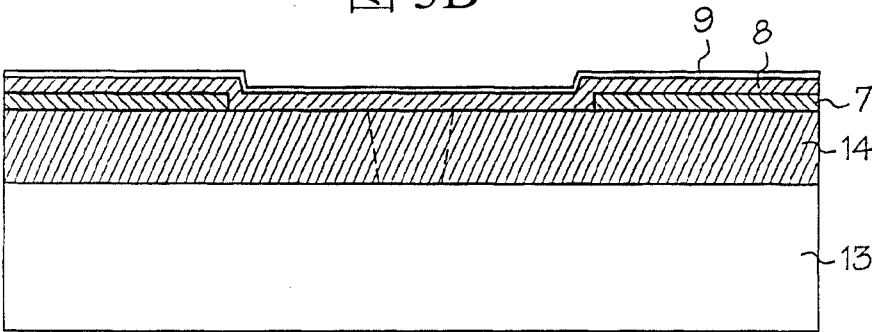


图 3C

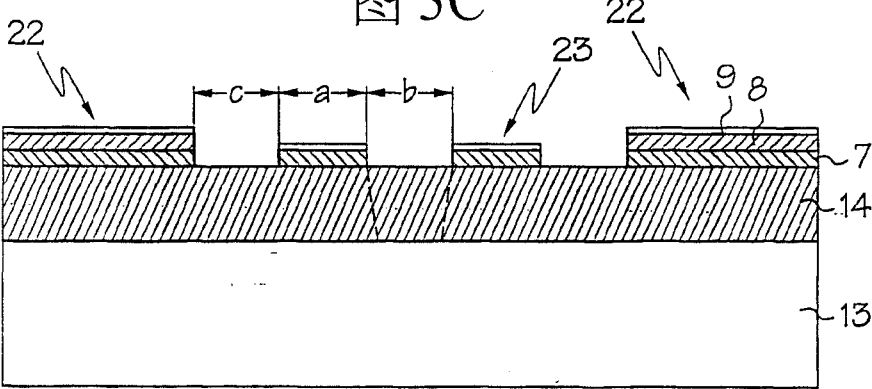


图 3D

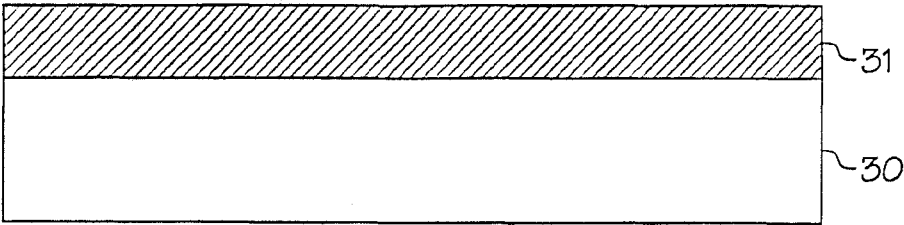


图 4A

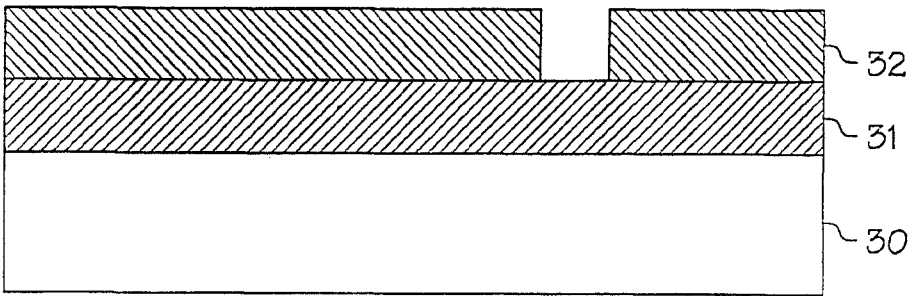


图 4B

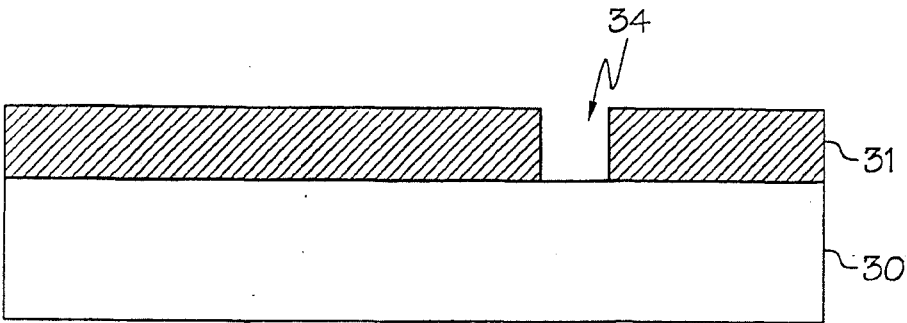


图 4C

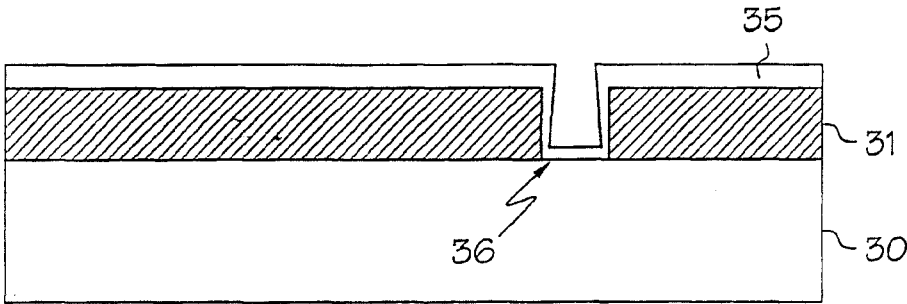


图 4D

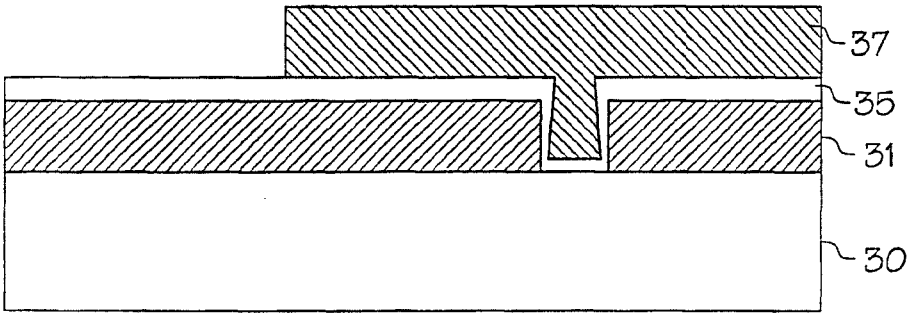


图 4E

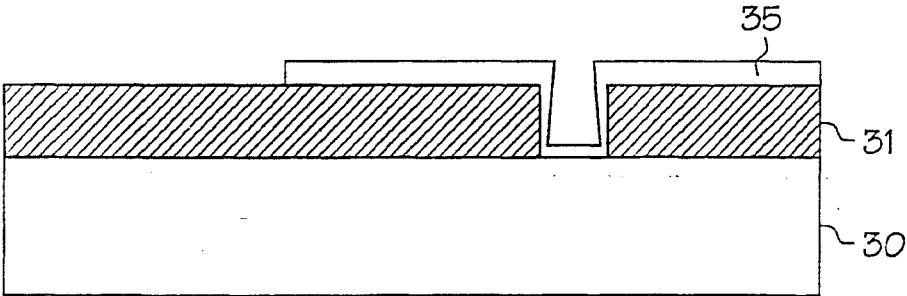


图 4F

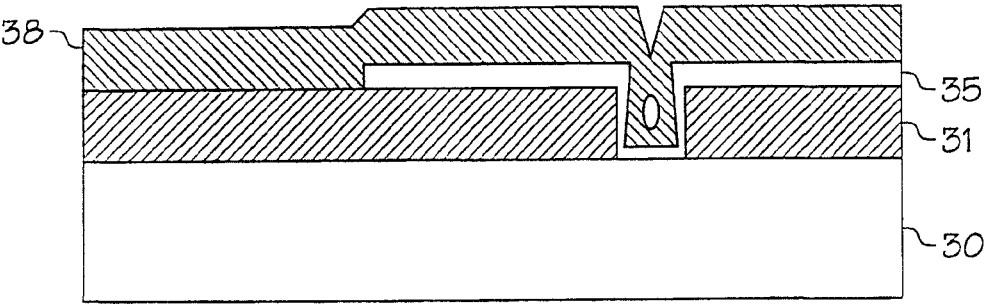


图 4G

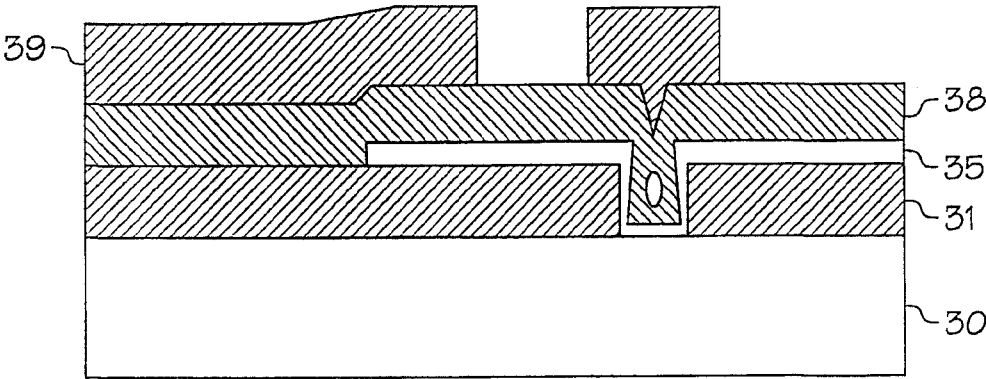


图 4H

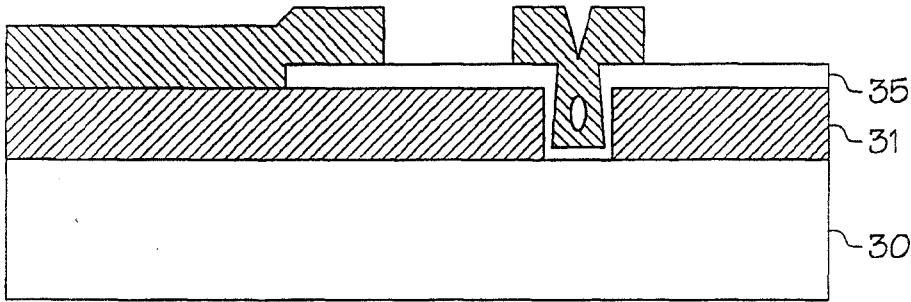


图 4I

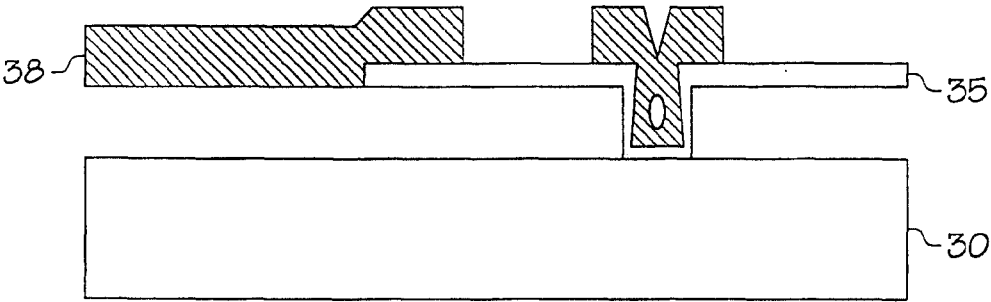


图 4J

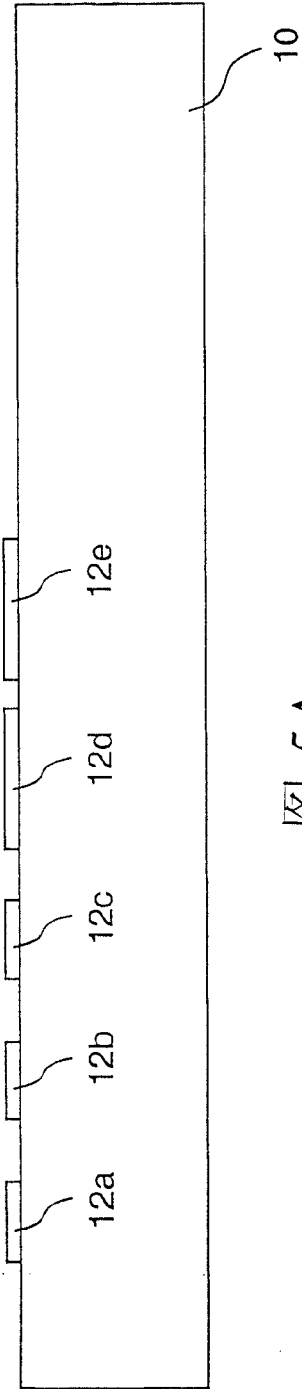


图 5A

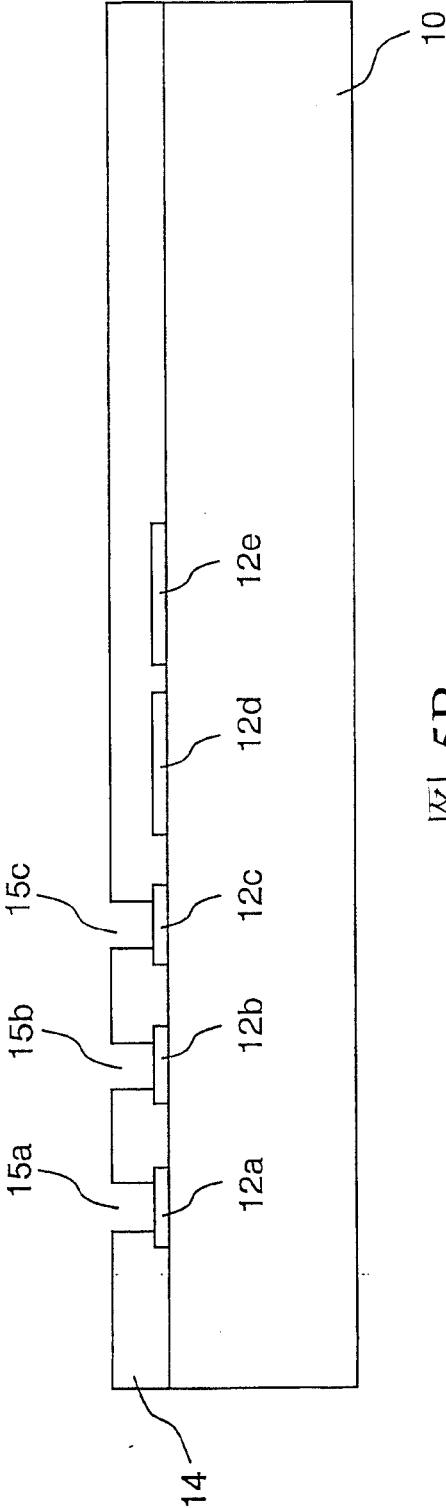


图 5B

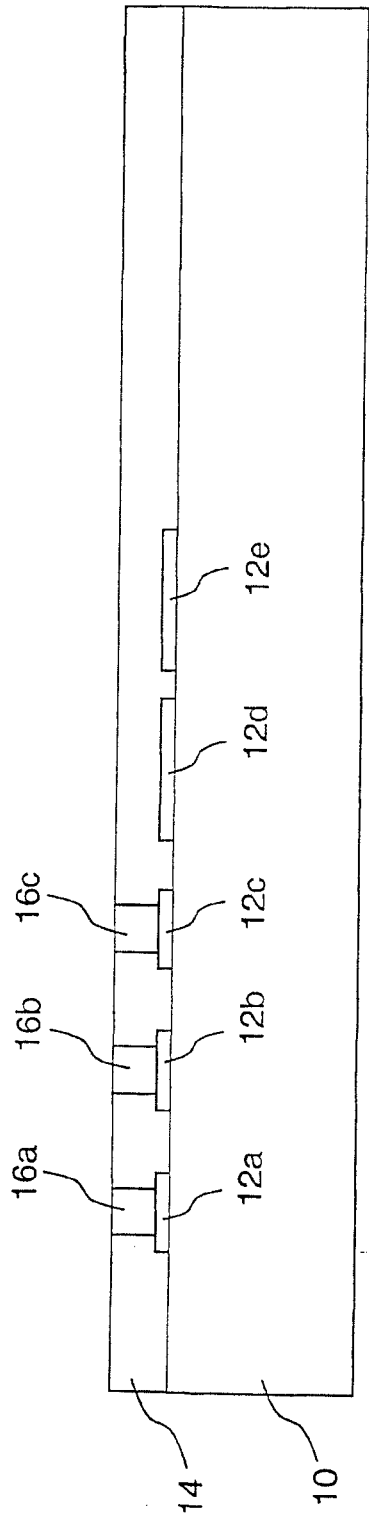


图 5C

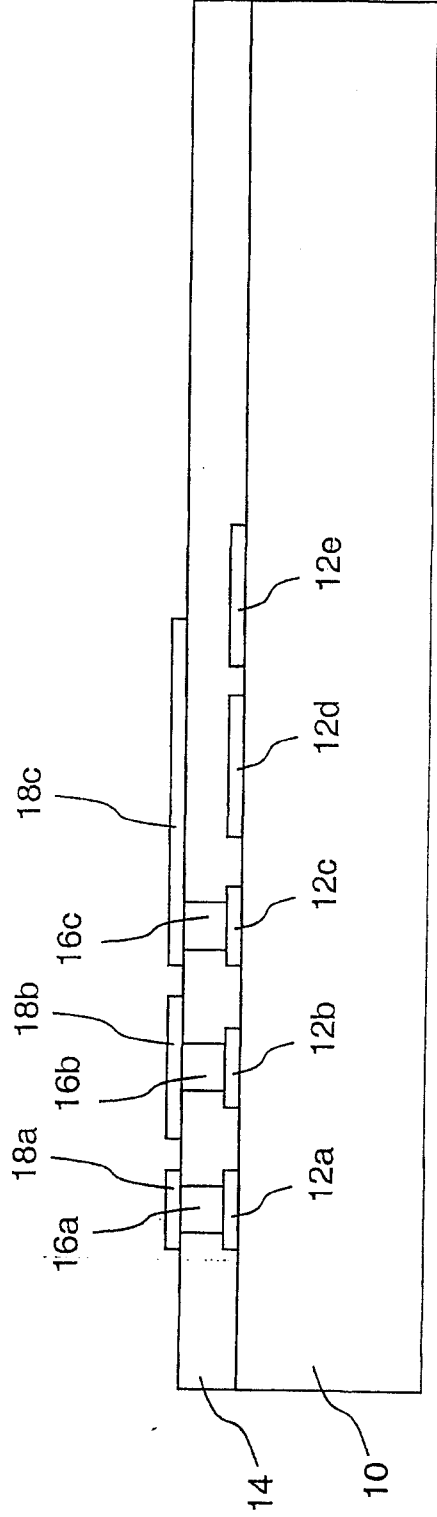


图 5D

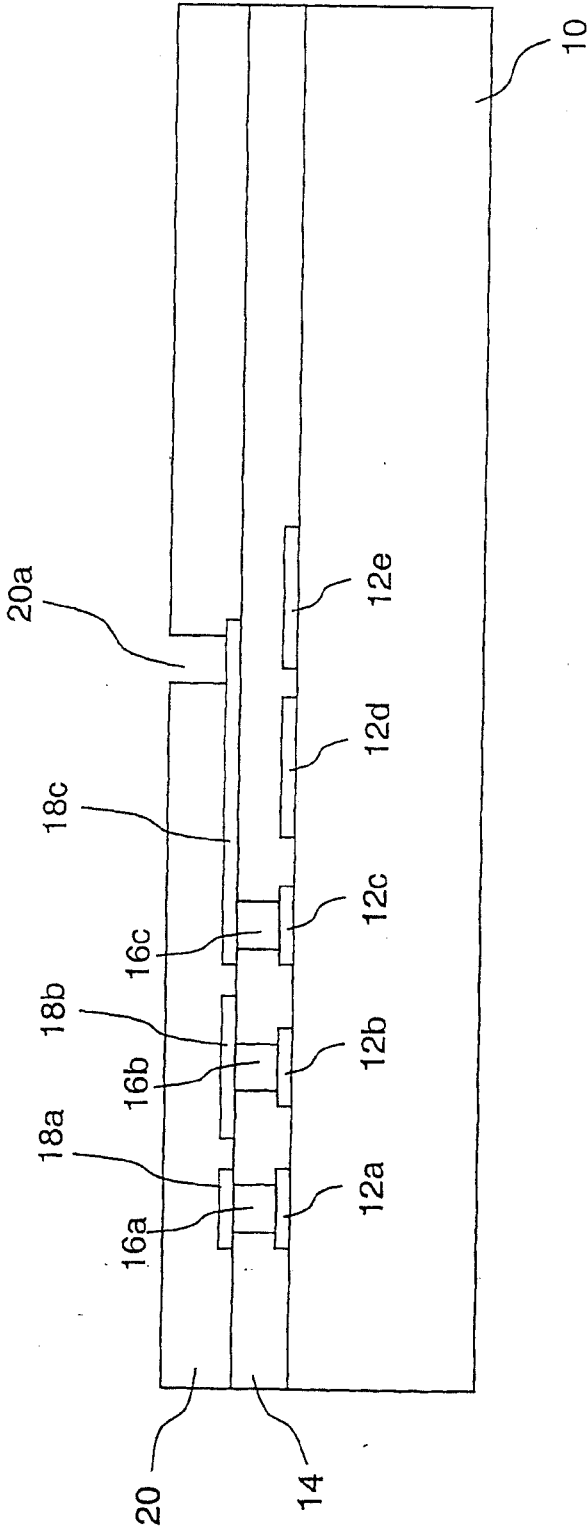


图 5E

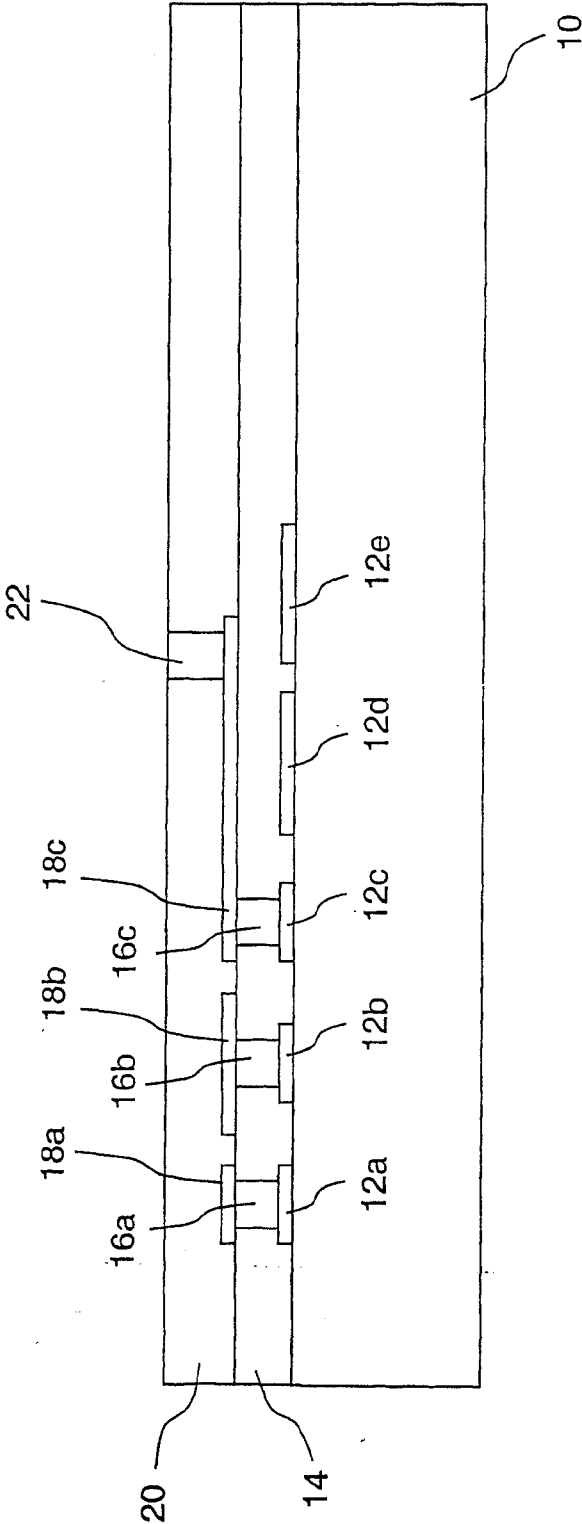


图 5F

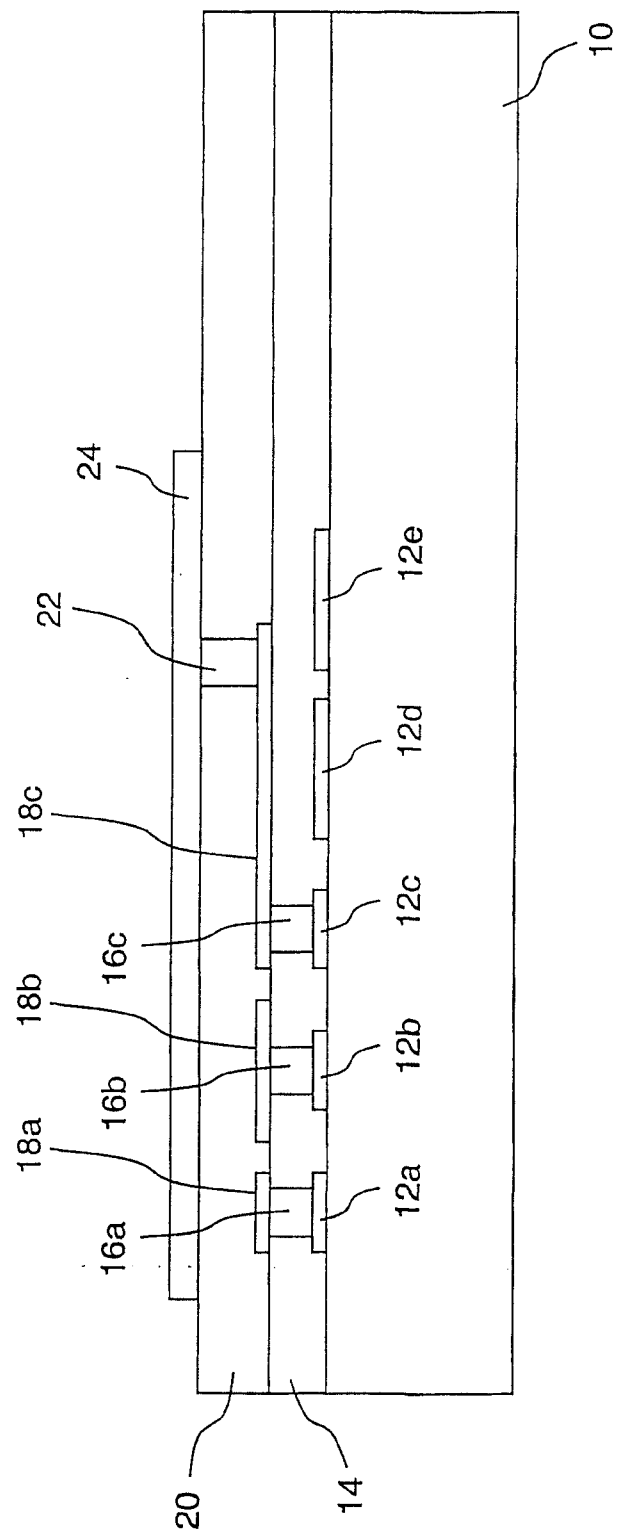
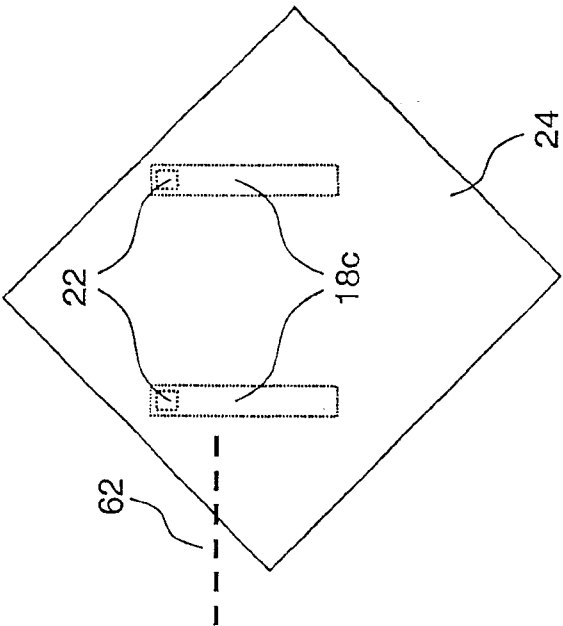


