



1、一种光学开关，包括：

基片；

埋入在所述基片中的第一光学波导，其用于传递光学信号，其中所述光学信号沿着第一方向在第一光学波导内传递，并且在全内反射区域处的所述基片的第一表面的全内反射下传递；

埋入在所述基片中的第二光学波导，其延伸在第二方向上，该第二方向与第一方向不同；和

衍射光学元件，其置于基片的全内反射区域的上方，且可相对该基片的全内反射区域在所述基片上方并且与在第一表面的全内反射下传递的光学信号渐逝耦合的切换位置和非切换位置之间移动，其中在切换位置，光学信号从第一光学波导被切换到第二光学波导，在非切换位置，光学信号在全内反射下以及在第一埋入式光学波导中从第一表面反射。

2、如权利要求 1 所述的光学开关，其中第一埋入式光学波导和第二埋入式光学波导都被置于基片内，以在基片内的全内反射下传递光学信号。

3、如权利要求 1 所述的光学开关，进一步包括：光纤，该光纤连接到第一埋入式光学波导和第二埋入式光学波导中的其中一个上。

4、如权利要求 3 所述的光学开关，其中所述光纤是单模光纤。

5、如权利要求 1 所述的光学开关，进一步包括第三埋入式光学波导，该第三埋入式光学波导置于全内反射区域附近，这样在非切换位置的衍射光学元件经过全内反射将光学信号从第一埋入式光学波导耦合到第三埋入式光学波导内。

6、如权利要求 1 所述的光学开关，其中衍射光学元件的光栅周期等于基片内的光学信号的光的波长。

7、如权利要求 1 所述的光学开关，其中衍射光学元件由多个形成衍射光栅的条形成，其中各个条的宽度相同，且各个条以相等的间距隔开。

8、如权利要求 7 所述的光学开关，其中衍射光栅从固定安装到基片上的固定件上悬置。

9、如权利要求 7 所述的光学开关，其中衍射光栅通过柔性部件从第一固定件和第二固定件上悬置，其中所述第一固定件和所述第二固定件都被固

定地安装到基片上且所述柔性部件允许衍射光栅在所述切换位置和所述非切换位置之间的移动。

10、如权利要求7所述的光学开关，进一步包括置于衍射光栅附近的静电致动器。

11、如权利要求7所述的光学开关，其中所述条由选自非晶硅、晶体硅和多晶硅组成的组中的材料形成。

12、如权利要求1所述的光学开关，其中衍射光学元件的折射率等于第一埋入式光学波导和第二埋入式光学波导的折射率。

13、如权利要求1所述的光学开关，其中第一埋入式光学波导和第一方向在第一平面内，第二埋入式光学波导和第二方向在第二平面内，该第二平面与第一平面成一角度。

14、一种光学开关，包括：

基片，其具有多个交叉区域；

埋入式输入波导，其在基片内，用于在全内反射下传递光学信号；

多个埋入式输出波导，其在基片内，用于传递光学信号，其中在多个交叉区域中的其中一个上，多个埋入式输出波导中的每一个都靠近埋入式输入波导被设置；和

多个衍射光学元件，各个衍射光学元件置于多个交叉区域中的其中一个上方，且各个衍射光学元件可相对基片在非切换位置和与在基片的第一表面的全内反射下传递的光学信号渐逝耦合的切换位置之间独立地移动，从而将所述光学信号耦合进入多个埋入式输出波导中的其中一个。

15、如权利要求14所述的光学开关，其中多个衍射光学元件中的每一个都由一组条形成，其中一组条中的各个条的宽度相同，且与相邻条的间隔相同。

16、如权利要求14所述的光学开关，其中输入波导自基片的第一表面附近延伸到基片的第二相对表面附近，以在基片内获得全内反射传递。

17、如权利要求16所述的光学开关，其中多个输出波导自基片的第一表面附近延伸到基片的第二相对表面附近，以经由全内反射传递光学信号。

18、如权利要求14所述的光学开关，其中输入波导具有与基片的第一表面平行的第一延伸部分和与基片的第一表面垂直的第二延伸部分。

19、如权利要求14所述的光学开关，其中多个输出波导中的至少一个

具有平行于基片第一表面的第一延伸部分和垂直于基片第一表面的第二延伸部分。

20、一种切换光学信号的方法，包括：

在基片内形成埋入式输入波导，该埋入式输入波导在第一方向上延伸；

在基片内形成埋入式输出波导，该埋入式输出波导在第二方向上延伸，该第二方向不同于第一方向；和

为使衍射光学元件在处于所述基片上方并且与在全内反射下传递的光学信号渐逝耦合的切换位置和所述基片上方的非切换位置之间移动，将该衍射光学元件靠近基片设置，其中在切换位置，在埋入式输入波导内传递的光学信号被切换入埋入式输出波导，在非切换位置，在埋入式输入波导内传递的光学信号没有被耦合进入埋入式输出波导。

21、如权利要求 20 所述的方法，其中埋入式输入波导的形成包括形成自基片顶面和基片底面之间延伸的埋入式输入波导。

22、如权利要求 21 所述的方法，其中埋入式输出波导的形成包括形成自顶面和底面之间延伸的埋入式输入波导。

23、如权利要求 20 所述的方法，进一步包括：提供形式上为衍射光栅的衍射光学元件，该衍射光栅具有等于基片内光学信号的光波长的光栅周期。

24、如权利要求 23 所述的方法，其中衍射光学元件包括多个条，各个条的宽度相同，且相邻条间的间隔相等。

25、如权利要求 20 所述的方法，进一步包括为使衍射光学元件在切换位置和非切换位置之间移动，将静电致动器邻近衍射光学元件进行设置。

---

## 带有三维波导的光学开关

### 技术领域

本发明通常涉及一种光学元件，更具体地说涉及一种用于执行光学开关功能的光栅和衍射光学元件。

### 背景技术

在光纤通信系统中需要光学开关发送信号。在公知设备中使用两个基本的操作原理。这些原理是自由空间光学和平面型波导。

自由空间开关利用准直仪产生在自由空间中行进的光束。这些光束能够被可移动的镜子和其它类似设备发送到设置在所需输出光纤上的接收准直仪。众所周知，小光束因衍射而随着其传播会产生发散。这种发散在具有实际大小的设备内造成很大损失。另外，可移动镜子平面度的实际限制造成额外发散和进一步的损失。而且，准直仪很大、很昂贵且非常难以对齐，所有因素都造成自由空间开关的制造较为昂贵。