图 5G



X / 199

图 6C

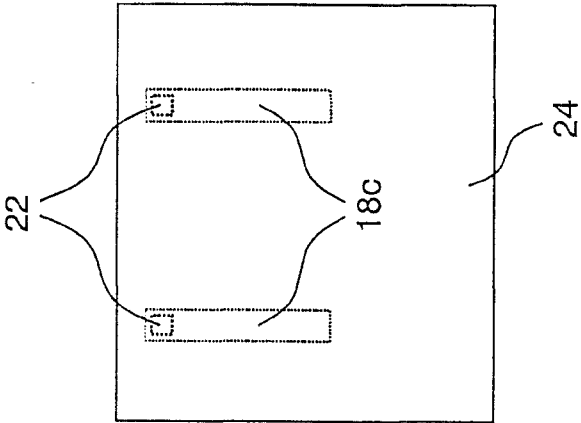


图 6B

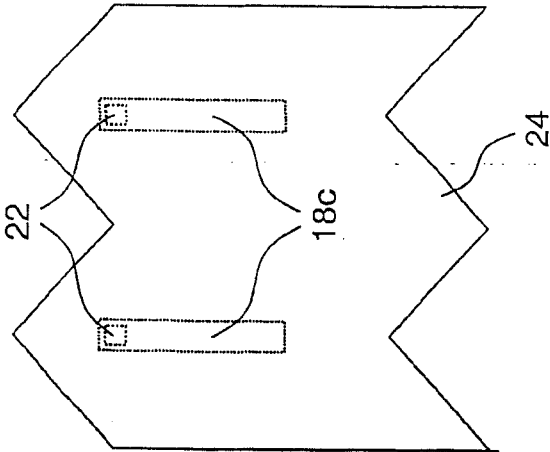


图 6A

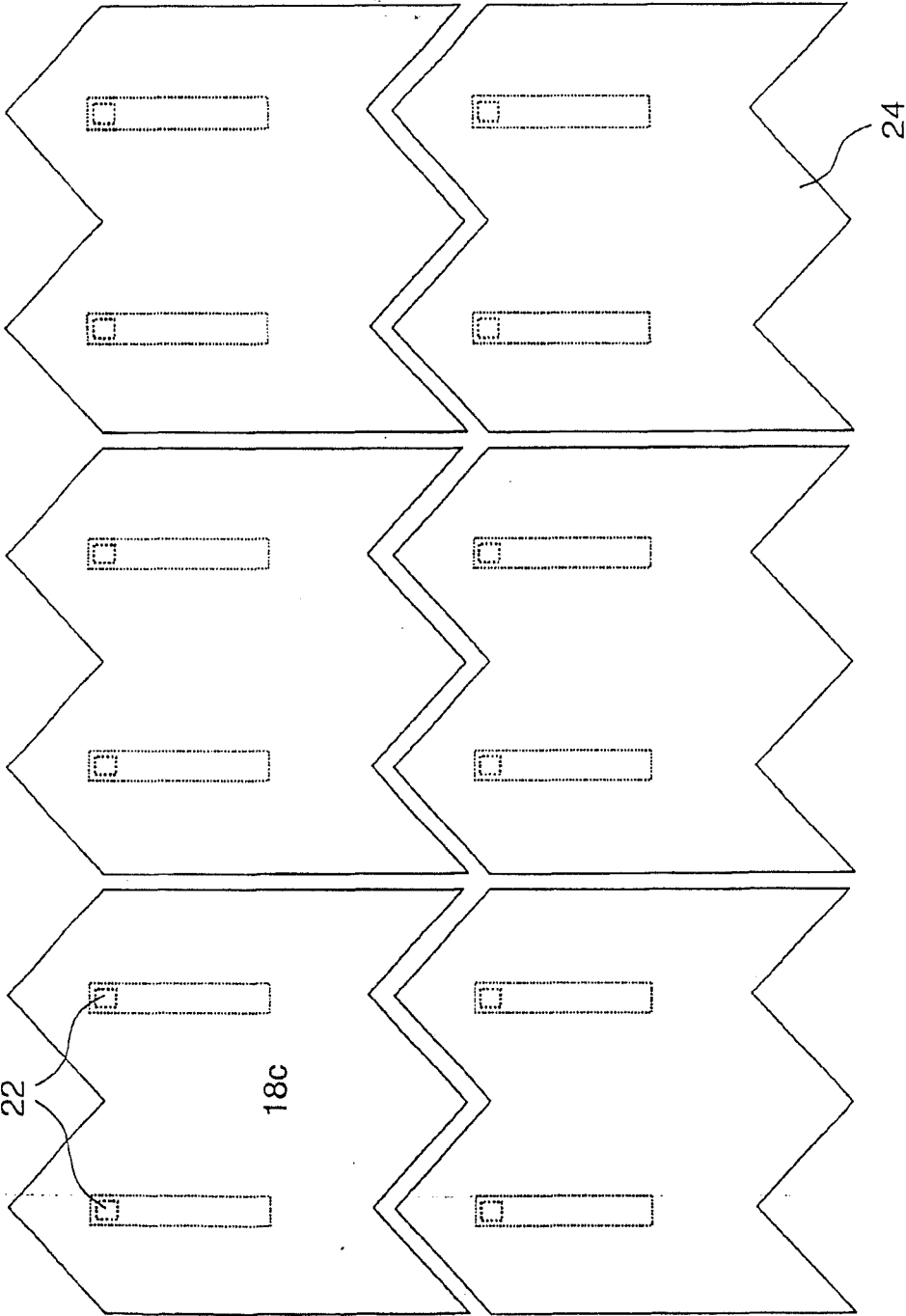


图 7

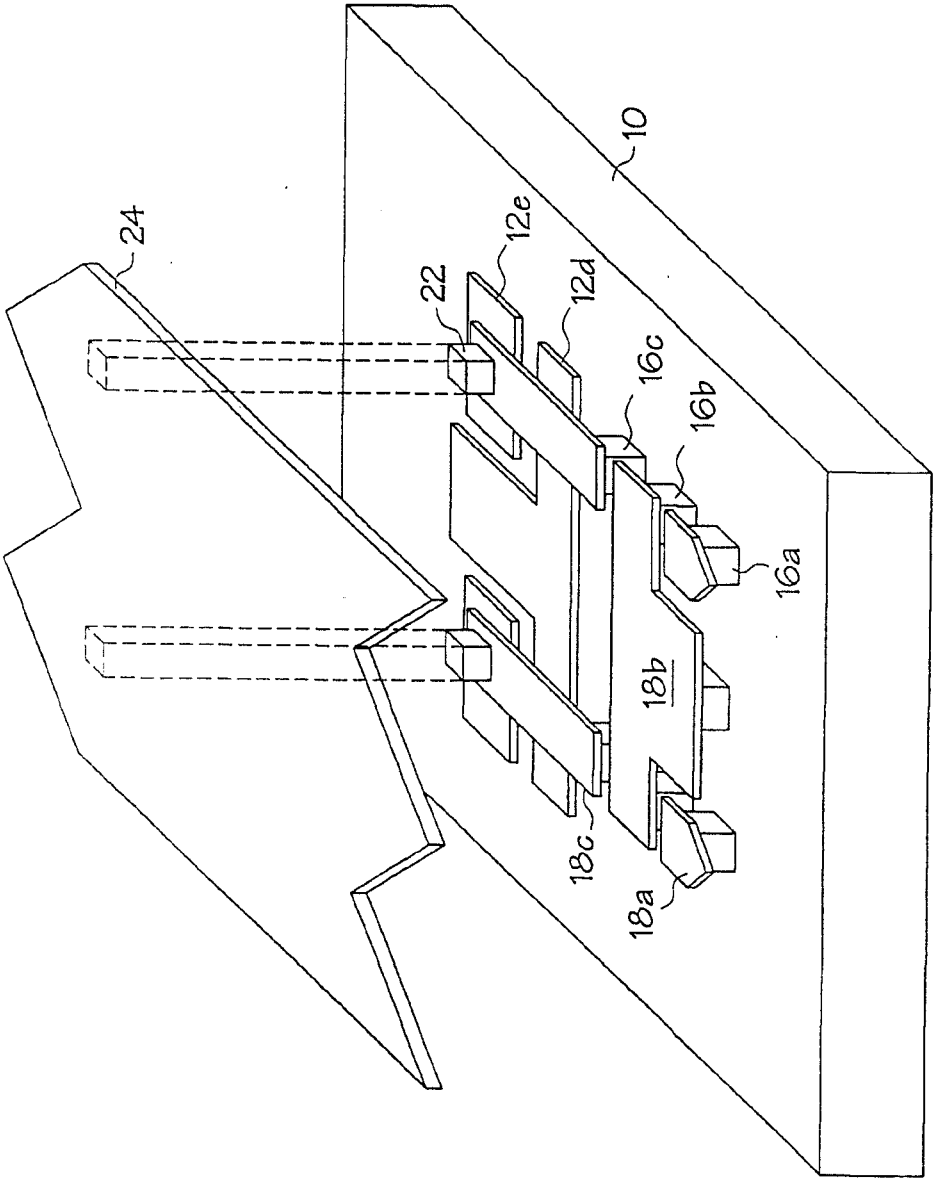


图 8

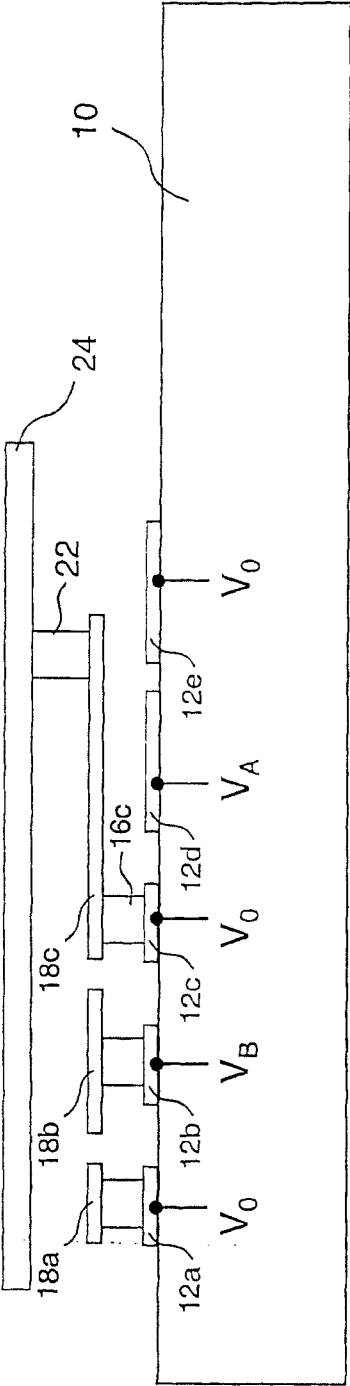


图 9A

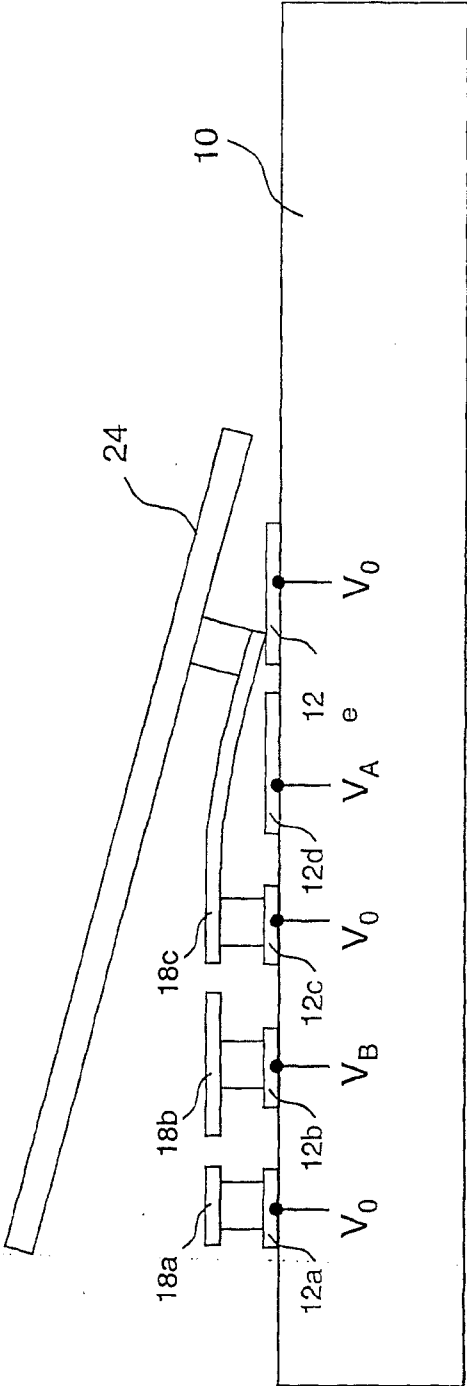


图 9B