已经使用平面型光学波导来消除上述在自由空间设备中固有的光束发散。平面型光学波导也能够消除对输入和输出准直仪的需要，从而可以得到具有较低制造成本的更紧凑的结构。各种公知构造的波导被形成在基片的表面上。各种开关机构被用于在这些表面波导的交叉处发送信号。这些设备的二维特性通常要求在这些交叉处有一个气隙，以便能够插入开关机构。已经利用可移动的镜子和光学指数相匹配的耦合流体(optical index matching coupling fluid)内的气泡来产生这种开关机构。

由于气隙的存在，公知设备在这些交叉处具有较大损失。一个  $N \times N$  开关将具有  $2N$  个这样的交叉。随着  $N$  变大，这些损失变得无法接受。另外，平面型波导没有与光纤轮廓相匹配的光束轮廓。这在发生光纤耦合的输入和输出阶段导致显著的耦合损失。

本发明人的在先专利申请（名称为“带有可移动全息光学元件的光学开关”的美国申请 Nos. US 09/905,736 和名称为“集成透明基片和衍射光学元件”的美国申请 Nos. US 09/905,769，每个在先申请在此明确引入作为参考）

示出一种结合自由空间和波导设备优点的开关。这些方法的示出大致如图 1 和 2 所示。这些申请示出一种开关，该开关基于经过在透明基片内经由全内反射 (TIR) 发送光学信号。因为与自由空间相比较，在基片内折射率较高，所以该构造降低了光束发散。由于通过基片严格精确地设置所有的元件，所以这些构造也使得对齐和定位问题最小化。由于利用全内反射来发送信号，所以该设备消除了已在已知的基于平面型波导的开关中所需的气隙。全内反射公知具有非常小的损失，且这种机构消除了在这种波导开关中固有的损失问题。

在操作中，衍射光栅 100 靠近光学基片 102 放置，该光学基片 102 具有在全内反射 (TIR) 下在基片 102 内行进的入射光束 104，全内反射会在高于临界入射角时产生。衍射光栅 100 可相对于基片 102 移动，从而选择性地使衍射光栅 100 引入消逝场，该消逝场产生在发生 TIR 之处的基片 102 的上表面 106 上。图 1 和 2 中示出的衍射光栅 100 由平行条 108 形成。图 1 示出在第一切换位置的衍射光栅 100，在此处输入信号 104 被切换到输出光束 110 中。图 2 示出第二个非切换位置，在此处衍射光栅 100 不影响输入波 104，该输入波 104 作为输出光束 112 继续经由 TIR 传播。光束 104 偏转成为光束 110 代表着光束切换，而光束 104 反射成为光束 112 代表着不受影响的传播。

通常将衍射光栅 100 设计成单衍射模式，即 -1 衍射模式，这导致在所需方向，即在光束 110 或 112 方向上引导最大功率。与实际上无损耗的非切换位置相比，这就使得在切换位置上的损失最小化。可以调节栅条 108 的厚度，以使衍射光栅 100 反射的光与在所需方向上在表面 106 上反射的光同相。这就导致相长干涉，且衍射光栅 100 能具有大约 90% 的整体效率。

尽管具有这些优点，一般来说，如同图 1 和 2 的那些设备仍需要准直仪，从而减小光束的扩展。另外，光栅和输出光纤之间相对较长的路径可导致由波长决定的损耗 (WDL)。这在无线电通讯系统中是不希望有的，并且应被最小化。WDL 起因于光栅发散，不同的波长在稍微不同的方向上传递。利用这些方法，此效应会限制  $N \times N$  开关的实际  $N$  值。

#### 发明内容

根据一个实施例，所提供的是一种光学开关，该光学开关具有基片；第一埋入式光学波导，其用于传递光学信号，所述光学信号在第一光学波导内

沿着第一方向传递；第二埋入式光学波导，其延伸在不同于第一方向的第二方向上。所述开关还包括衍射光学元件，该衍射光学元件设置于基片的全内反射区域上方，并且可相对于其在切换位置和非切换位置之间移动，其中在切换位置，光学信号从第一光学波导被切换到第二光学波导内，在非切换位置，光学信号在全内反射下在全内反射区域上反射。

根据另一个实施例，光学开关包括基片，其具有多个交叉区域；基片内的埋入式输入波导用于在全内反射下传递光学信号；基片内的多个埋入式输出波导用于传递光学信号，其中在多个交叉区域中的其中一个区域处，多个埋入式输出波导中的每一个设置在埋入式输入波导附近。所述开关还包括多个衍射光学元件，每个衍射光学元件设置在多个交叉区域其中一个的上方，且每个衍射光学元件在非切换位置和切换位置之间可相对于基片单独地移动，在切换位置，传递在埋入式输入波导内的光学信号被耦合进入多个埋入式输出波导中的一个。

根据另一个实施例，提供一种切换光学信号的方法，包括在基片内形成埋入式输入波导，该埋入式输入波导延伸在第一方向上；在基片内形成埋入式输出波导，该埋入式输出波导在不同于第一方向的第二方向上延伸；以及为了使衍射光学元件在切换位置和非切换位置之间移动，将该衍射光学元件设置于基片附近，其中在切换位置，在埋入式输入波导内传递的光学信号被耦合进入埋入式输出波导，在非切换位置，在埋入式输入波导内传递的光学信号没有被耦合进入埋入式输出波导。