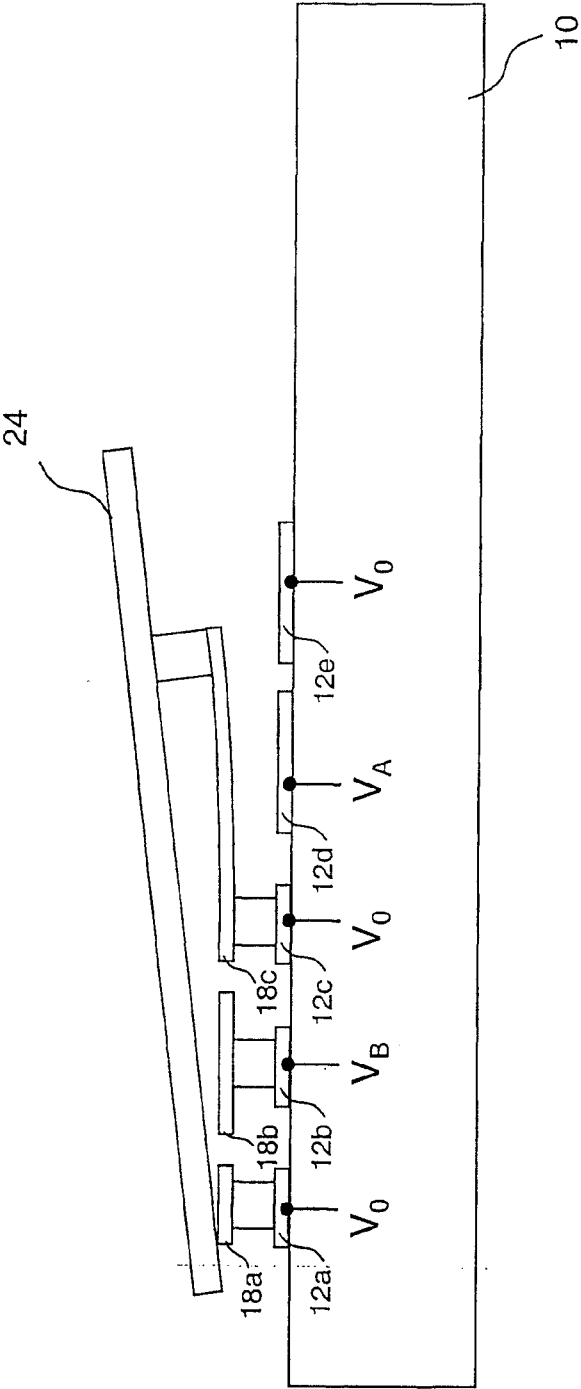


图 9C

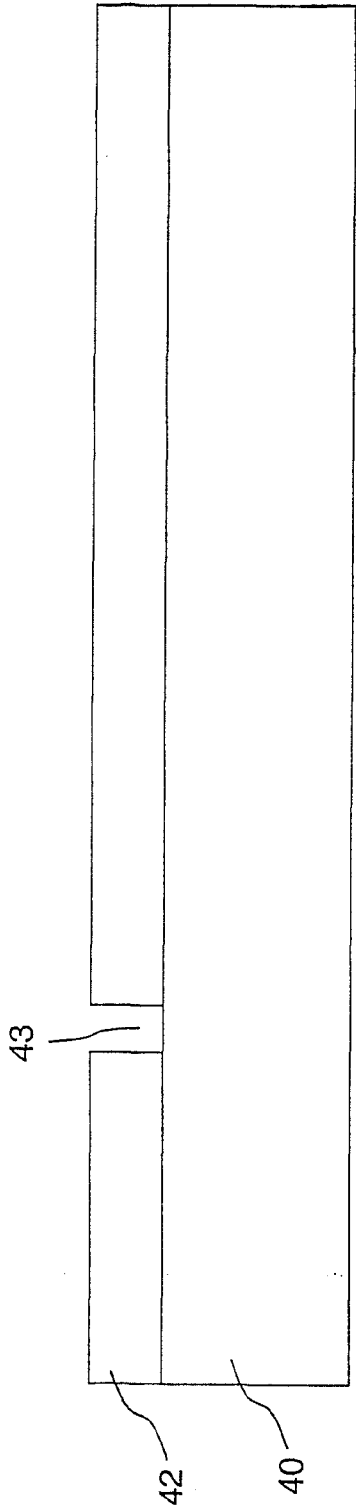


图 10A

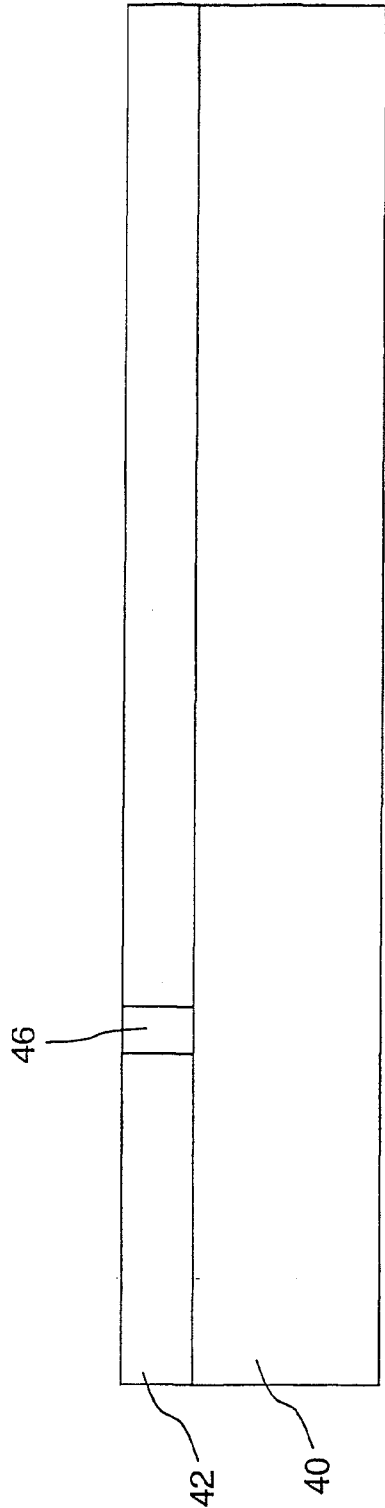


图 10B

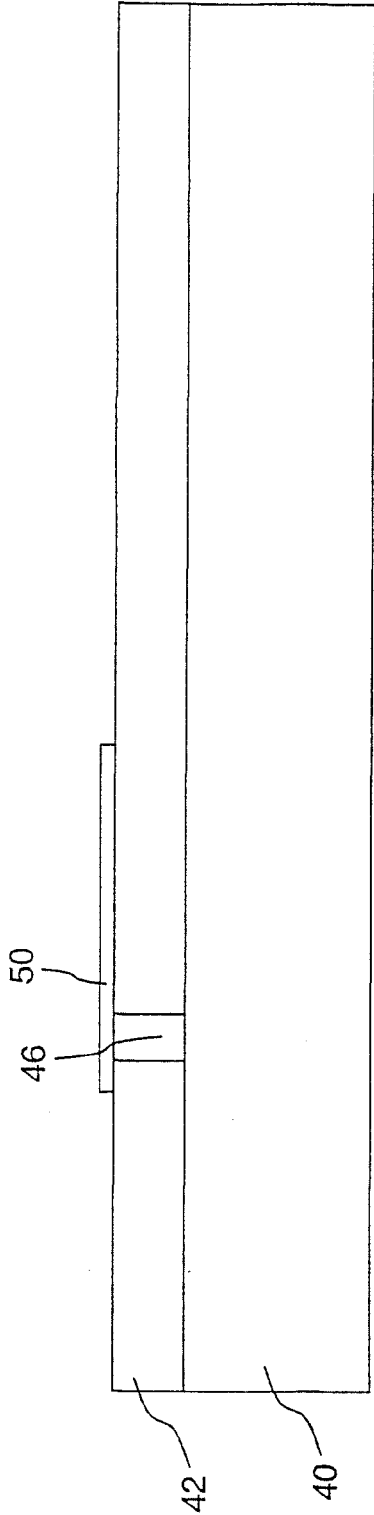


图 10C

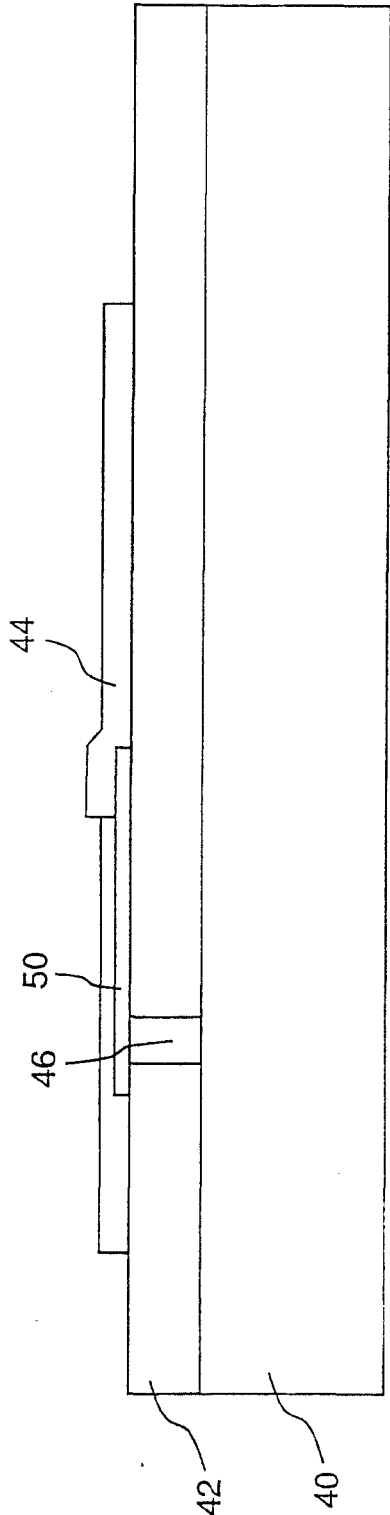


图 10D

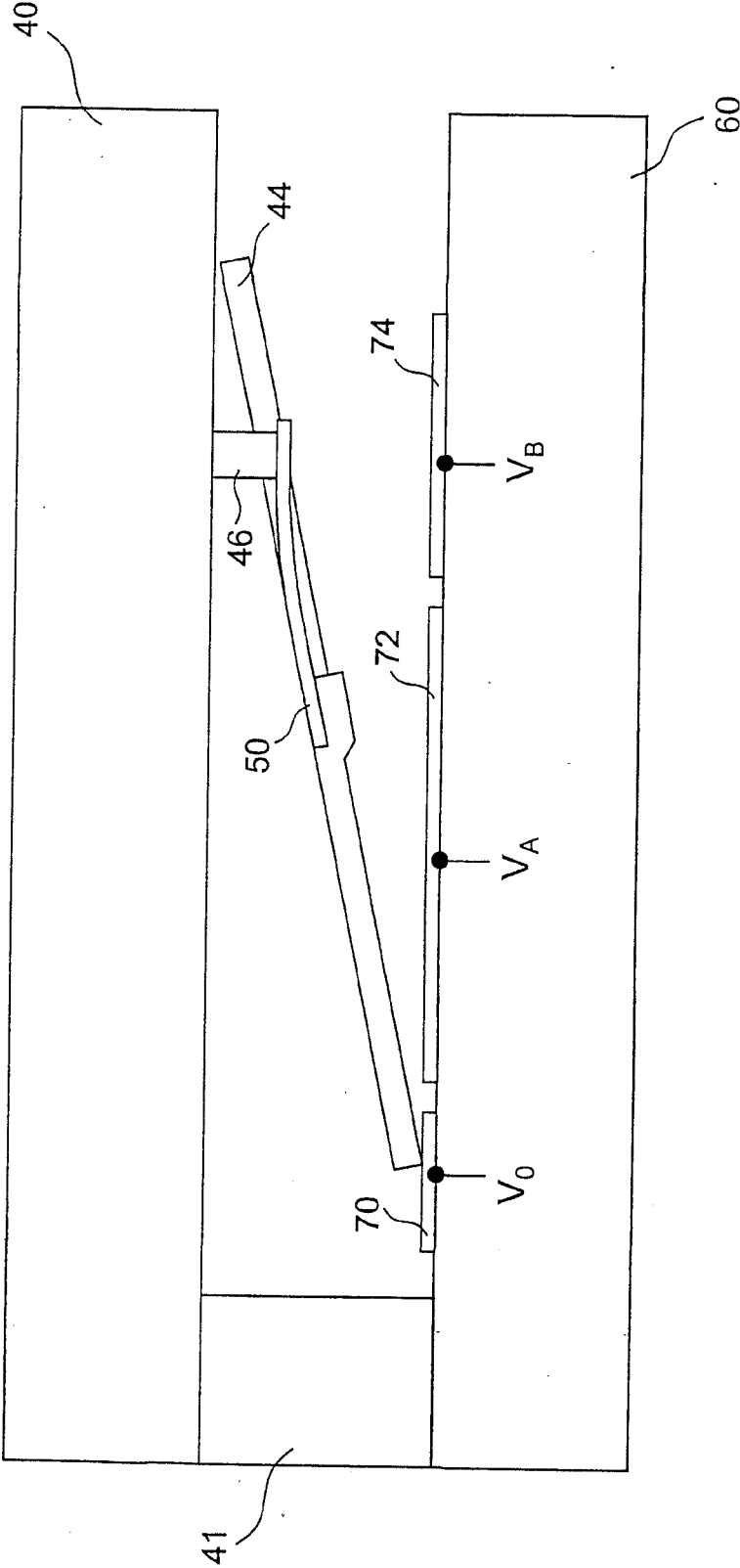


图 11B