#### 附图说明

图 1 是处在切换位置的衍射光栅的剖视图；

图 2 是处在非切换位置的图 1 的衍射光栅的剖视图；

图 3 是按照一实施例，邻近具有波导的光学基片设置的衍射光栅的剖视图；

图 4 是按照一实施例，相对于光学基片设置在第二位置的图 3 中衍射光栅的剖视图；

图 5 是  $N \times N$  光学开关的示例性  $2 \times 2$  截面的俯视图；

图 6 是示出按照一实施例的  $2 \times 2$  开关的透视图；

图 7 是示出单模光纤和基片中波导之间示例性耦合的剖视图；

图 8 是示出使用固定件定部分示例性悬臂安装衍射光栅的透视图；

图 9 是按照一实施例的图 8 所示衍射光栅的俯视图，其示出设置在衍射光栅上方、用于相对基片的顶面移动衍射光栅的电极；

图 10 是按照一实施例的另一个衍射光栅的示例性局部俯视图；

图 11 是图 10 所示衍射光栅的侧视图，进一步示出安装结构以及设置在衍射光栅上方的电极；

图 12 是按照一实施例的衍射光栅的透视图，该衍射光栅具有柔性臂形式的致动部件（actuation member）和安装脚。

### 具体实施方式

本申请示出对图 1 和 2 所示设备的改进。在图 3 中示出改进设备的操作。通常，埋入在光学基片内的波导用于消除射束发散和相关的损失。这些埋入式波导延伸进入基片体内，并且因此有一个平行于基片的顶表面的延伸部分（extent），及另一个垂直于该表面的延伸部分。这些波导在全内反射区域或者紧密靠近全内反射区域处终止，在该区域可能发生全内反射。如果该波导接近于顶表面，其将捕获较宽角度范围内的光，那么这种终止将使得 WDL 最小化。因为光束未被引导的距离被保持在最小值，所以这种终止也将在输入波导和输出波导能够相遇的波导交叉处维持非常低的损失。结果，在改进设备中的引导光束的直径远小于图 1 和 2 中的非引导光束。在现有技术设备中，如图 1 和 2 中所示的典型的光束直径大约是  $200\ \mu\text{m}$ 。这里所描述的典型光束直径可以是更小的等级，如大约 10 微米。这降低了设备的整体尺寸和成本。这也大大降低了设备的 WDL 损失且使得其对开关（N）的“尺寸”不敏感。

图 3 示出光学开关 200 的切换位置。输入波导 204 将光束 202 引导至基片 206 的表面 205。光束 202 以从表面 205 的法线测量的一角度入射，该角度超过了 TIR 的临界角。由于基片 206 和波导 204 优选由临界角为大约为 43 度的熔融石英构成，所以这一角度通常是 45 度。在切换位置，表现形式为衍射光栅 208 的衍射光学元件通过减少衍射光栅 208 和基片 206 之间的距离被引入 TIR 消逝场（TIR evanescent field）。在图 3 示出的切换位置中，这二者之间的距离通常为大约  $0.1\ \mu\text{m}$ 。在实施例中，衍射光栅 208 具有和基片 206 和波导 204 相同的折射率。如同下述示例所描述的光栅，衍射光栅 208 是衍

射光学元件。

衍射光栅 208 将光束 202 衍射，使得输出波导 210 捕获该光束，该输出波导 210 也在基片 206 内。输出波导 210 处于延伸出纸面的平面中，并因此用虚像 (phantom) 示出。偏转的光束是光束 212。在示出的示例中，两个波导 204 和 210 在基片 206 的交叉区域 211 相交。波导 204 和 210 间的交点和顶表面 205 之间的距离通常小于  $10\ \mu\text{m}$ 。波导 204 中的光学信号进入到波导 210 的切换发生在交叉区域 211。

衍射光栅 208 优选由熔融石英构成，且光栅周期被调整成在所需的衍射方向上仅提供一种衍射模式。在一些实施例中，这个周期大约是  $2\ \mu\text{m}$ 。光栅厚度是和最大效率和其他性能参数一致的最小厚度，且通常是大约  $0.6\ \mu\text{m}$ 。尽管较厚的光栅也可具有较高的效率，可是因为其倾向于将共振引入光学路径中，所以其倾向于对尺寸和特性的小变化非常敏感。优选地，衍射光栅 208 具有基本等于在波导 204 中传递的光学信号的波长的周期。

在图 4 中示出了非切换位置或离开位置，在此位置光栅 208 被拉离顶表面 205 距离  $D$ 。这一距离  $D$  通常是  $10$  到  $20\ \mu\text{m}$ 。在示出的位置中，光束 202 在全内反射区域 213 被 TIR 反射，且被第二个输出波导 214 捕获作为光束 216 传递。输出波导 210 和 214 直接耦合到输入波导 204 上，但是邻近输入波导 204 放置而不是与该输入波导 204 直接接触。另外，输出波导 214 可以是一个分离的波导或者是输入波导 204 的延续。

在实施例中，波导 204、210 和 214 都是埋入式波导，各个波导容许信号在离开顶表面 205 和底表面 216 的 TIR 下传播。

图 5 在一示例中示出  $N \times N$  光学开关的切换结构的  $2 \times 2$  截面 300 的俯视图。两个输入波导 302 和 304 被耦合到两个输出波导 306 和 308 上，所有波导都形成在基片 309 内。在整个交叉区域上，衍射光栅 310 和 312 被置于基片 309 上，且处于“开”或切换位置。在交叉区域上，衍射光栅 314 和 316 被置于基片 309 上，且处于“关”或非切换位置。沿着输入波导 302 传递的光学信号通过光学路径 318 被切换到输出波导 308 上。在非切换位置，光学路径 318 不受衍射光栅 314 影响。光学路径 318 在离开基片 309 的顶表面和底表面的 TIR 下延续到光栅 312。光栅 312 以角度 320 将光学路径 318 衍射，且光学路径 318 通过 TIR 继续穿过光栅 316 (在非切换位置) 到达输出波导 308。

传递到输入波导 304 的信号通过光学路径 322 被切换到输出波导 306。光学路径 322 在“开”位置遭遇光栅 310，且以角度 320 将光学路径 322 衍射，所以光学信号切换到输出波导 306 上。角度 320 优选为大约 68 度。在示出的开关结构中，没有光传递在波导 324 和 326 内。

图 6 示出  $2 \times 2$  开关 400，尤其是开关结构的 3 维表示。波导 403（输入波导 403a 和输出波导 403b）是形成在基片 402 内的埋入式波导。通常，可利用诸如 D.Homoell 等人在“暴露到毫微微秒激光脉冲的硅玻璃内的红外线感光性”（1999 年 9 月 15 日，第 24 卷，第 18 号的 Optics Letters）一文中描述的那些公知技术将这些波导 403 以及在这里所描述的其他波导写入基片 402。

简单地说，红外线脉冲激光器可聚焦于基片 402 内的一点，其加热该点，这样该点的折射率就永久地增加。基片 402 随着 3 维定位系统移动，从而产生所需的波导图案。为了希望的操作波长，通常是 1550nm，调节参数从而产生单一模式的波导。形成的波导直径优选为  $8 \mu\text{m}$ ，其折射率增加了大约 3.5%。这产生了大约  $10 \mu\text{m}$  直径的引导光束，这与典型光纤的直径相匹配。如果希望的话，可以调节参数，从而产生较大直径的光束。会变得显而易见的是，多至 4 个波导可在基片 402 内会聚于一点。波导可一直延伸到基片 402 的表面，或者它们可终止于表面下几微米处的一点。为得到最高性能，可调节波导的位置和终止点。

如果形状是圆形的，可移动的衍射光栅 404、406、408 和 410 在直径上通常是  $20 \mu\text{m}$ ，如果形状是正方形的，各边的长度大约是  $20 \mu\text{m}$ ，其中各个光栅都仅需稍微大于光束直径。在基片 402 内，这些结构被置于交叉区域附近。基片 402 的厚度优选为大约  $200 \mu\text{m}$ ，且在基片 402 的顶表面 412 上行衍射光栅 404-410 将以  $400 \mu\text{m}$  相互间隔开来。在一个实施例中，与图 8 和 9 示出的实施例类似，光栅 404-410 将被安装在熔融石英悬臂上，该熔融石英悬臂连接在基片 402 上。光栅 404-410 可具有其他形式，图 10-12 给出另外的示例。各个光栅 404-410 经由在悬臂表面上淀积的金属膜和在表面 412 上间隔开的电极会被单独地致动且静电地致动。

优选地，在全内反射区域之间的顶表面 412 的未使用部分上涂覆光吸收涂层，TIR 可发生在该区域内且光栅 404-410 被设置于该区域内。这种吸收涂层将吸收从这些内部反射区域逃脱的漫射光，并且防止不希望的串扰。另

外，可修改设备 400 从而收集和消除任何没有被任何光栅衍射的光。这种光被认作零阶的模光(zero order mode light)。优选地，各个波导 403 是埋入式波导，其也将延伸入基片 402 的侧面或底面并耦合任何离开基片 402 的能量。如示出的那样，输入波导 403a 在第一平面内，输出波导 403b 在第二平面内，该第二平面与第一平面形成一角度。

图 7 示出基片 500 和单模光纤 502 间的典型连接。光纤 502 具有芯 504，该芯 504 与延伸到基片 500 内的埋入式波导 506 对齐。波导 506 可如同任何上述的波导，且因此能够在离开基片 500 的顶面 505 和底面 507 的 TIR 下传递信号。在示出的示例中，光纤 502 以 45 度角抛光且被涂覆抗反射涂层 508，从而降低菲涅尔(Fresnel)反射损失并防止不希望的背反射能量进入光纤 502。基片 500 也可以具有相同的涂层 510。例如，可用校准定位台或封装材料将光纤 502 保持就位。

可以使用其它材料和结构，可以采用各种用于衍射光栅的致动和悬挂装置。而且，光栅或致动结构在朝向基片的表面上可具有“凸起”以防止基片和光栅之间在切换位置紧密接触，因此使得粘着(sticking)最小化。除了衍射光栅之外的其它设备也可被用于切换光束方向。微型棱镜或菲涅尔型镜子可被渐渐地联接到 TIR 场，该 TIR 场延伸在具有埋入式波导的基片上方。而且，如果希望的话，波导能够被弯曲，从而在底面上消除 TIR 反弹(bounce)。基片厚度将与具有相对较低损失的波导内的曲率半径相一致。其它选择对本领域普通技术人员来说会是公知的。

为了描述一般的衍射光栅致动器，图 8 示出示例性衍射光栅 600，该衍射光栅 600 安装在基片 602 (部分示出)上，该基片 602 具有与上述类似的输入和输出波导。基片 602 具有至少一个以第一方向和平面延伸的埋入式输入波导 601 以及至少一个以第二方向和不同于第一平面的平面延伸的埋入式输出波导 603。在图 9 中示出波导 601 和 603。输出波导 603 延伸在纸面外的平面内，并且因此仅用虚影示出。两波导 601 和 603 具有诸如相互直接耦合的相互邻近部分，从而允许光学信号从一个波导切换到另一个波导中。各个波导 601 和 603 在基片 602 内的全内反射下传递光学信号。

在此，条 604 (部分示出)自悬置部件悬挂，该悬置部件形式上为刚性固定件部件 606，该刚性固定件部件 606 固定安装在顶面 608 上。这是一种悬臂式结构，其中条 604 从固定件部件 606 向外延伸，且自由地支持在基片

602 上方。条 604 距离基片 602 足够近，以致于衍射光栅 600 偏置到切换位置，即条 604 处在 1550nm 或 1310nm 光波的渐逝场内，该光波在 TIR 下在基片 602 内移动。

在条 604 之间形成横向连接 612 以增加结构刚度，其中，该条 604 延伸在全内反射区域 610（或顶面内的区域）之上。在全内反射区域 610 之下，输入波导 601 和输出波导 603 相交。利用横向连接 612，条 604 可被一致地移动，以避免能够影响这种小尺寸结构的扭曲力。对于较长的条来说，在两条之间可以有多个横向连接。对于结构设计来说，重要的是避免以紧密地成形的周期形状（in a closely formed periodic fashion）设置横向连接 612，然而，由于横向连接 612 会集中充当衍射光栅，该横向连接 612 正交定向于由条 604 所形成的光栅。

条 604 由二氧化硅形成，其在红外线区域是透明的，且能够用标准 0.5:μm 到 1:μm 线宽的光刻 MEMS 制造方法容易地制造。通过示例方式，条 604 可通过在基片 602 上淀积二氧化硅膜形成。基片 602 例如可以是石英的，以及其它可在其内形成波导的已知基片材料。标准的光刻技术能够在光刻胶层上形成所需的图案，且利用标准的光刻技术可将图案刻到二氧化硅中，该标准的光刻技术类似于商业上通用的多用户 MEMS 方法（MUMPs™）。在制造中，牺牲层或分隔层将被淀积基片顶面上，位于二氧化硅和熔凝石英之间。这一层可以是氮化硅并且被蚀刻或溶解，以从基片 602 释放（release）硅结构。由类似石英材料形成的基片 602 是耐蚀刻过程的，且在基片没有蚀刻的情况下，允许牺牲层被溶解。基片 602 的任何蚀刻将造成微弱的衍射光栅图案，这将不能按所希望的那样将开关完全关闭。牺牲层可被形成所需尺寸，以将衍射光栅置于切换位置，或者可以构成一装置，通过利用多晶硅弹簧元件将其偏置到切换位置。优选地，条 604、刚性固定件 606 和横向连接 612 都由相同材料形成，最优选的是二氧化硅材料。也可以使用包括非晶硅、晶体硅、铝、蓝宝石、氮化硅或者多晶硅/多晶锗合金的其它适合材料。

另外，通过在淀积多晶硅层之前于牺牲层内形成小凹陷图形，可在衍射光栅 600 的下侧上形成小的凸起。如上所述，在释放操作过程中和随后的切换操作过程中，这些凸起使得粘着最小化。在图 9 的示例中，示出在条 604 上的凸起 613。