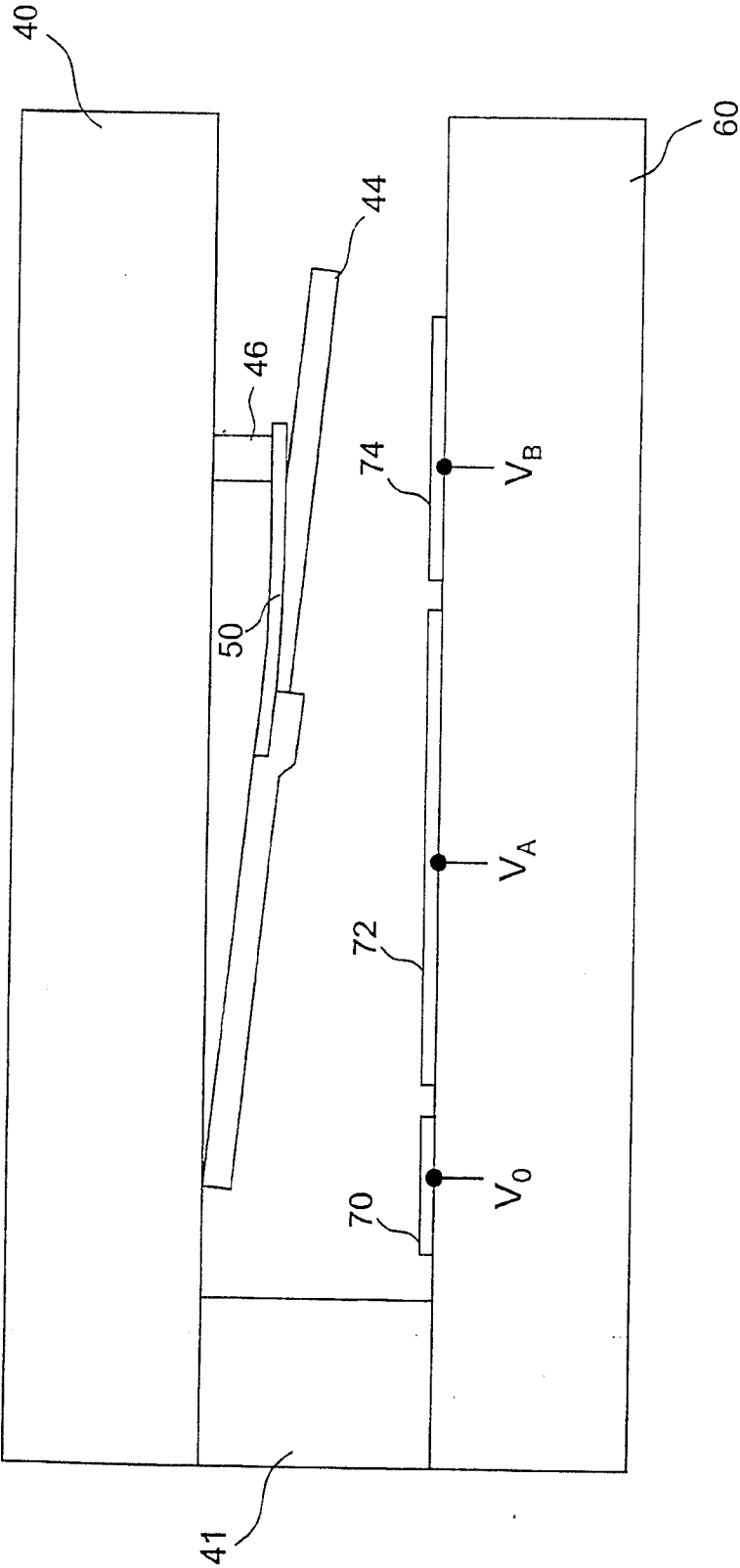


图 11C

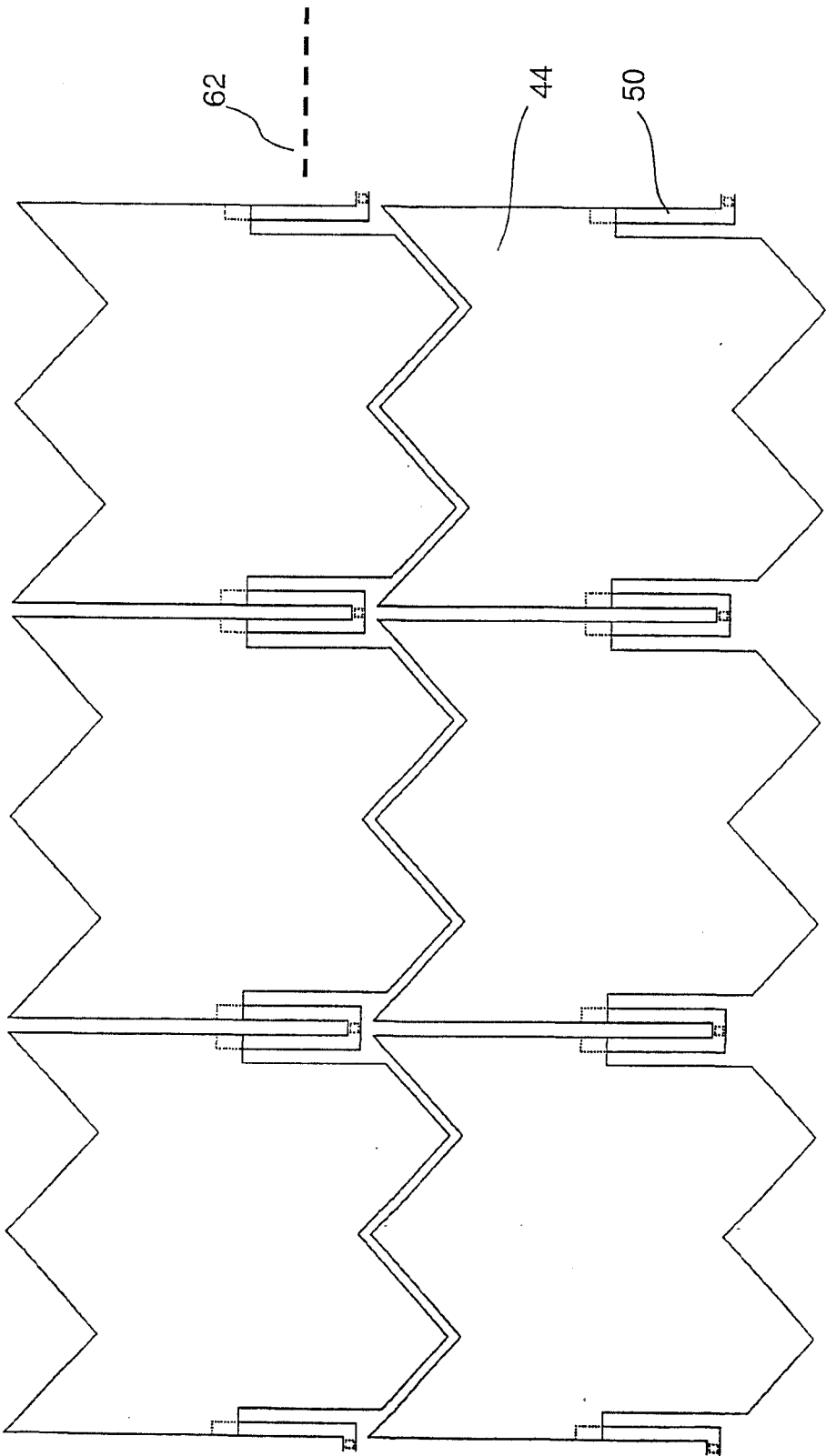


图 12

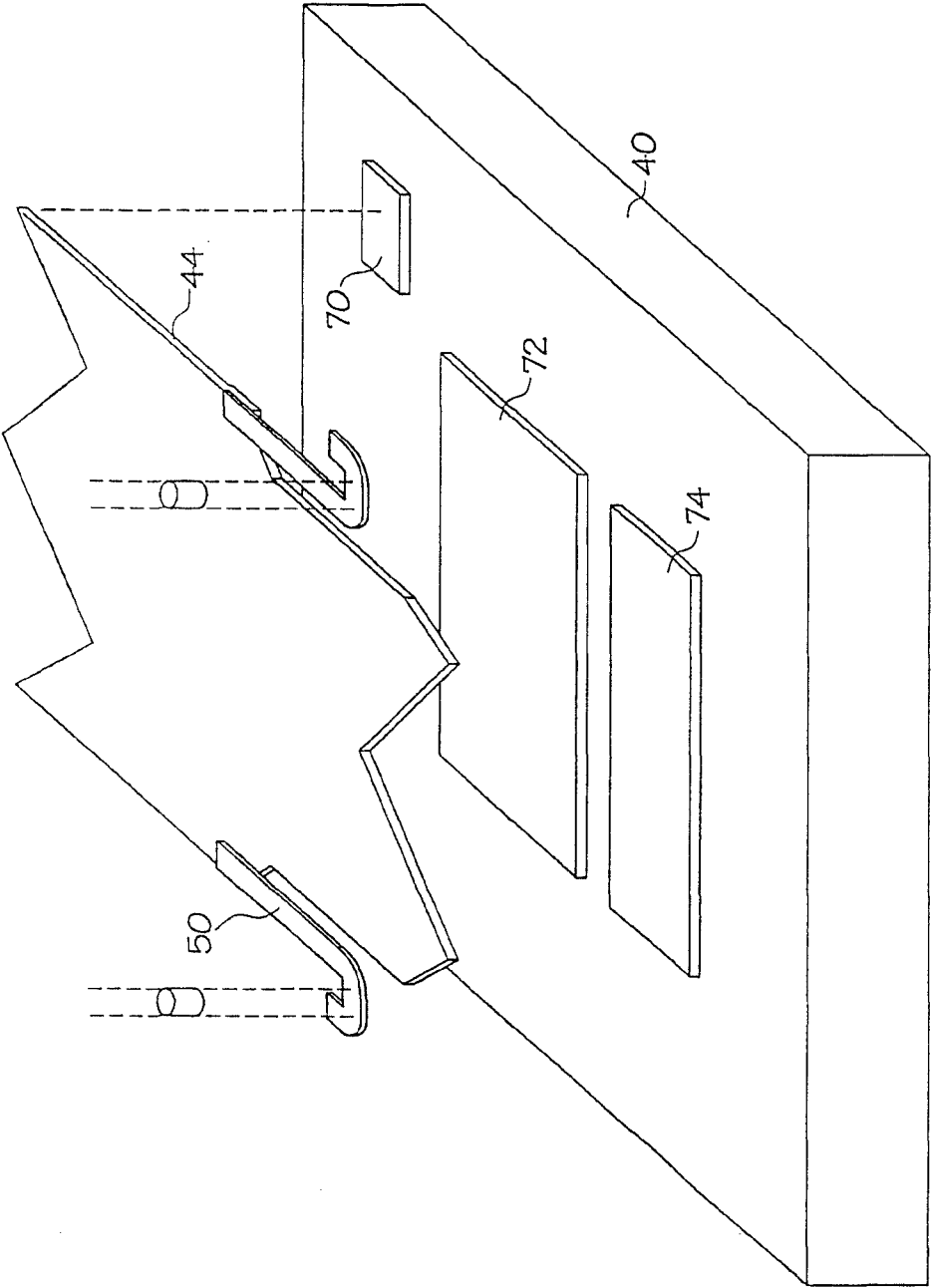


图 13

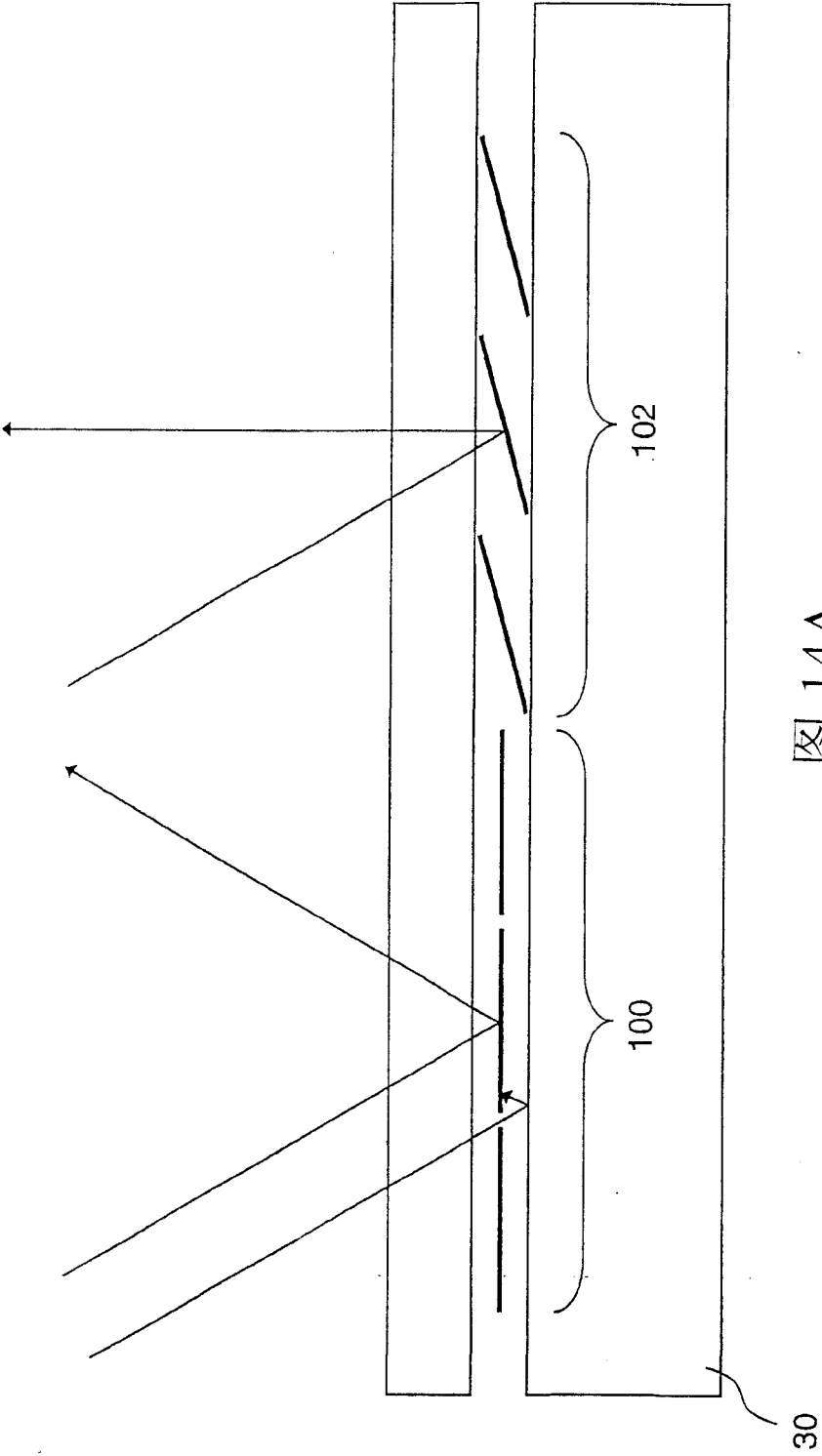


图 14A

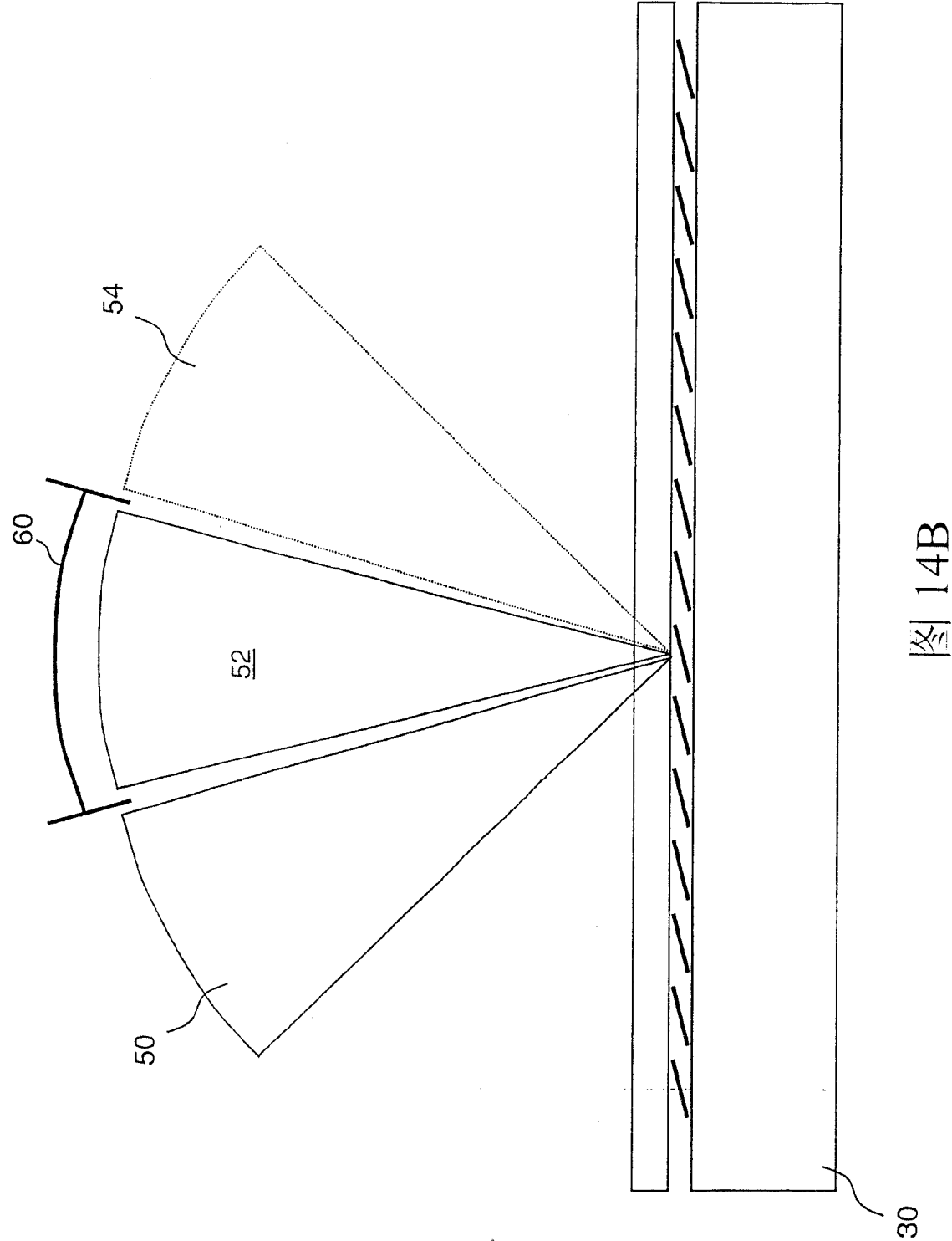


图 14B

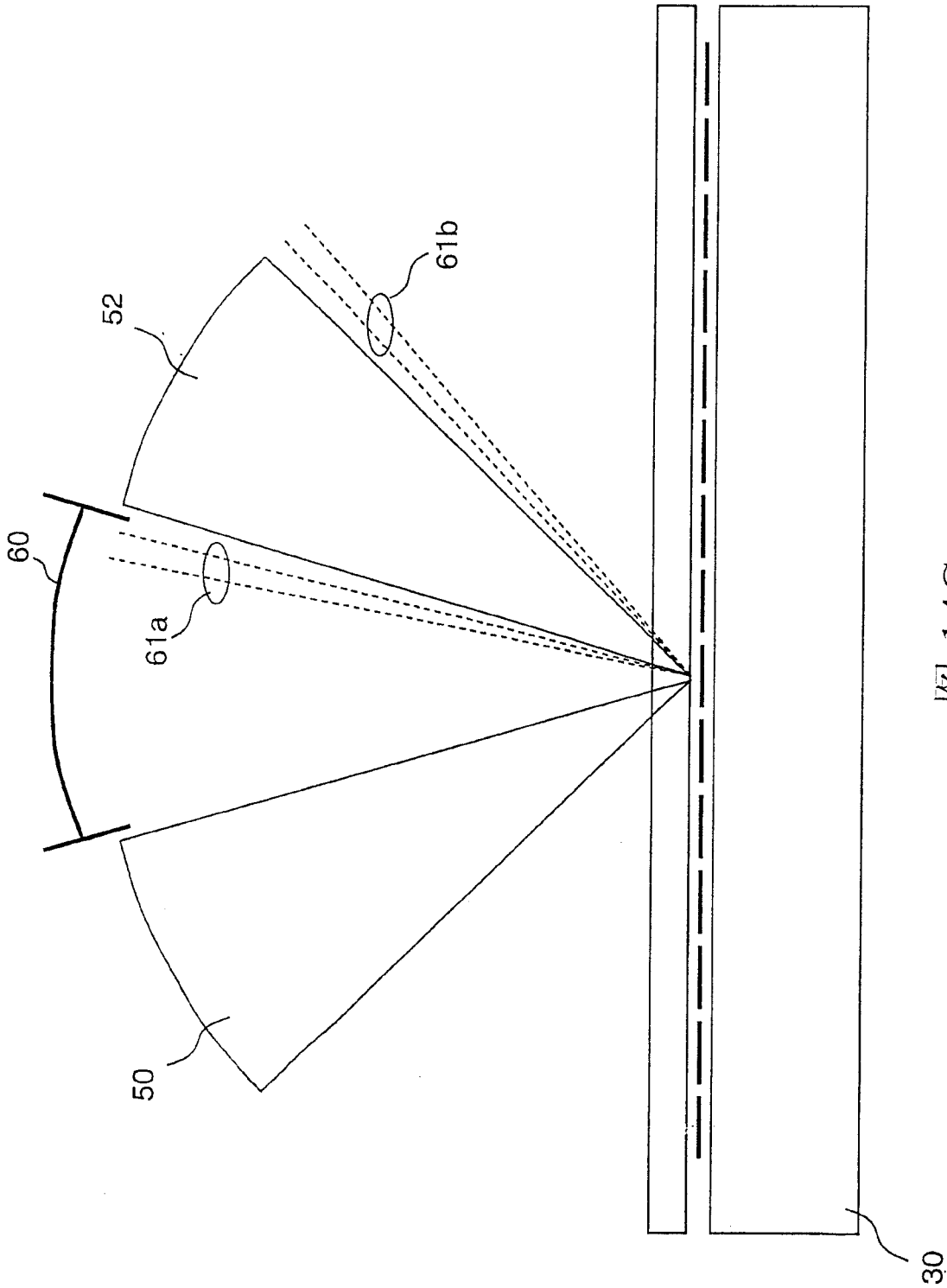
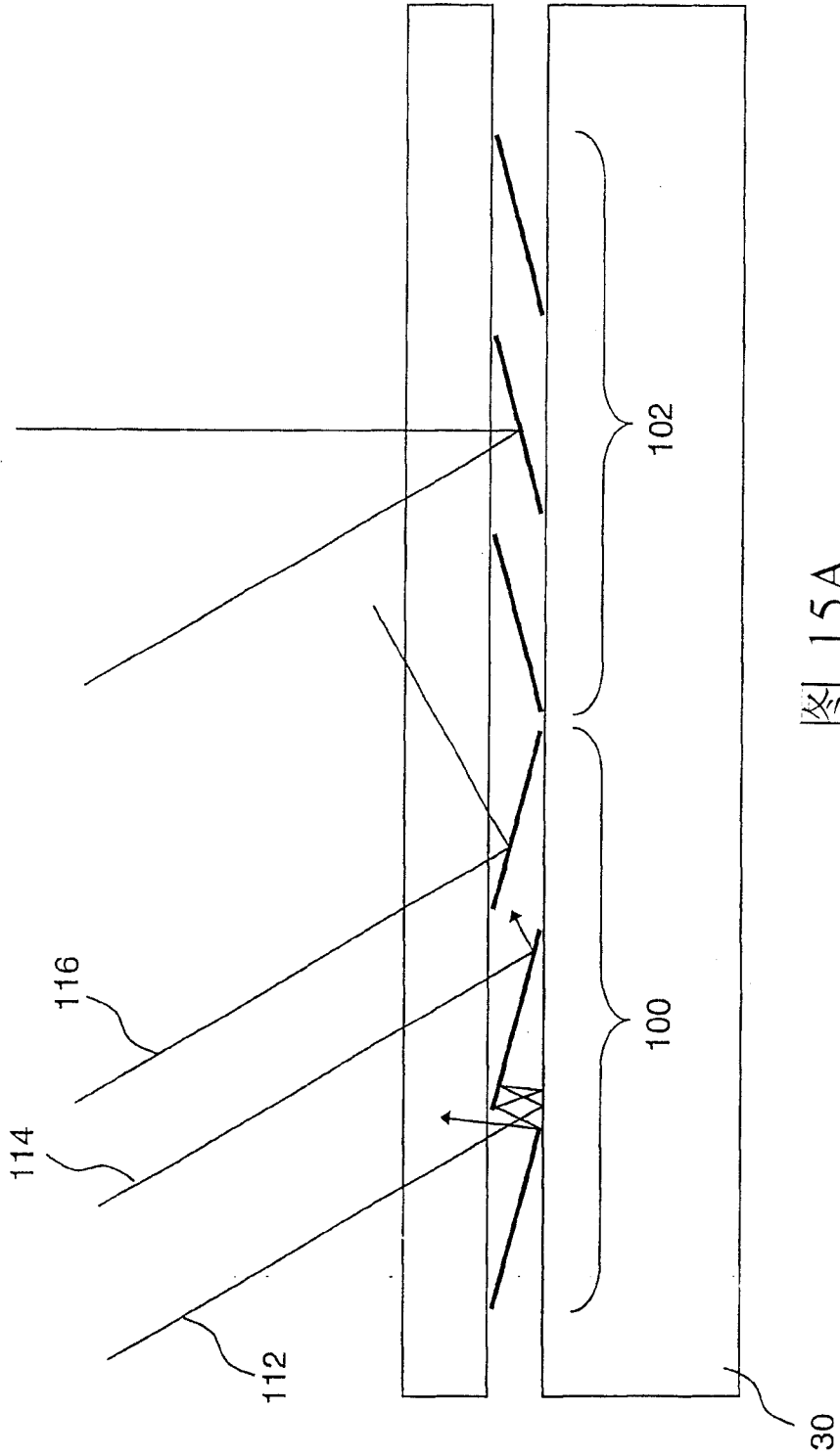


图 14C



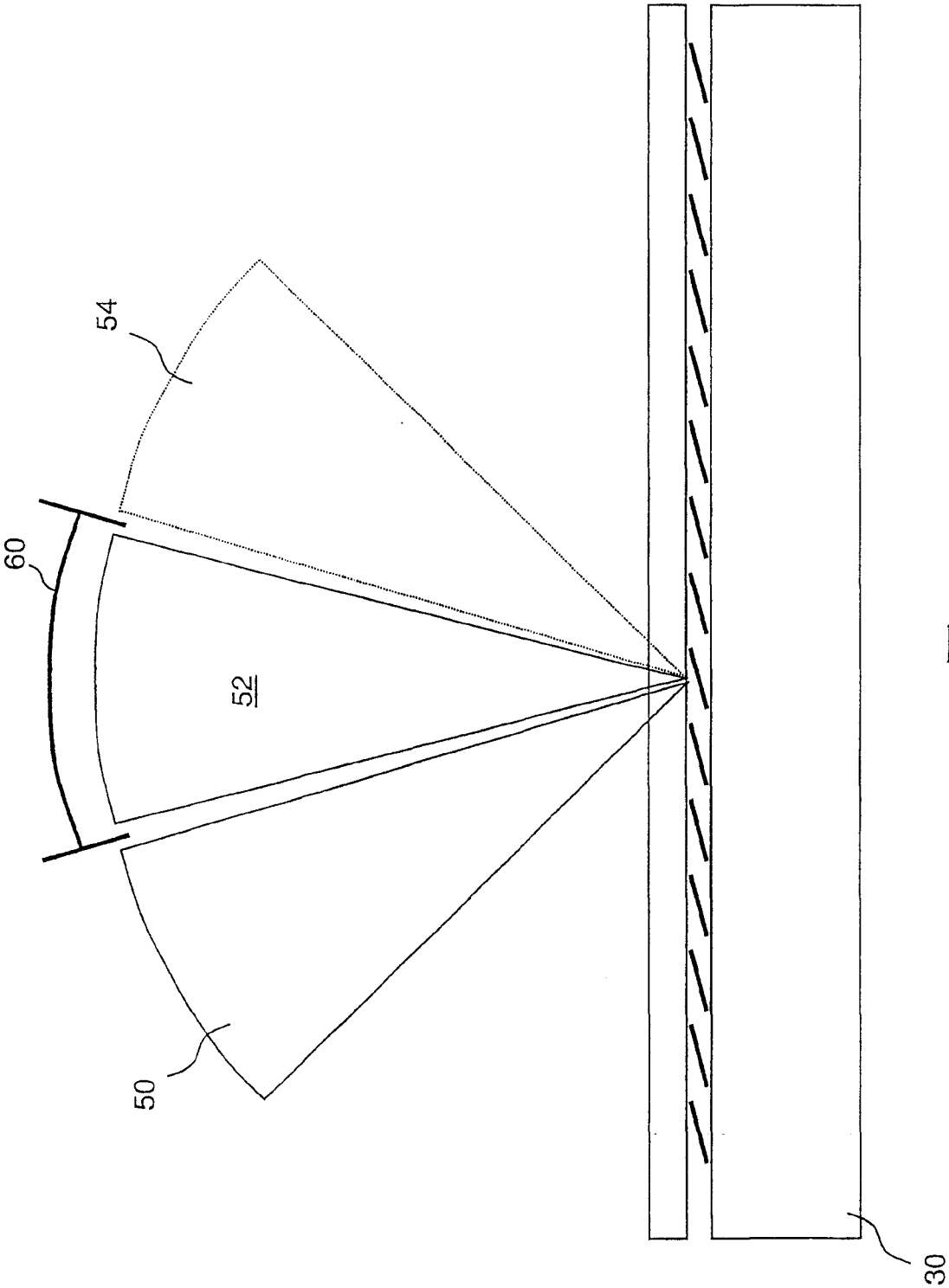


图 15B

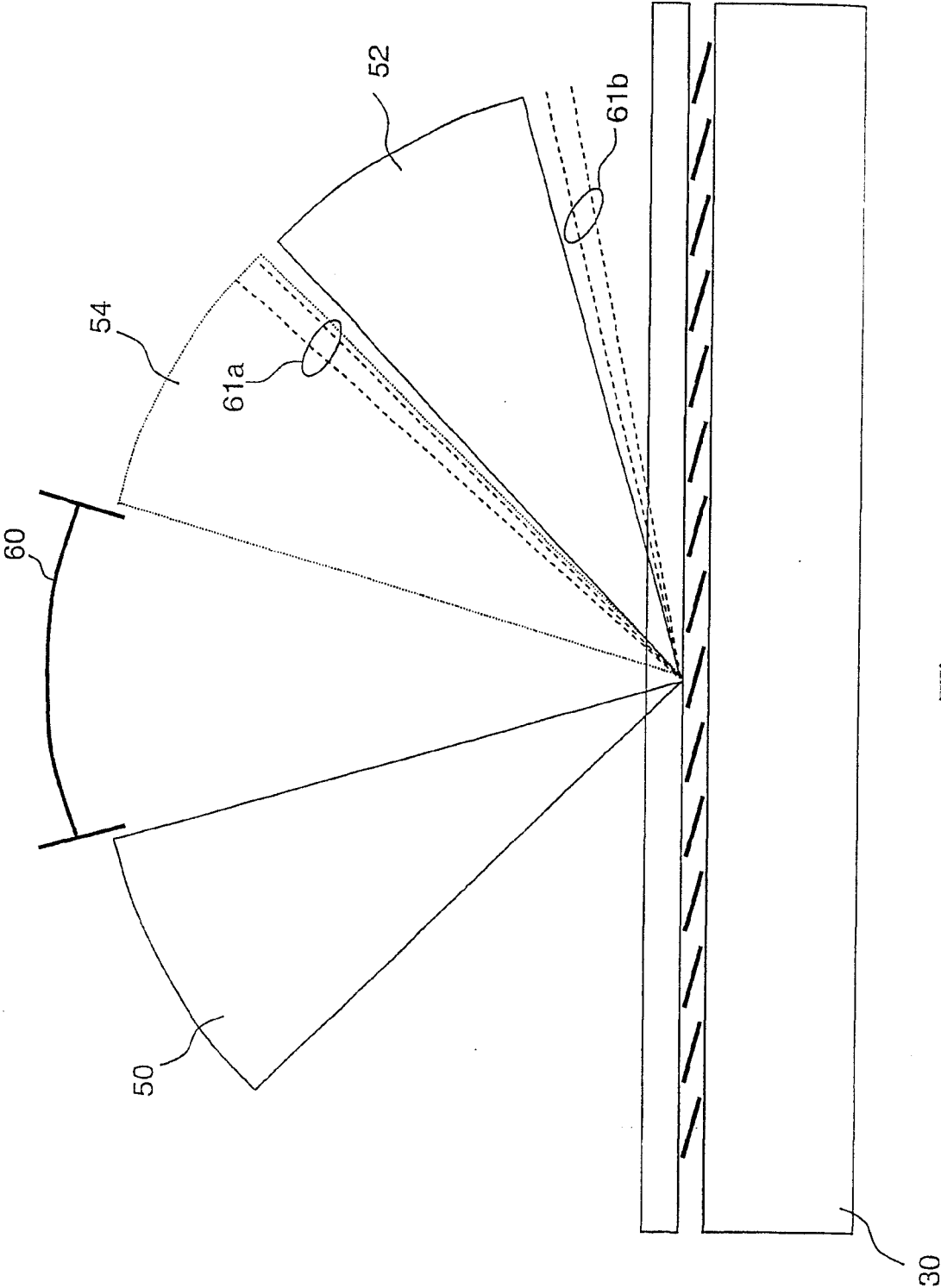


图 15C

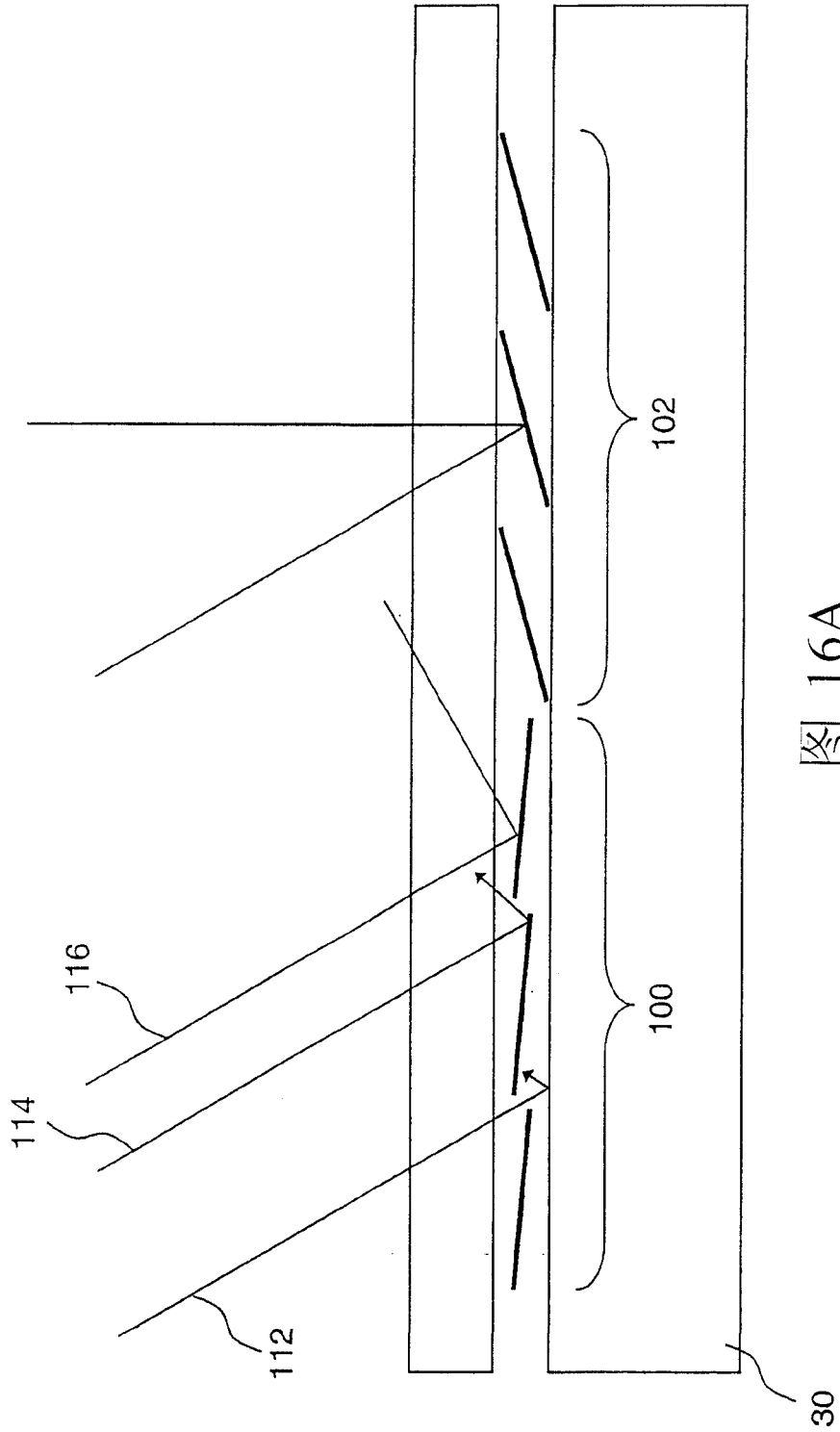


图 16A

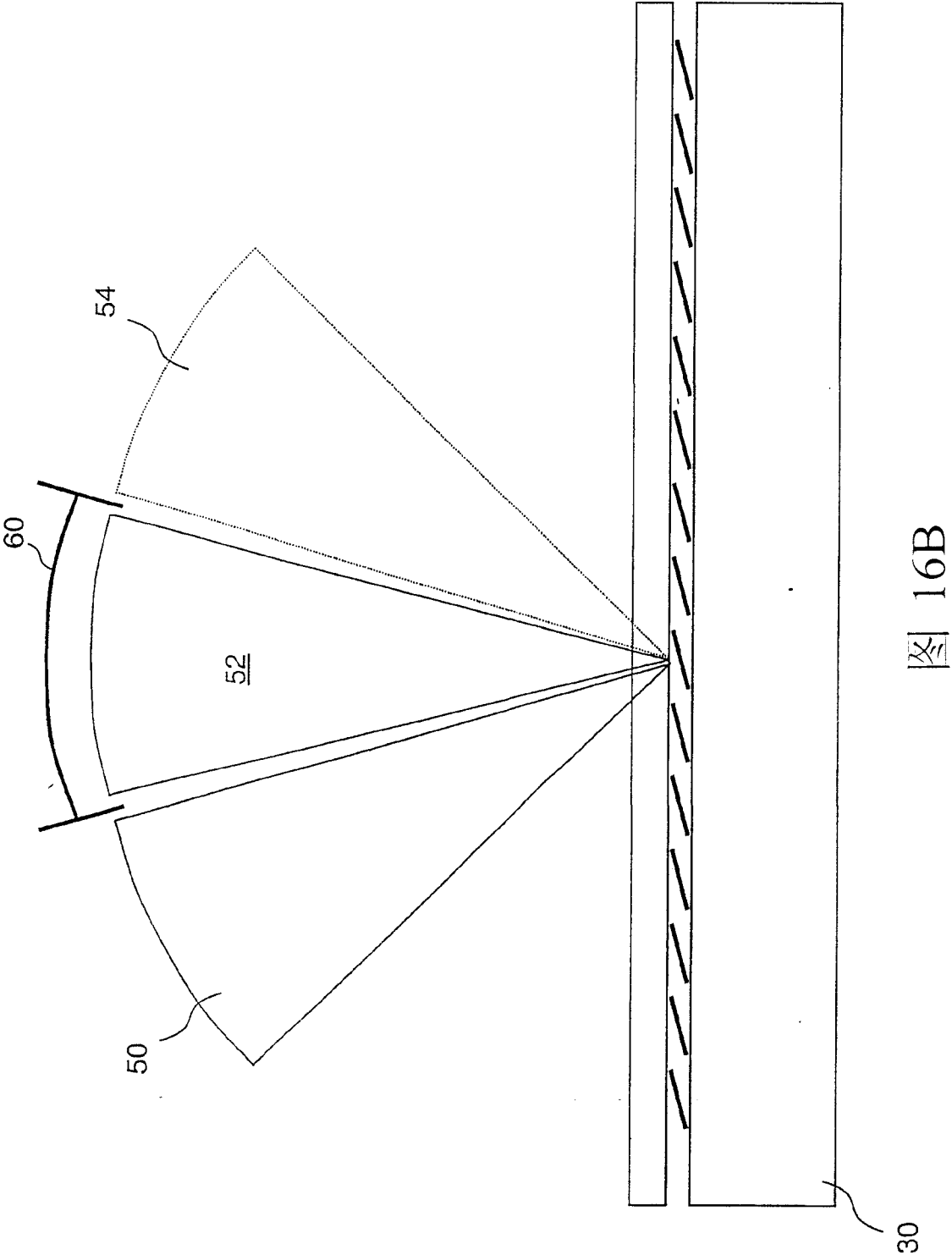


图 16B

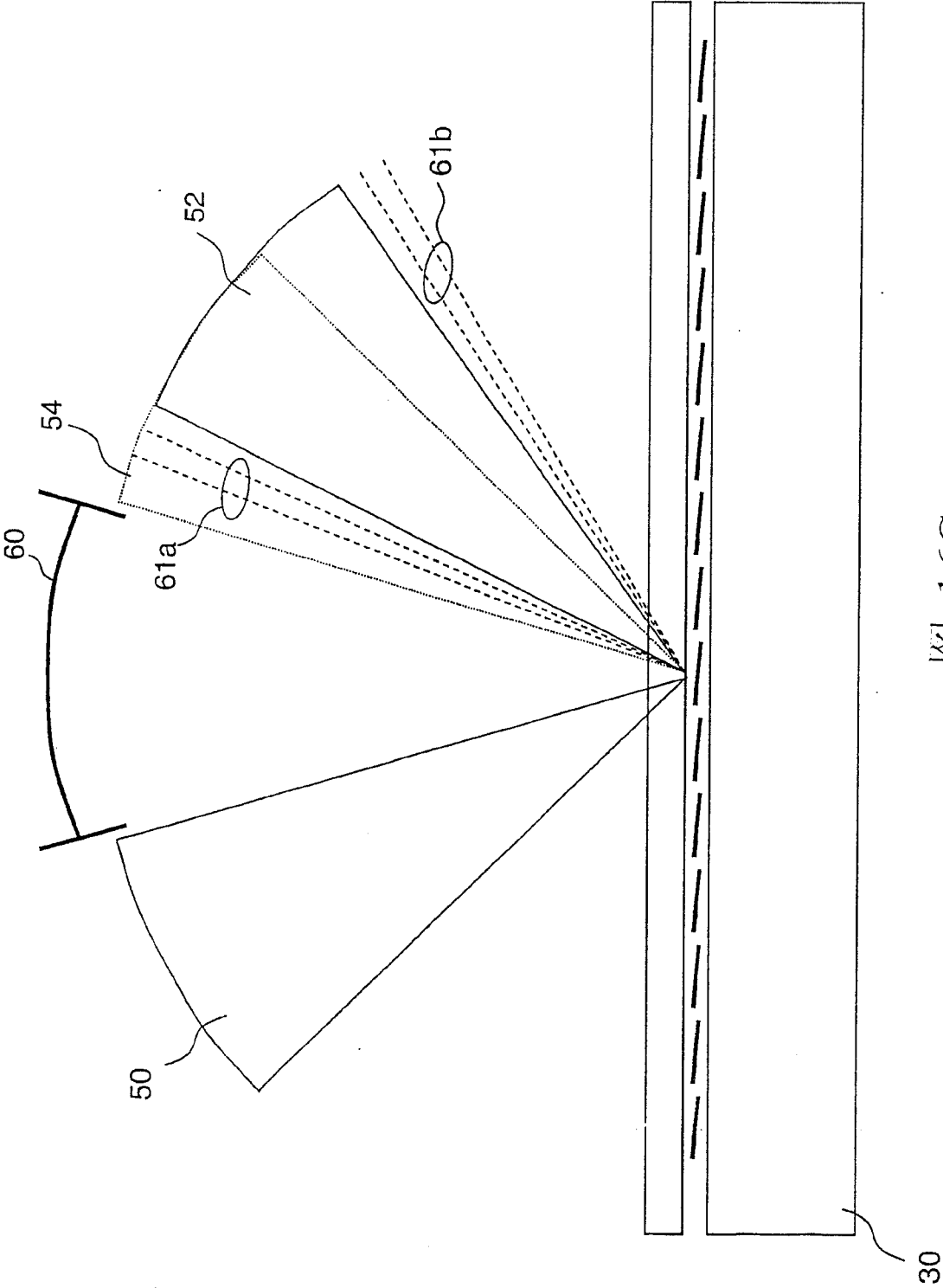


图 16C

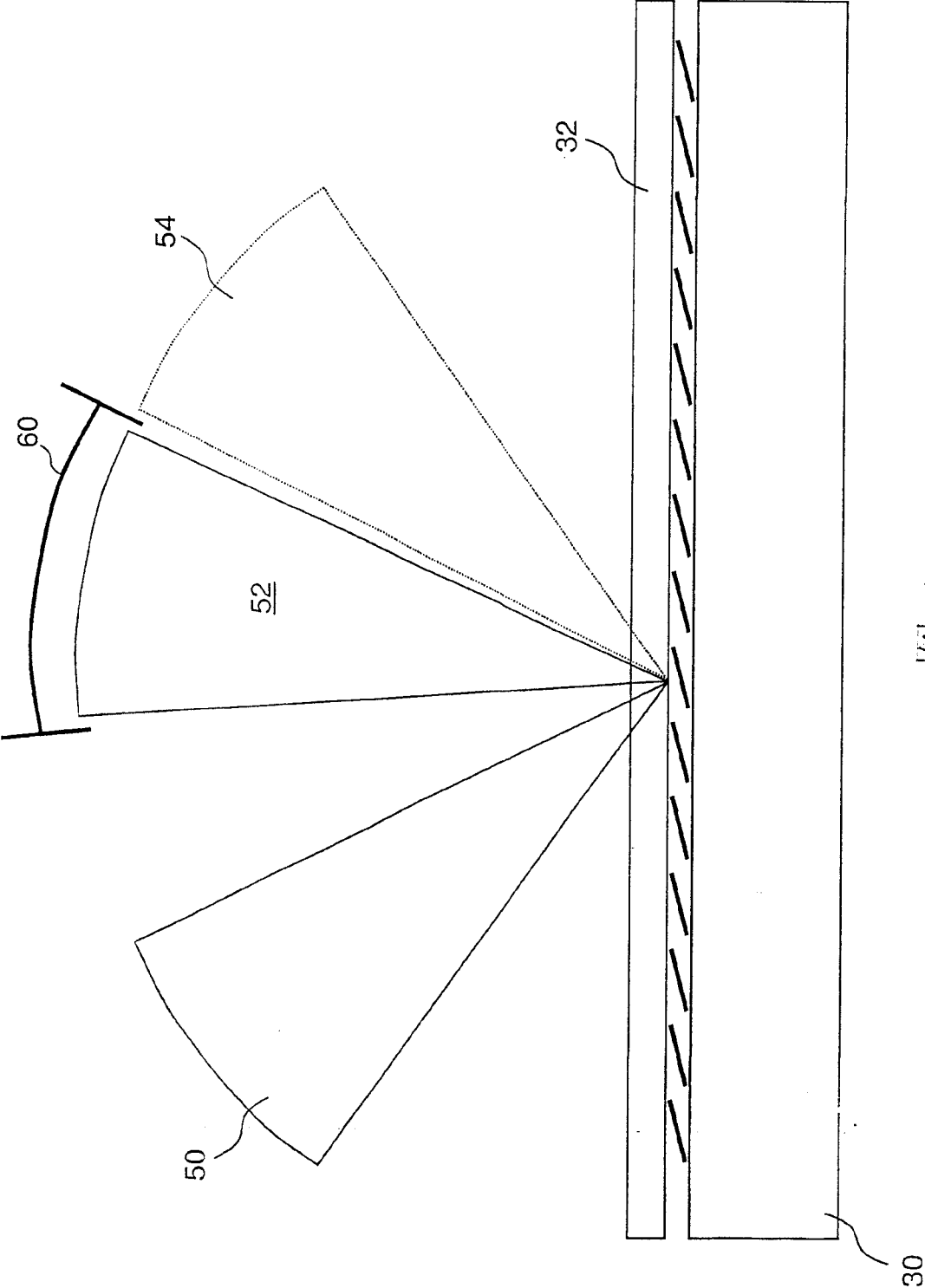


图 17A

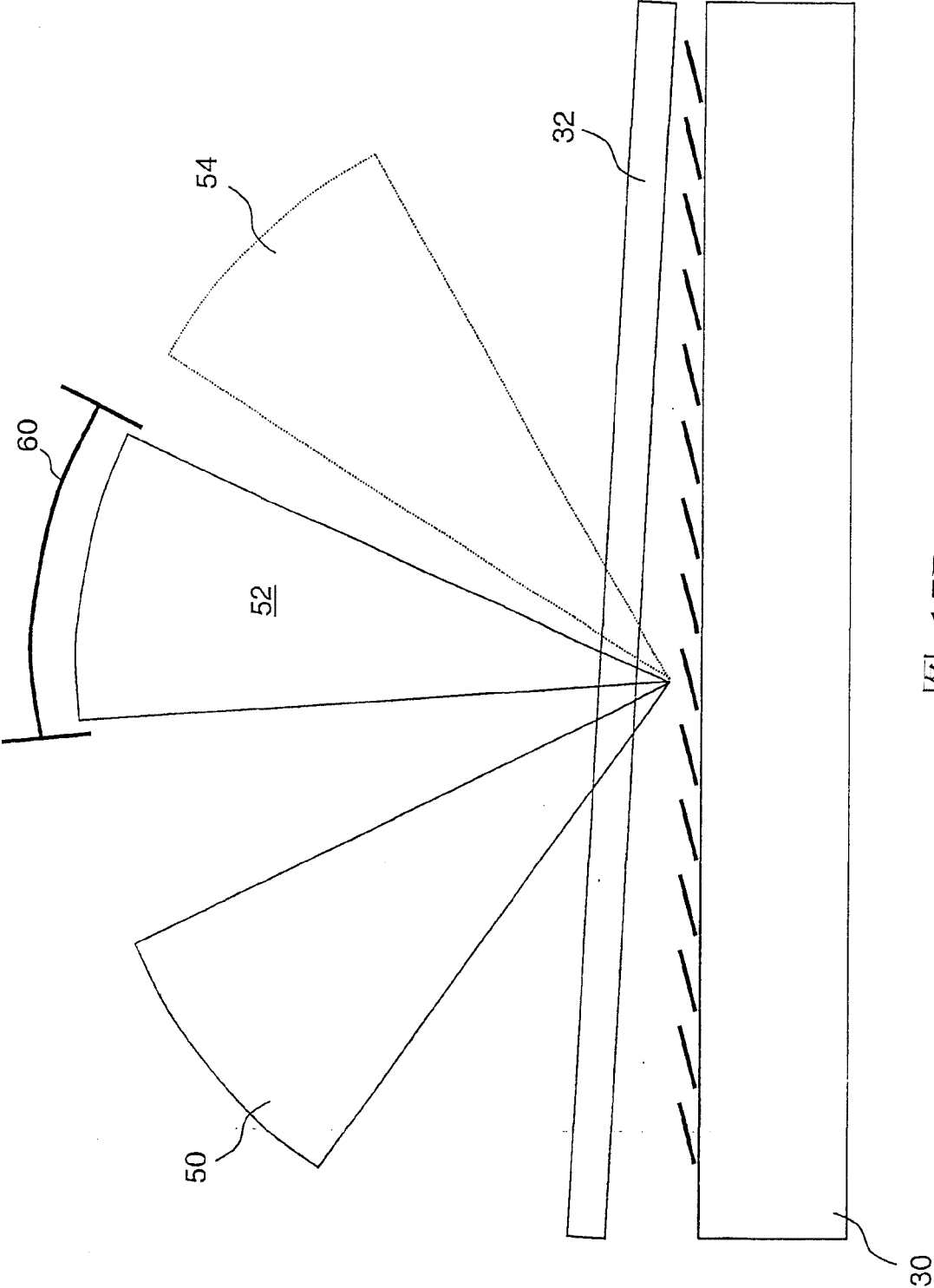


图 17B

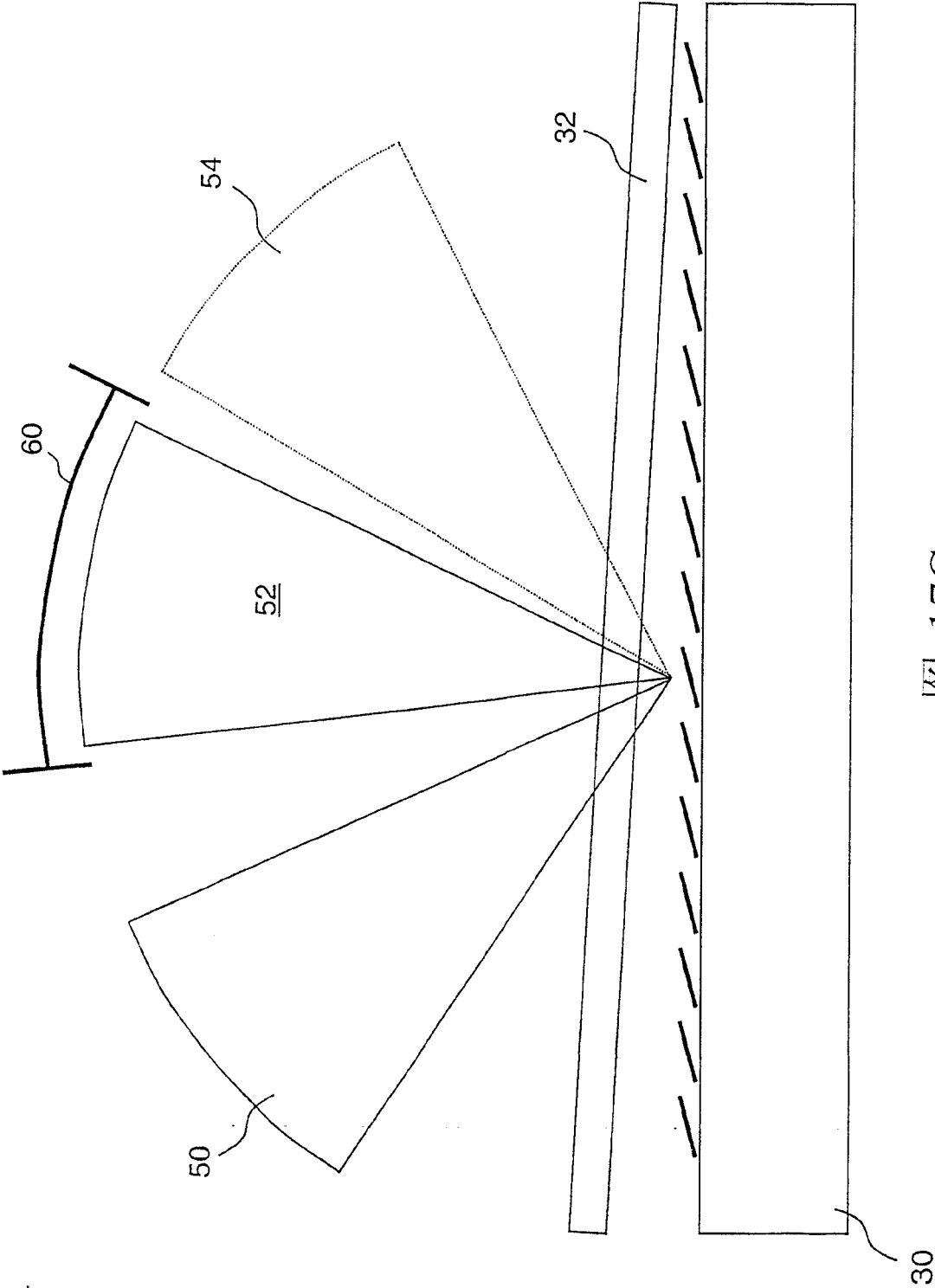


图 17C

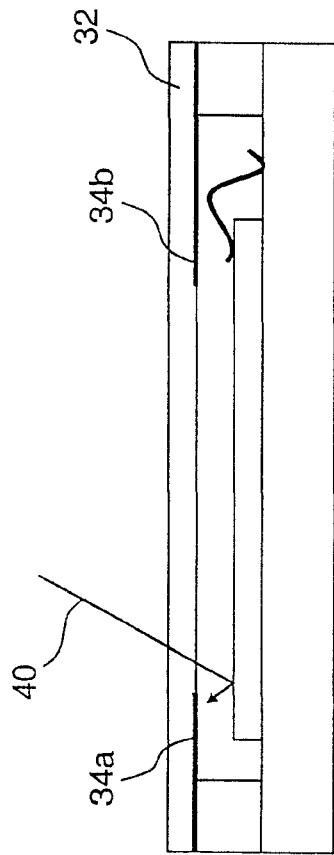


图 17D