为了将衍射光栅 600 从切换位置移动到非切换位置, 可经由设置在条 604 上的电极施加电场。由于可形成具有附加的绝缘层和部分传导层的条 604, 因此在电场的作用下, 条 604 将偏斜离开基片 602 的顶面。由于全内反射区域 610 上方的渐逝场按指数规律逐渐变小, 条 604 仅需要偏斜较小的距离, 从而将衍射光栅 600 设置在非切换位置上。

图 9 示出利用电极 614 偏斜条 604 的技术, 其中该电极 614 至少被设置在条 604 末端之上, 并伸入伸出视图而横跨覆盖所有条 604。电极 614 被安装在绝缘安装板 616 的底面上, 该绝缘安装板 616 形成在支撑部件 618 之上。支撑部件 618 可由与固定件部件 606 相同的材料形成, 且在视图中与该固定件部件 606 相对。例如通过将第二个电极置于其中最外侧的条上或者置于该最外侧的条附近, 该电极 (未示出) 能够环绕光栅 600 的周边。电极 614 接收驱动电路的指令并响应该指令, 从而在第二电极之间施加电场到条 604。为了易于执行, 条 604 能够被连接到一接地电压。另外, 如图所示, 电极 614 能够沿着条 604 的长度纵向延伸。

图 10 和 11 示出致动用于切换的衍射光栅的另一种方法。在这些实施例中, 用于切换的挠曲 (flex) 不是在如图 9 所示的形成衍射光栅的条中, 而是具有将条连接到基片顶面的结构。例如, 衍射光栅结构 700 具有条 702、横向联接 704 和侧部 706、708, 这些零部件可由与图 9 中所示衍射光栅结构 600 相同的材料和相似的方式形成。光栅 700 可如图 11 所示致动。

图 11 示出安装结构或悬置部件, 其具有两个形成在基片 714 上的安装基座 710 和 712。安装板 716 形成在基座 710、712 上, 其可以是刚性安装部件。基片 714 具有至少一个埋入式的输入波导 713 和一个埋入式的输出波导 715, 其中, 该输入波导 713 延伸在第一方向和第一平面上, 输出波导 715 延伸在第二方向和与第一平面不同的第二平面上。输出波导 715 延伸出图面, 且因此用虚影示出。两个波导 713 和 715 具有相互邻近的端部, 例如相互直接耦合, 从而允许将光学信号从一个波导切换到另一个波导。各个波导 713、715 将在全内反射下传递光学信号。

衍射光栅 700 经由柔性部件 718 连接到安装基座 710 和 712 上。柔性部件 718 能够是任何数量的经 MEMS 加工的弹簧、膜片或可弯曲的结构。弹性部件 718 能够允许双向、上和下或者单向偏斜。第一电极 720 被安装到安装板 716 上, 并且在这个实施例中, 被示出横向和纵向地延伸穿过条 702,

条 702 可以是接地的。第二电极 721 可被安装在光栅 700 的周边上, 例如, 安装在柔性部件 718 上。在这一结构中, 衍射光栅 700 能够在“开”或切换位置偏斜, 并在电场作用下可移动到非切换位置, 该电场形成在电极 720 和电极 721 之间。另外, 衍射光栅 700 能够在非切换位置偏斜或者衍射光栅 700 能够在电极 720 和 721 的控制下向上和向下移动偏斜。衍射光栅 700 可具有凸起 722, 该凸起 722 形成在底面上, 从而在操作过程中防止在光栅 700 和基片 714 之间的粘着摩擦。

图 12 示出用于衍射光学元件 800 的另外一种致动结构。衍射光学元件 800 以和上述相同的材料和相似的方式形成。用于衍射光学元件 800 的典型的横向尺寸是 20 到 1000  $\mu\text{m}$ 。条 802 沿着衍射光栅 800 和横向连接 804 的长度延伸以增加结构刚度。在示出的示例中呈弹簧臂形式的多个柔性部件 806 被连接到衍射光学元件 800 上。柔性部件 806 也被连接到基片 808 的顶表面上 - 基片 808 具有如前所述的用于在全内部反射下传递光学信号的输入和输出波导。具体地说, 脚 810 充当臂 806 的接线柱, 并且在优选实施例中, 其具有充分小的高度, 从而偏置衍射光学元件 800 在“开”位置。选择所述柔性部件 806 的形状和大小使所述衍射光学部件 800 能够在电场的作用下偏转到“关闭”位置。如本领域普通技术人员所理解的, 可以采用许多其他的几何形状从而获得用于切换操作所需的挠曲(flex)和弹簧偏压。为了影响致动, 利用适当的安装结构可将第一电极安装在衍射光学元件 800 的上方, 该安装结构与图 11 中示例所示出的结构类似。为了移动衍射光学元件 800, 第二电极可被置于衍射光学元件 800 上或者其可被置于元件 800 的一侧或者附近。

尽管为使衍射光学元件 800 移动, 在优选实施例中利用静电致动, 但是可通过热、压电或光电致动有选择地影响致动。

如可从图 12 看出的, 由于其中微米级的衍射光栅, 所以应用中的衍射光栅将具有许多条, 且在使用的地方有许多横向连接。因此, 上面的附图应被认作是示出一定数量的条的示例, 应该理解, 正如在衍射光学元件 800 中那样, 实际上可以使用许多条。

尽管本说明已经叙述了根据本发明教导所构造的具体装置, 但是本专利的覆盖范围并不受限于此。相反, 本专利覆盖按照字面上或者在等价物的原则下完全落在后附权利要求范围内的本发明教导的所有实施例。