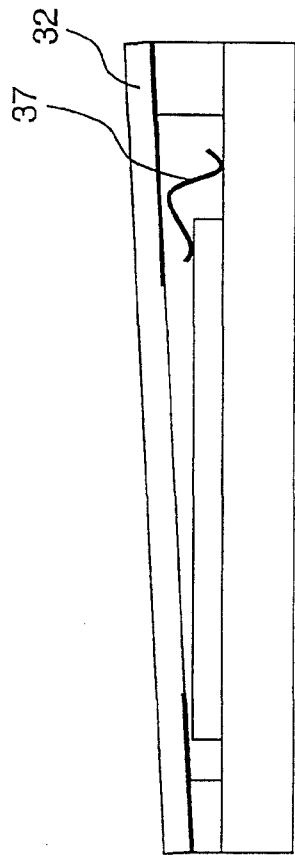


图 17E

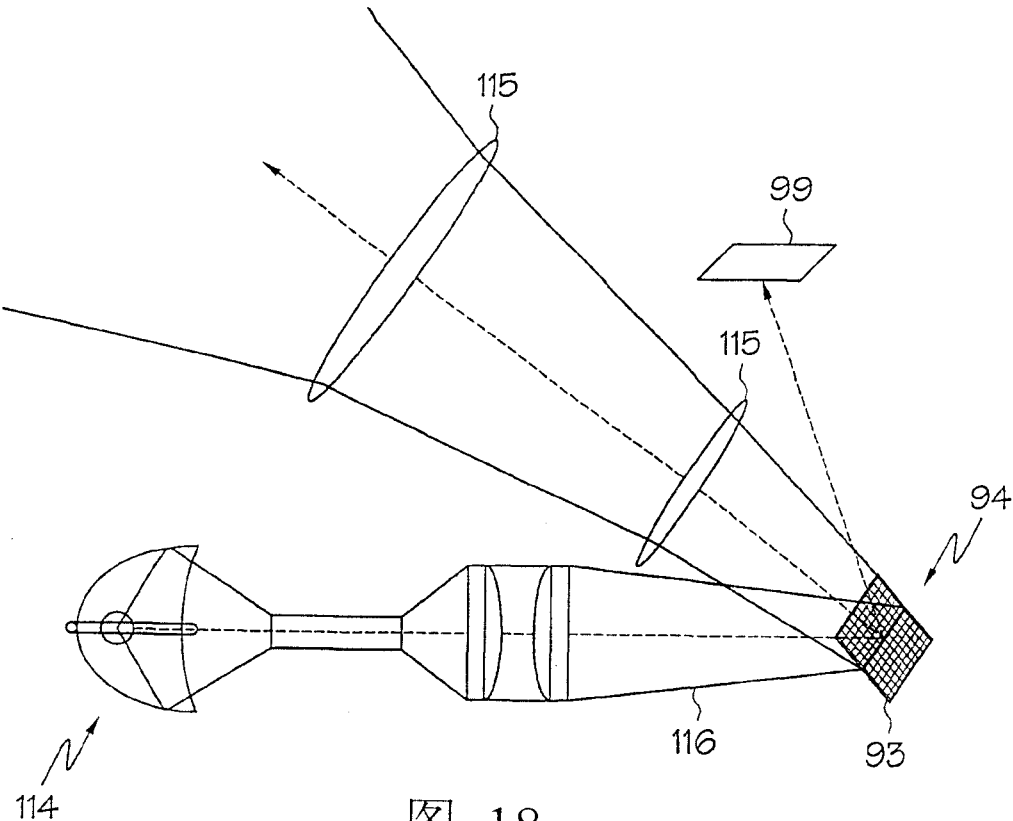


图 18

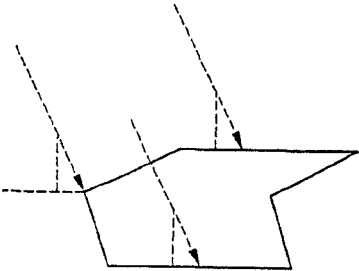


图 19A

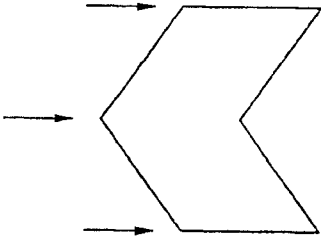


图 19B

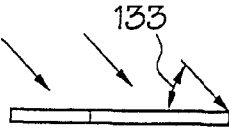


图 19C

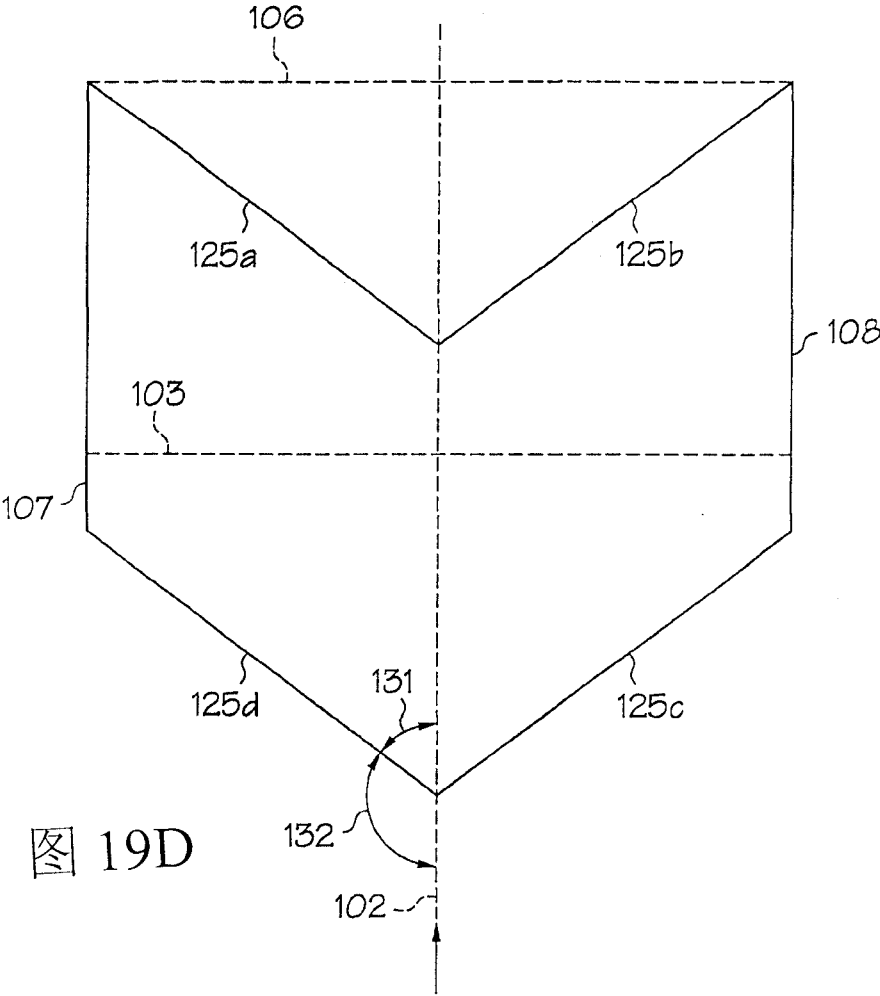


图 19D

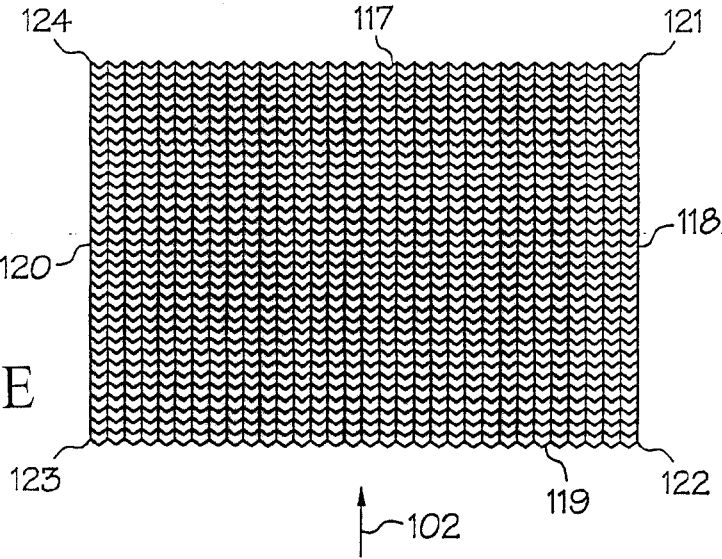


图 19E

图 20

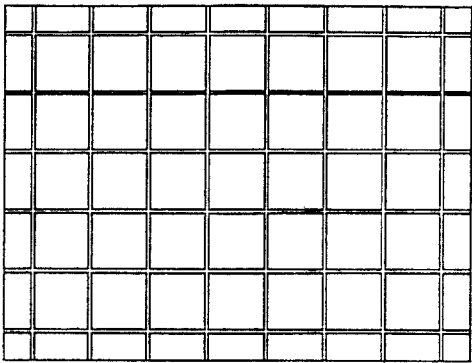


图 21

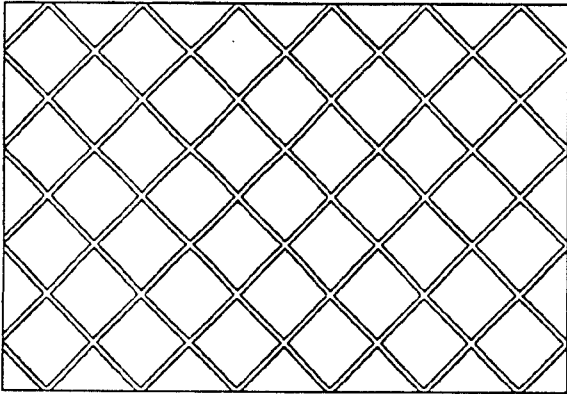
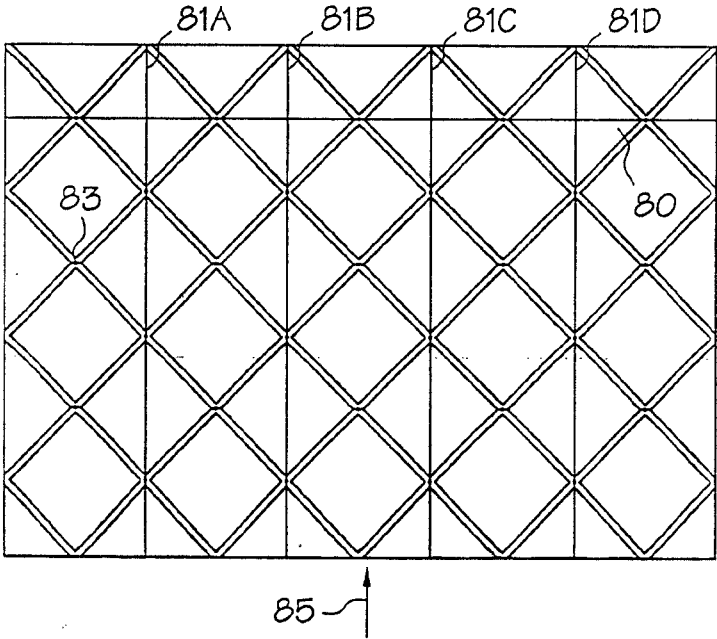