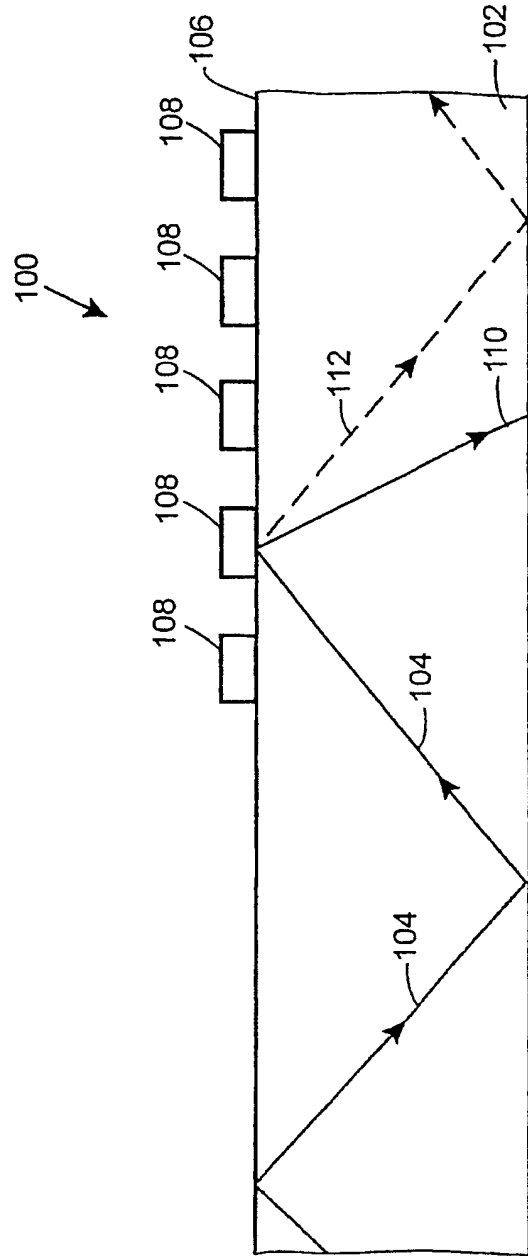


图 1

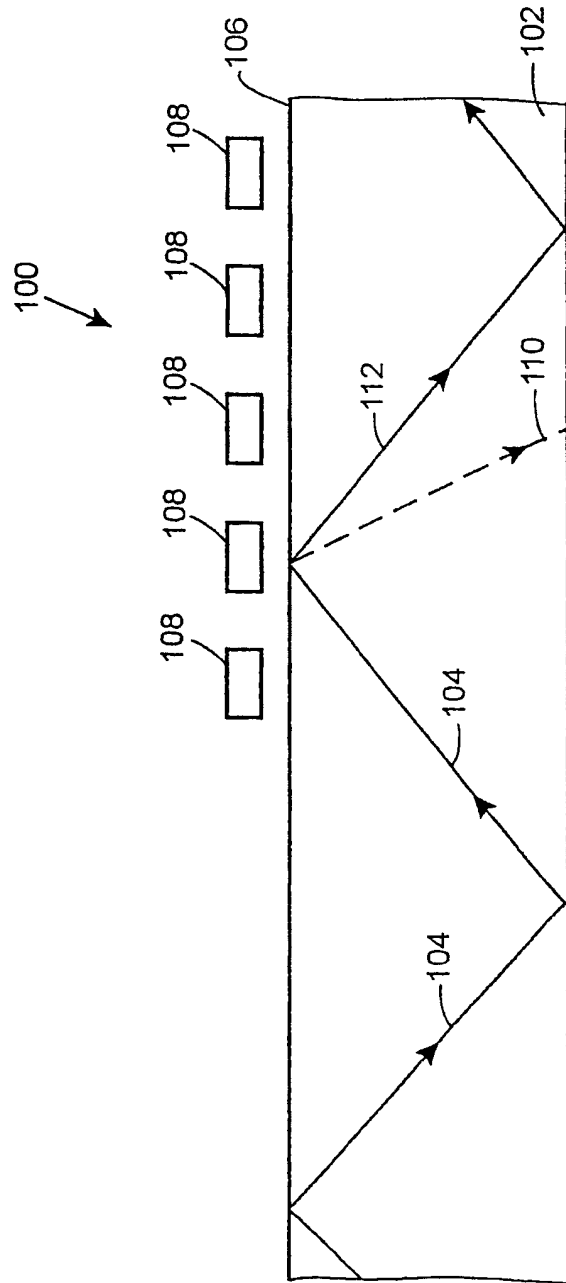


图 2

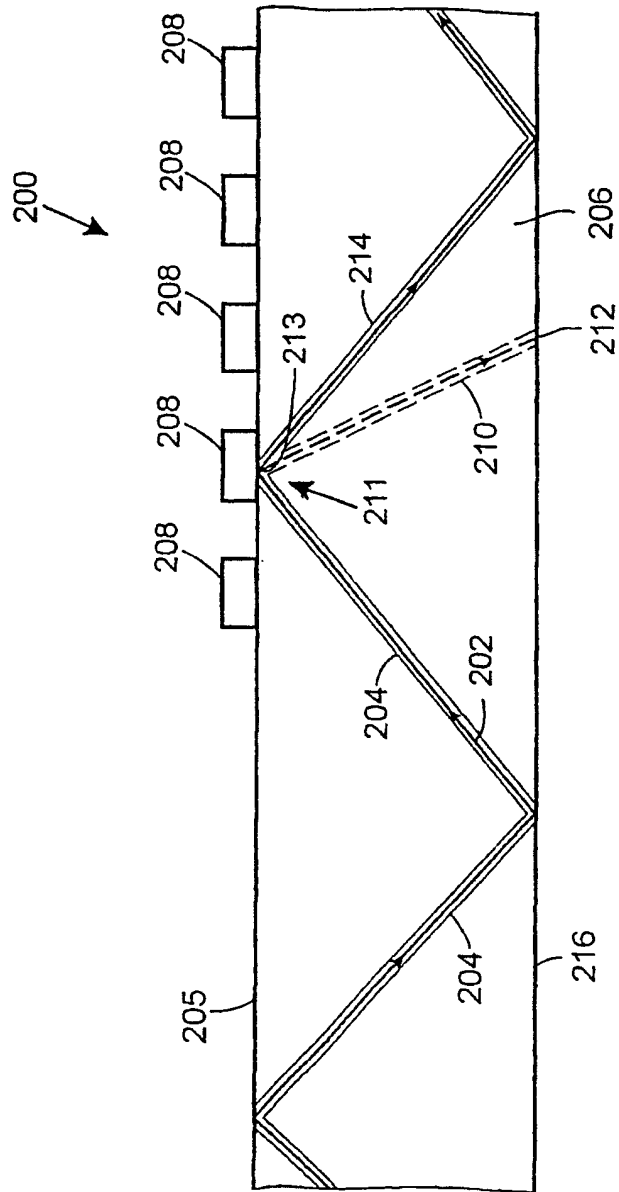