图 22



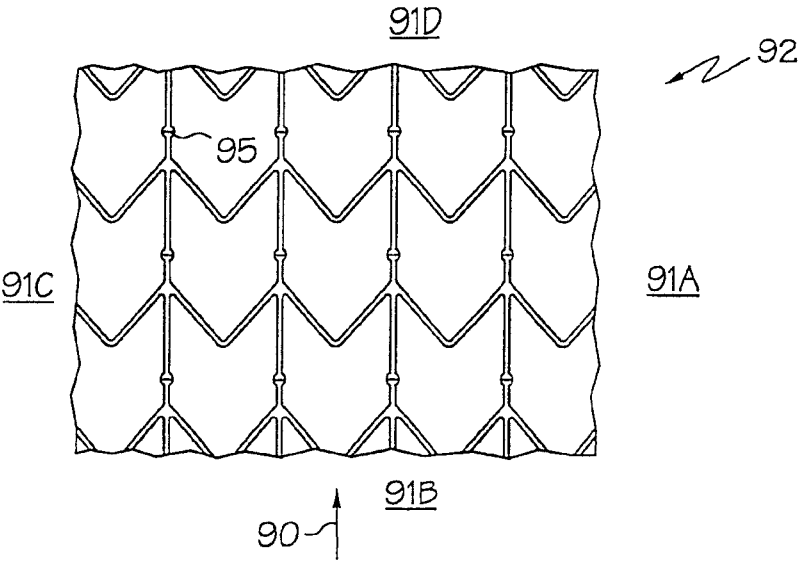


图 23

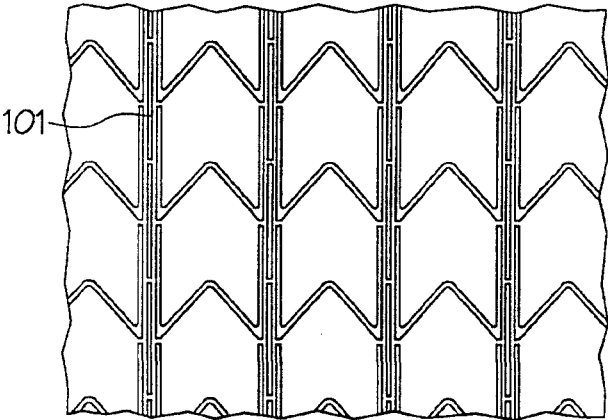


图 24

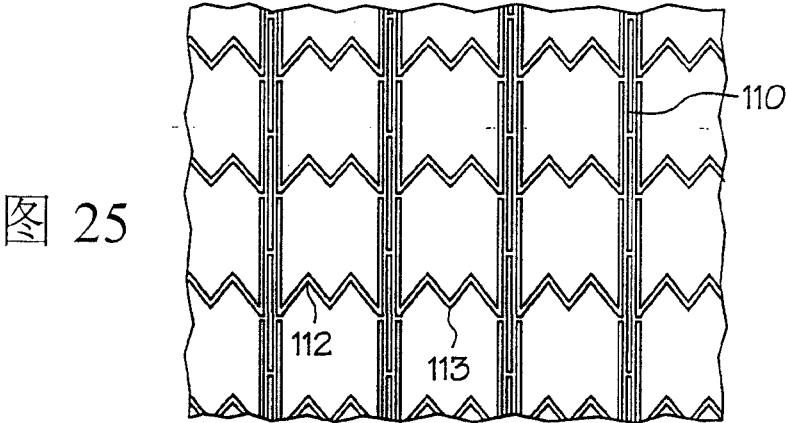


图 25

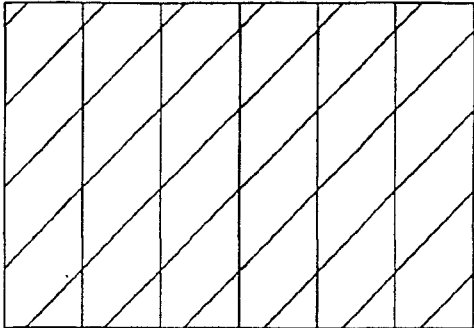


图 26A

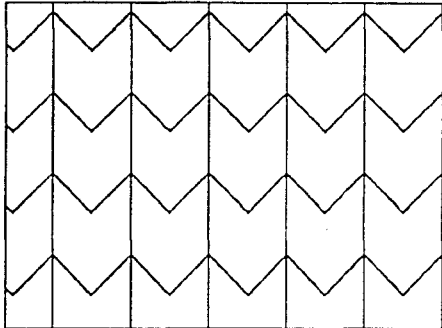


图 26B

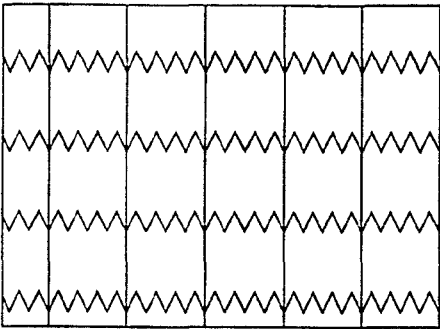


图 26C

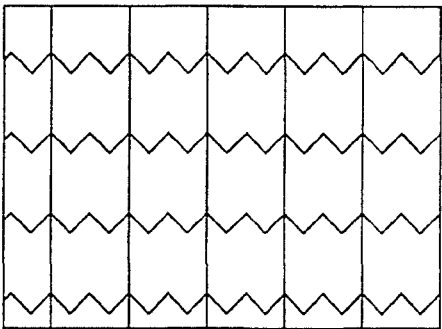


图 26D

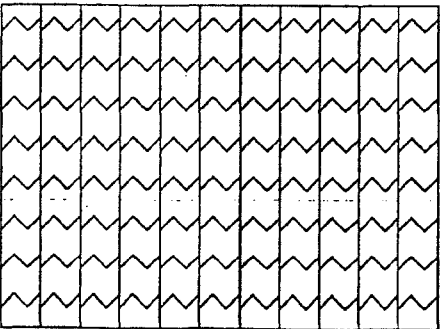


图 26E

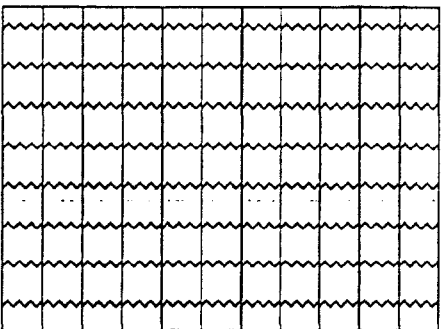


图 26F

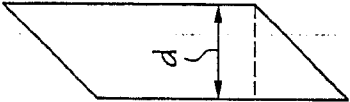


图 27A

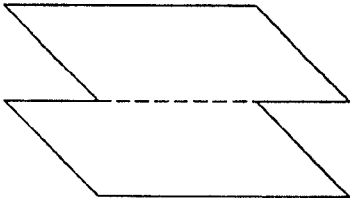


图 27B

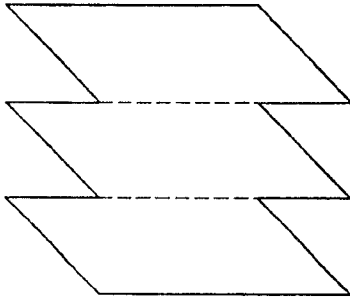


图 27C

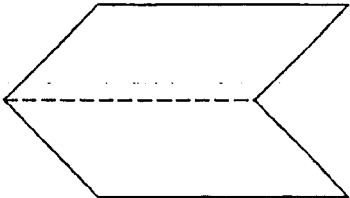


图 27D

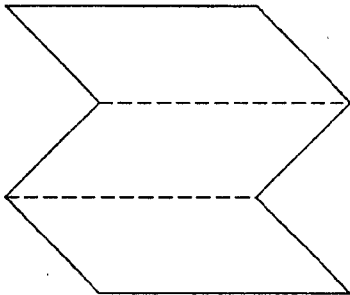


图 27E

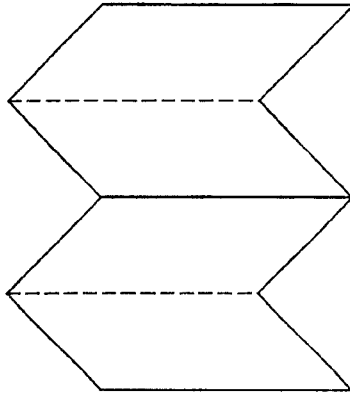


图 27F

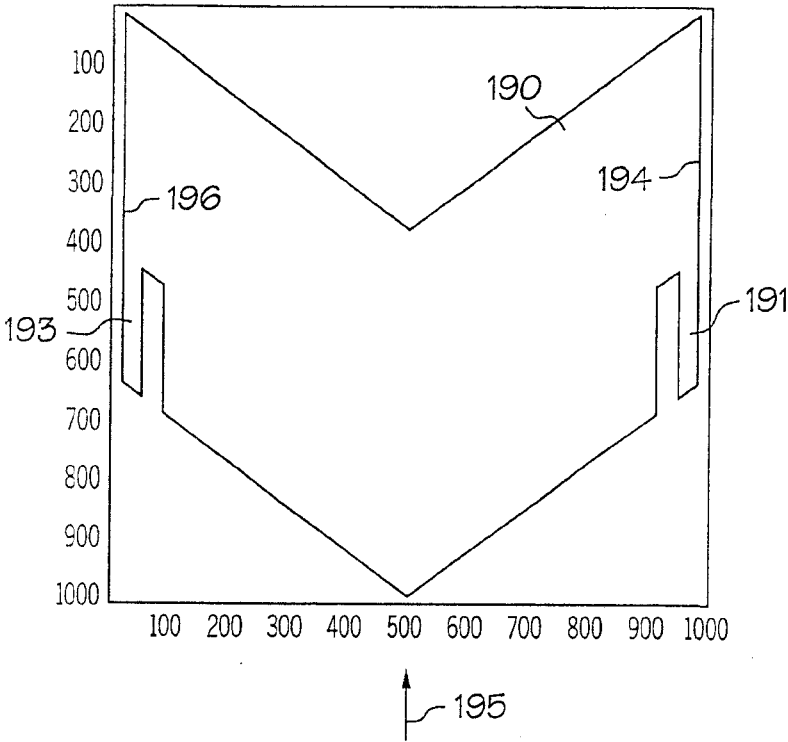


图 28

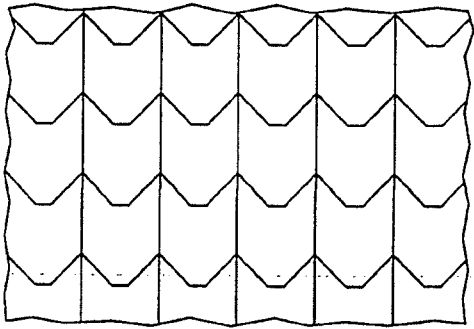


图 29

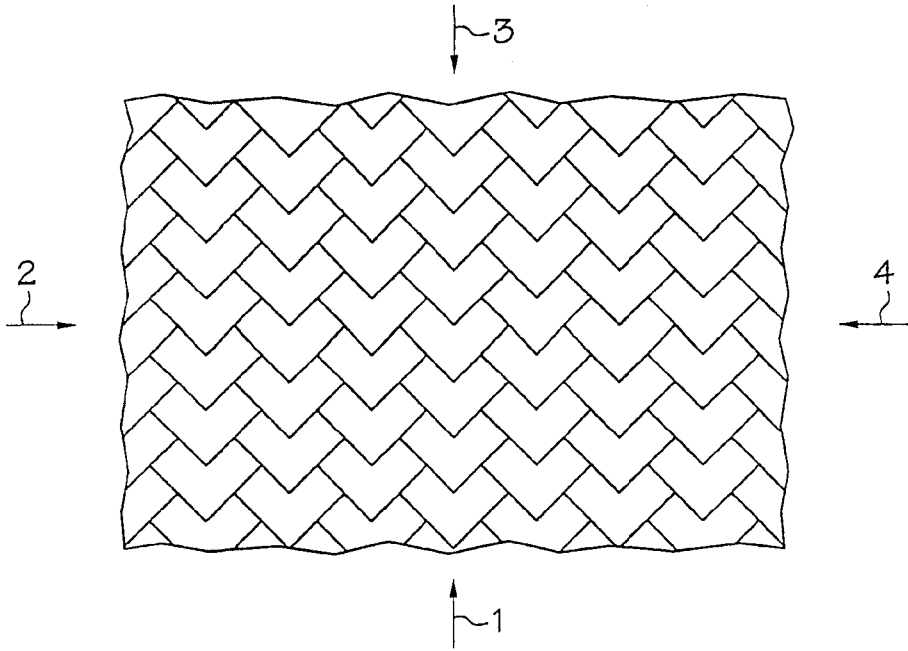


图 30

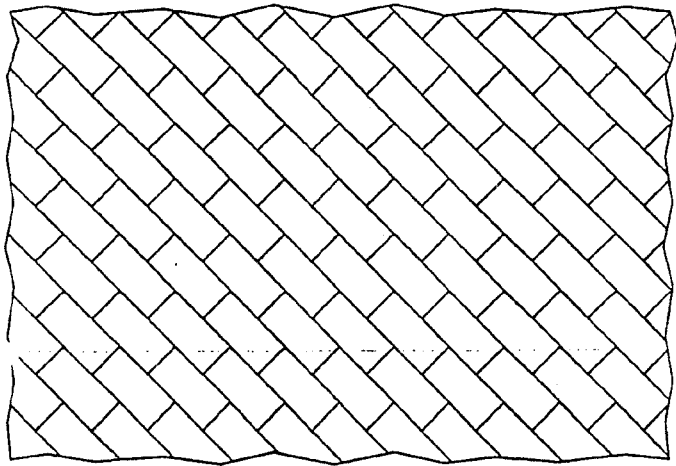


图 31

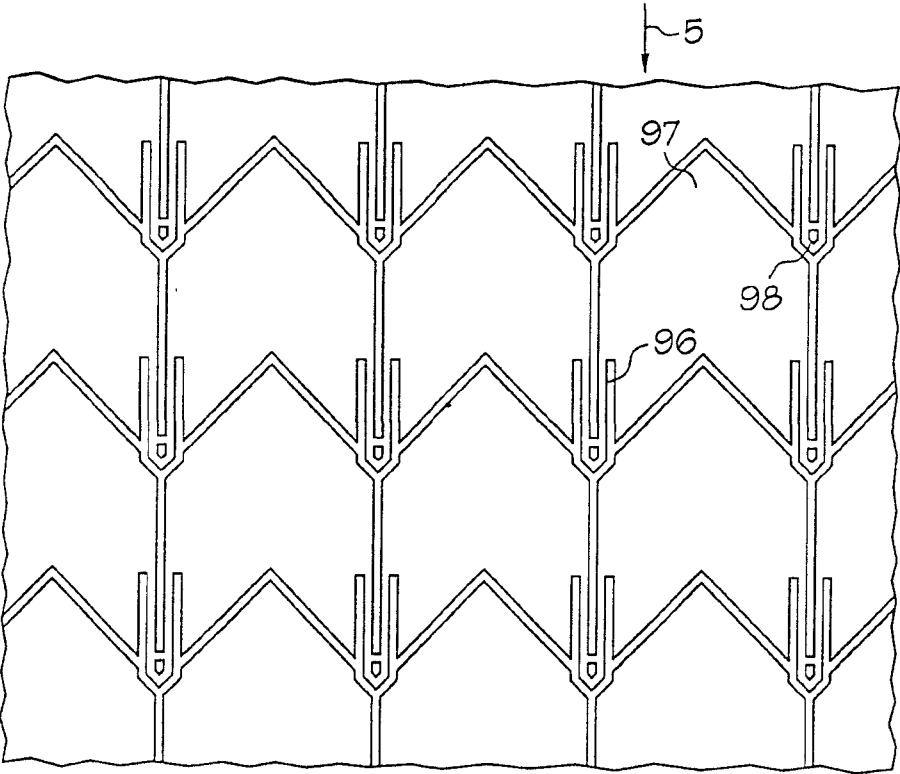


图 32A

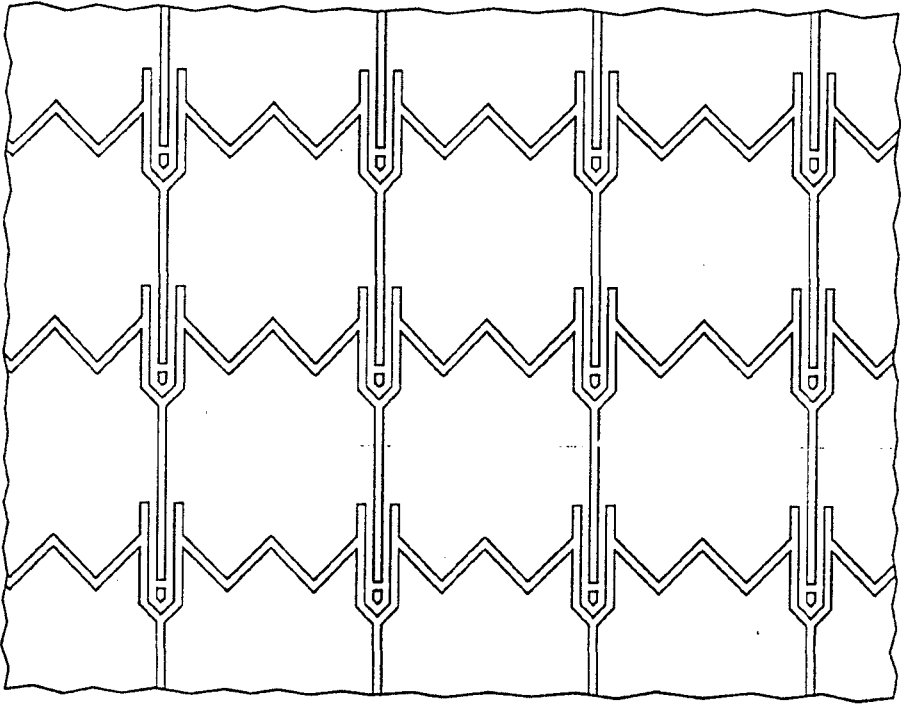


图 32B

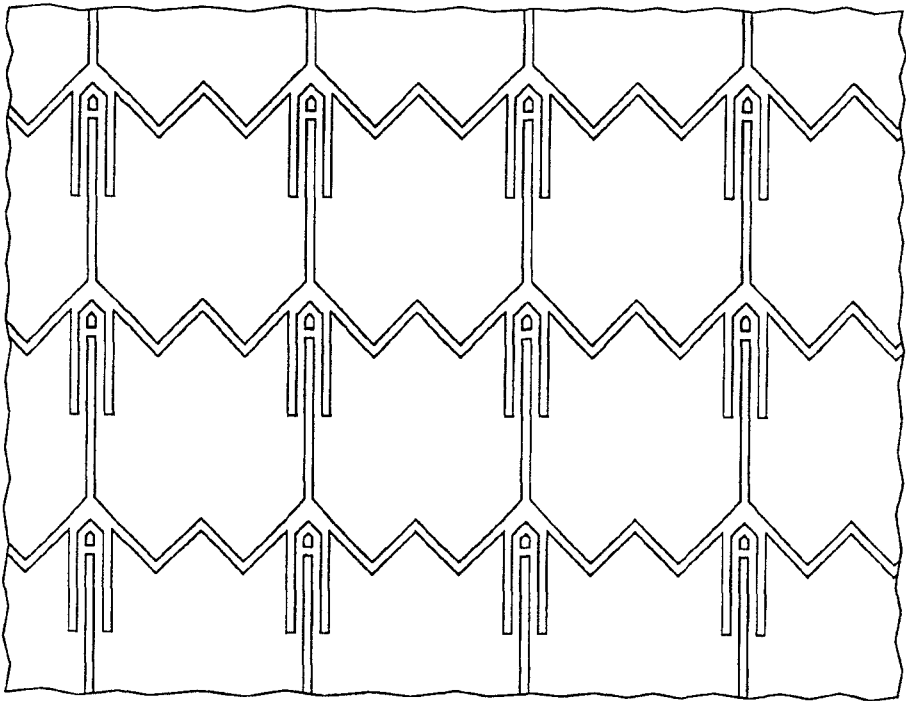


图 32C

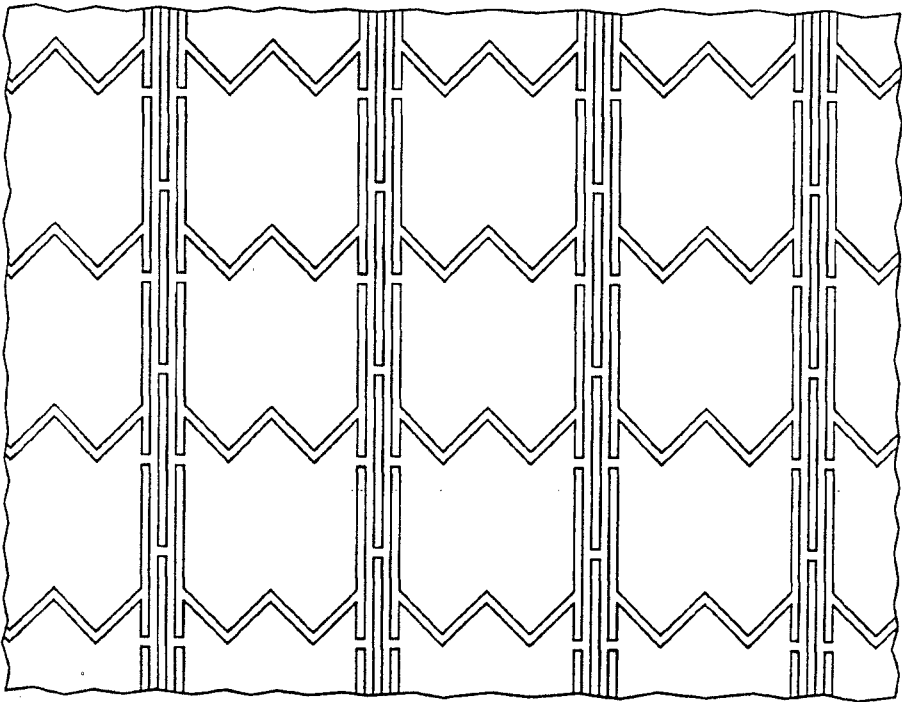


图 32D

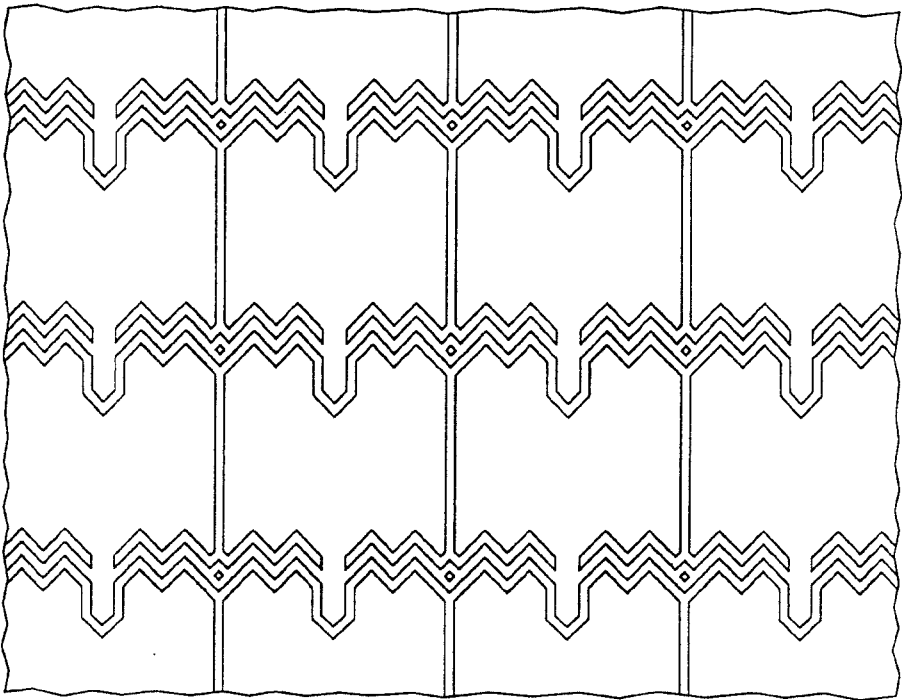


图 32E

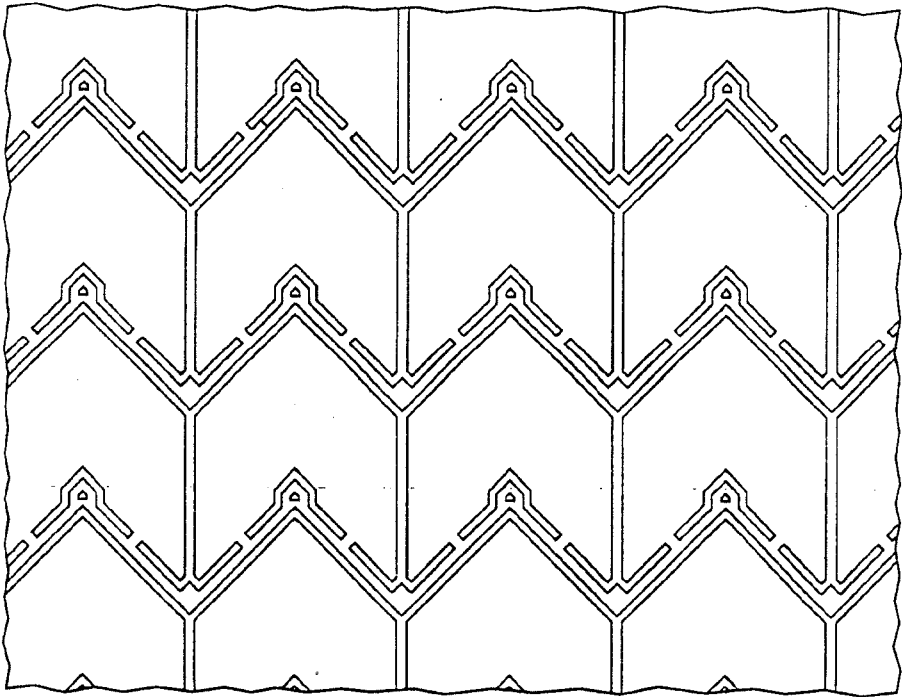


图 32F

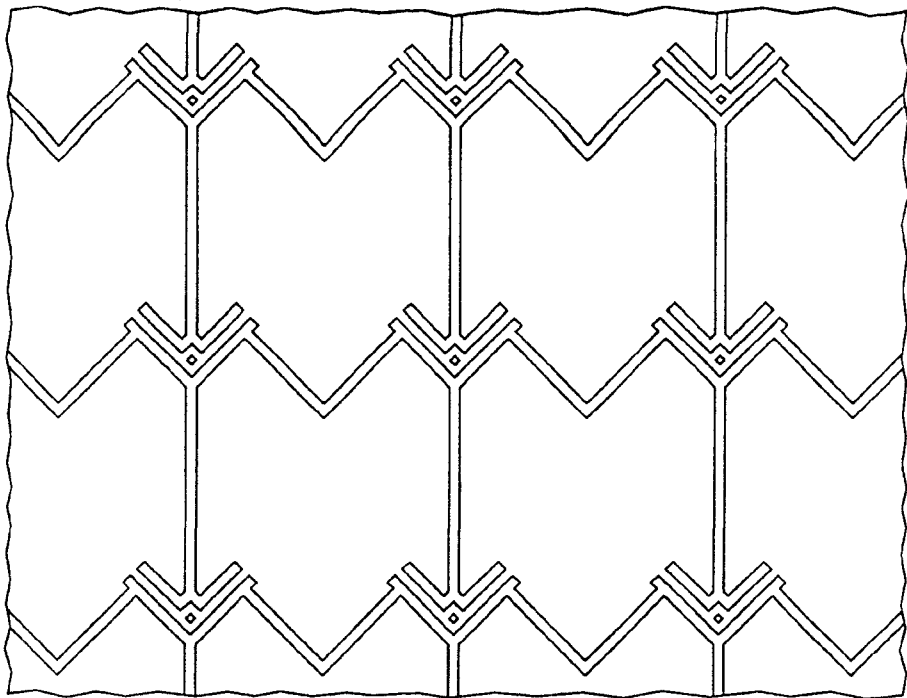


图 32G

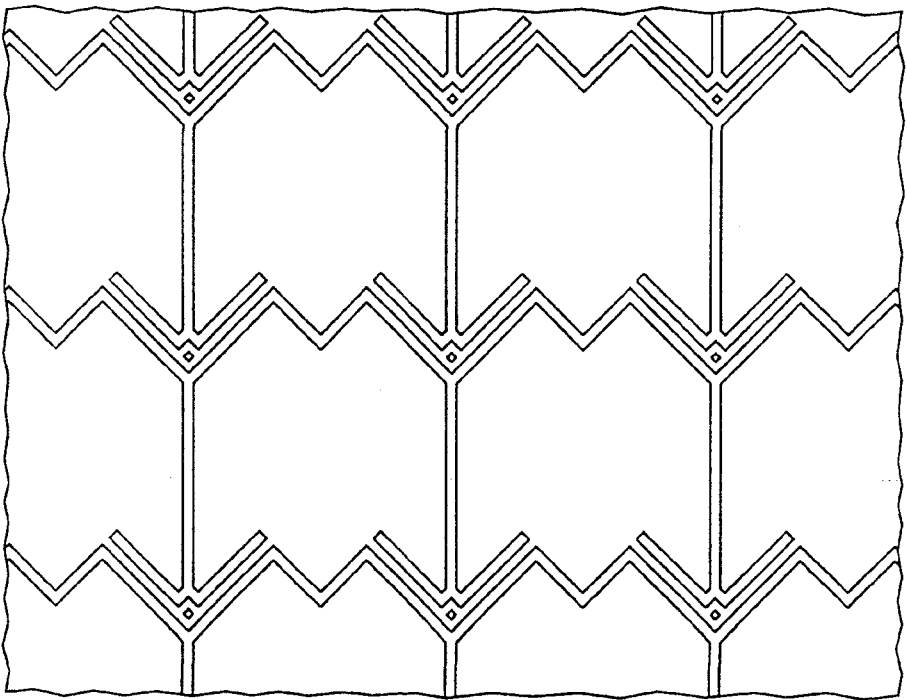


图 32H

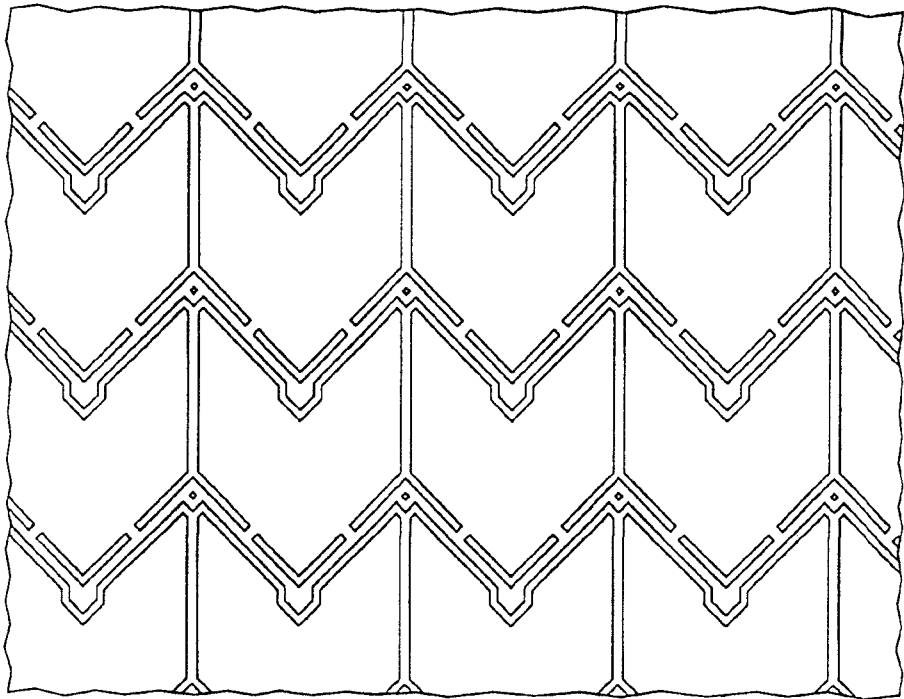


图 32I

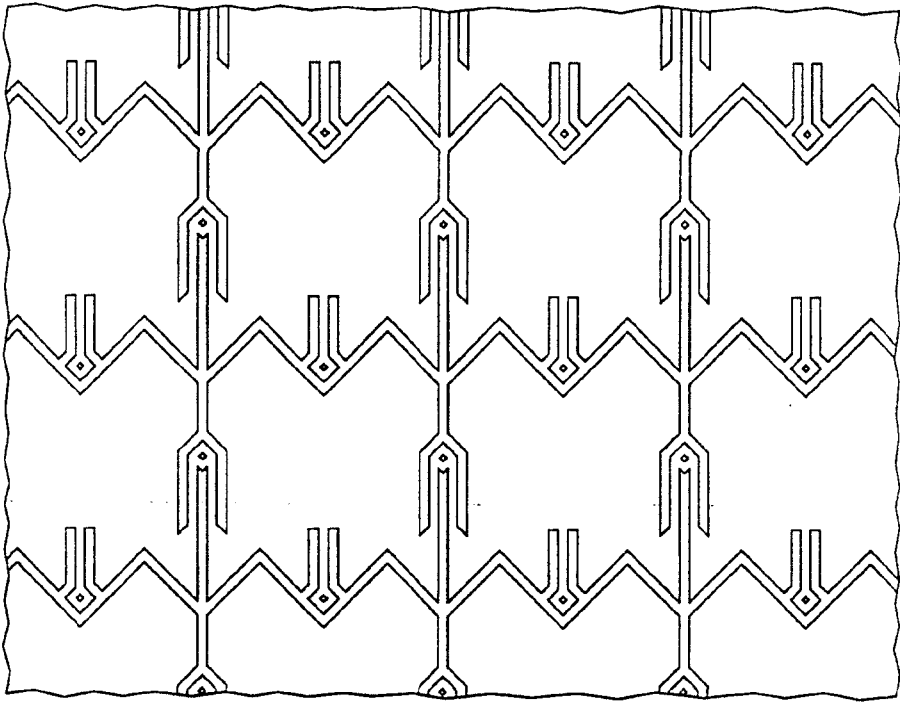


图 32J

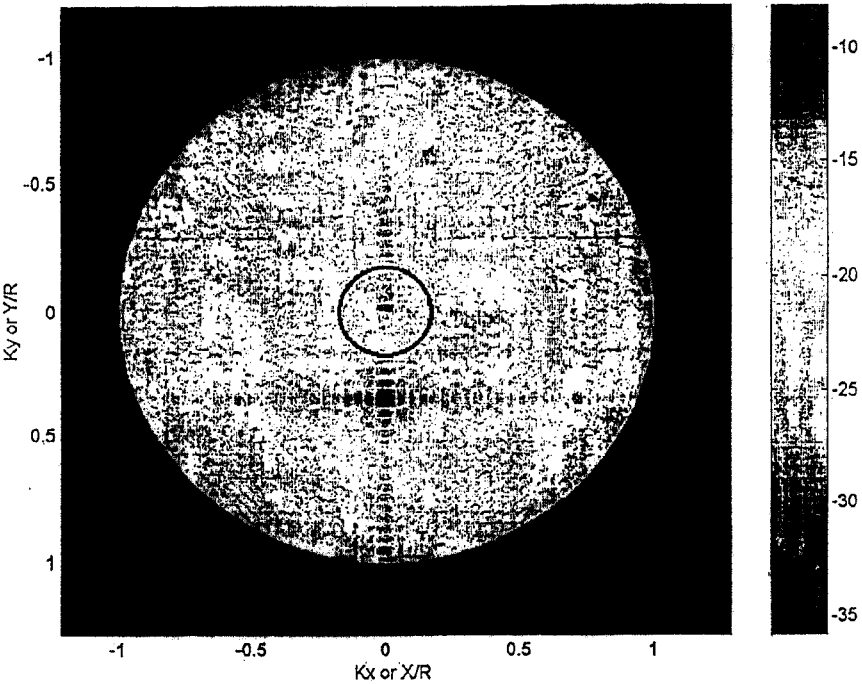


图 33A

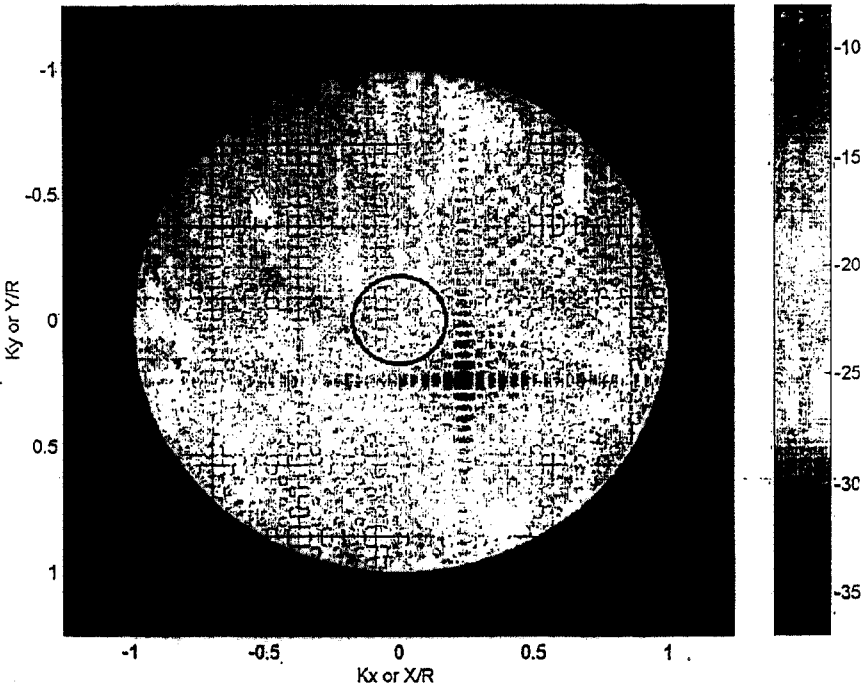


图 33B

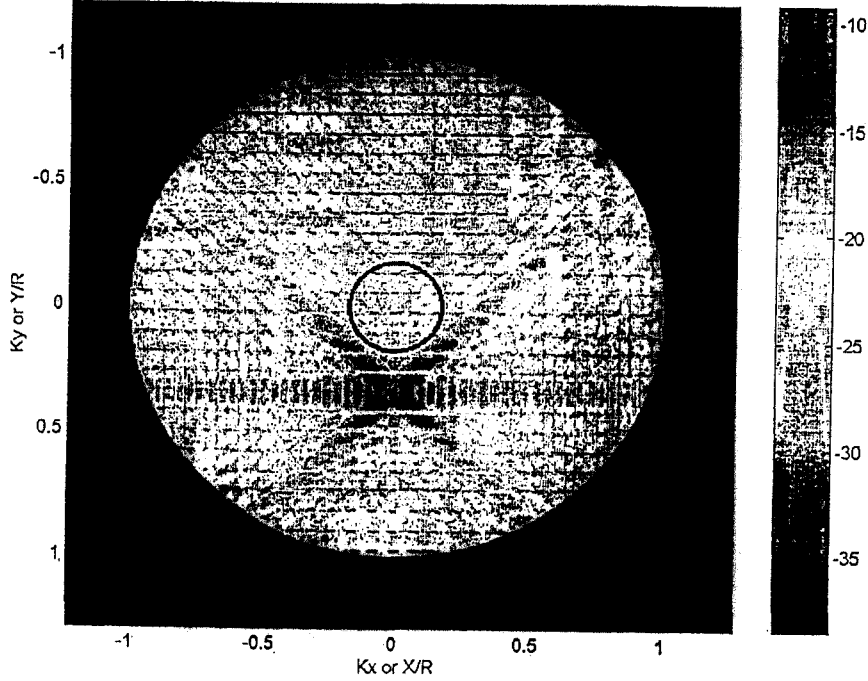


图 33C