图 3

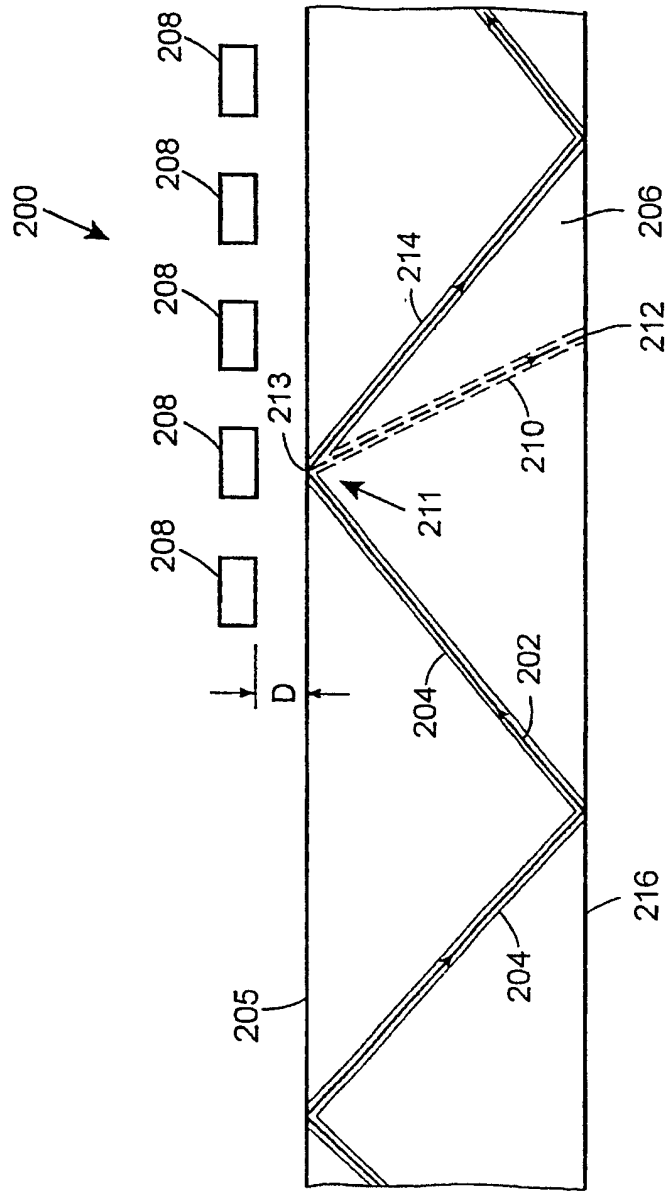


图 4

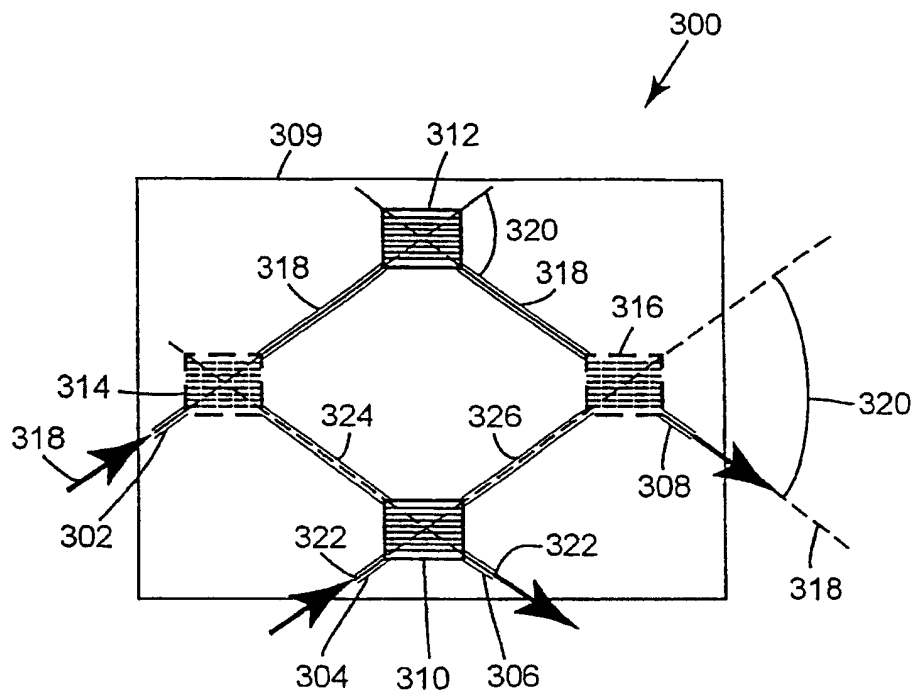


图 5

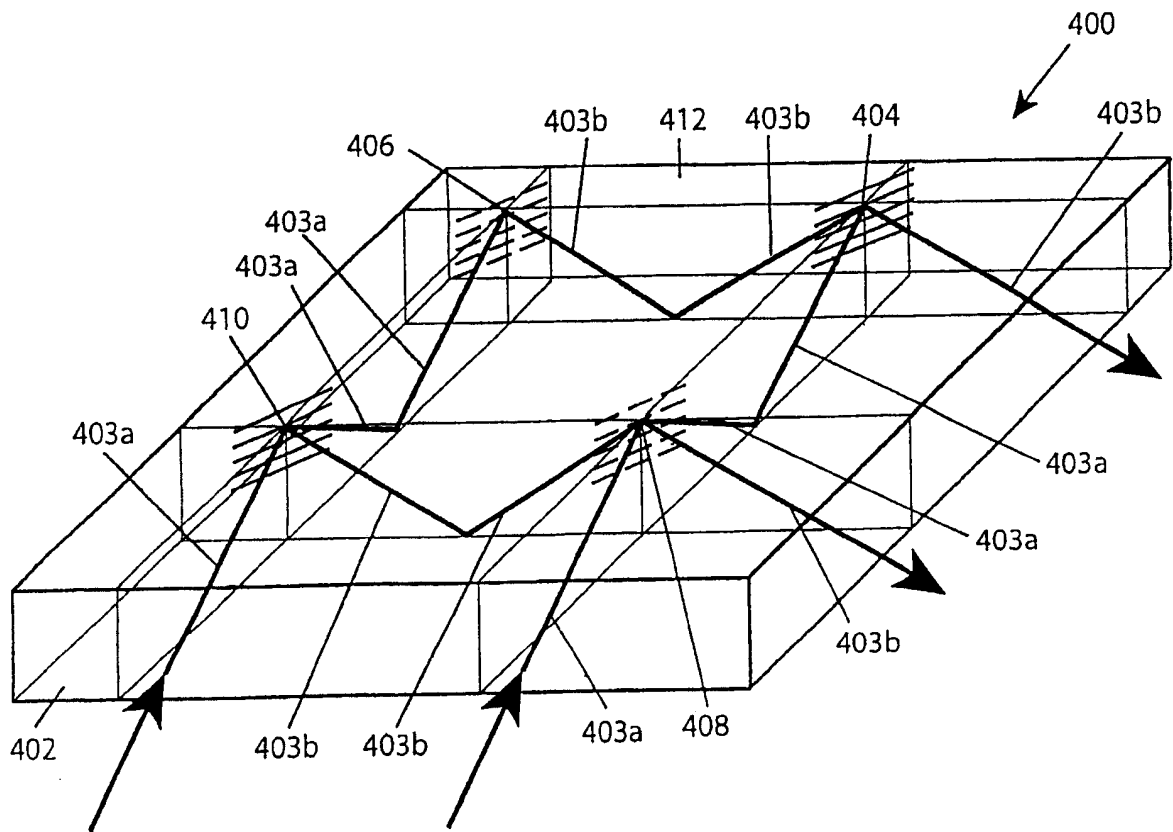


图 6

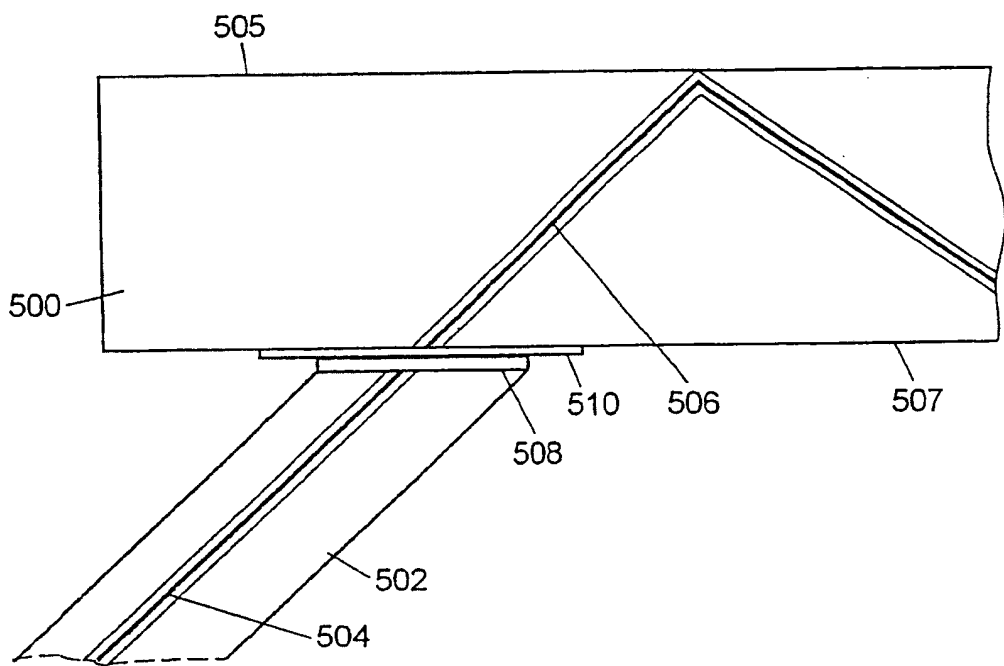


图 7

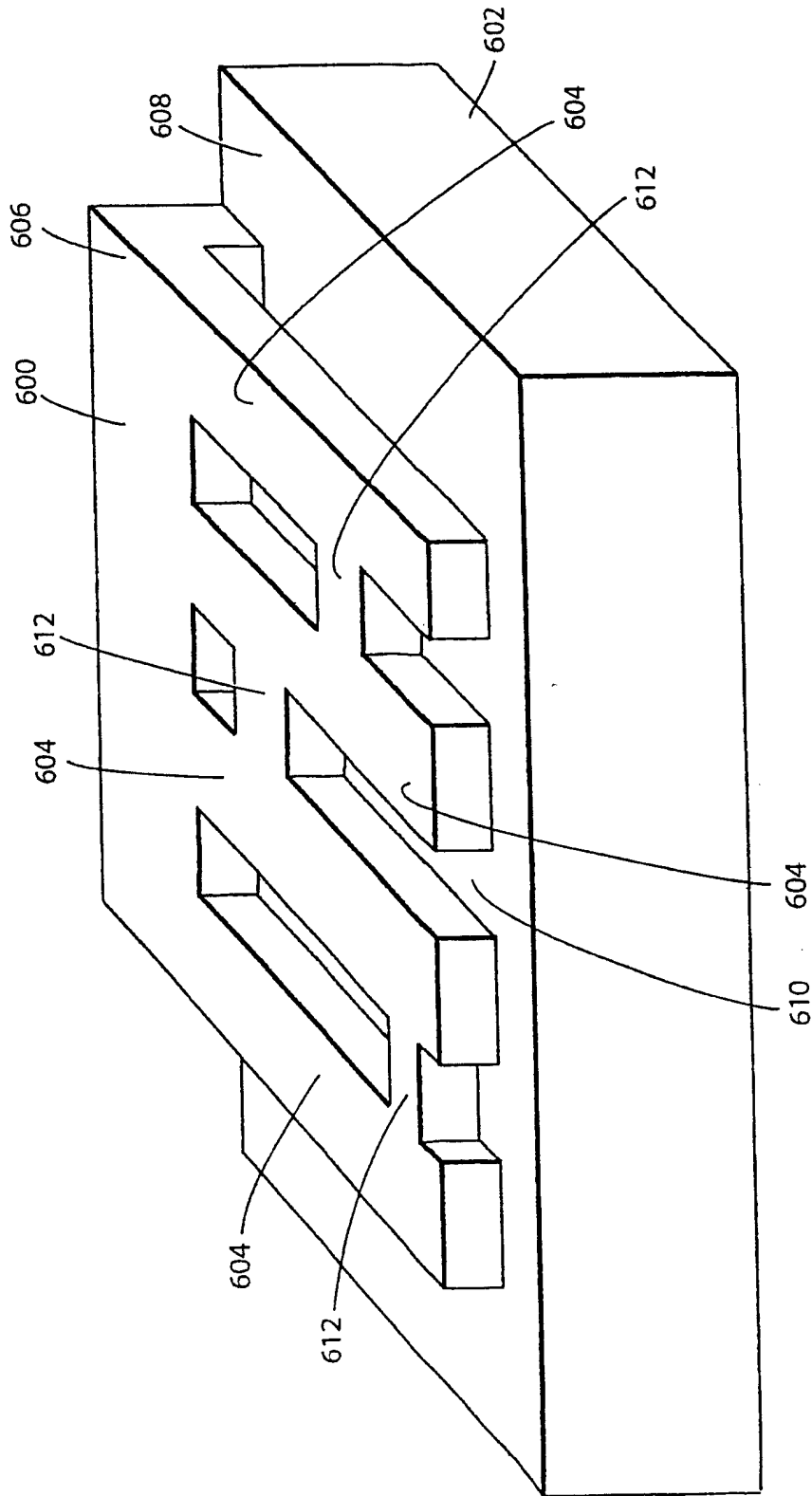


图 8

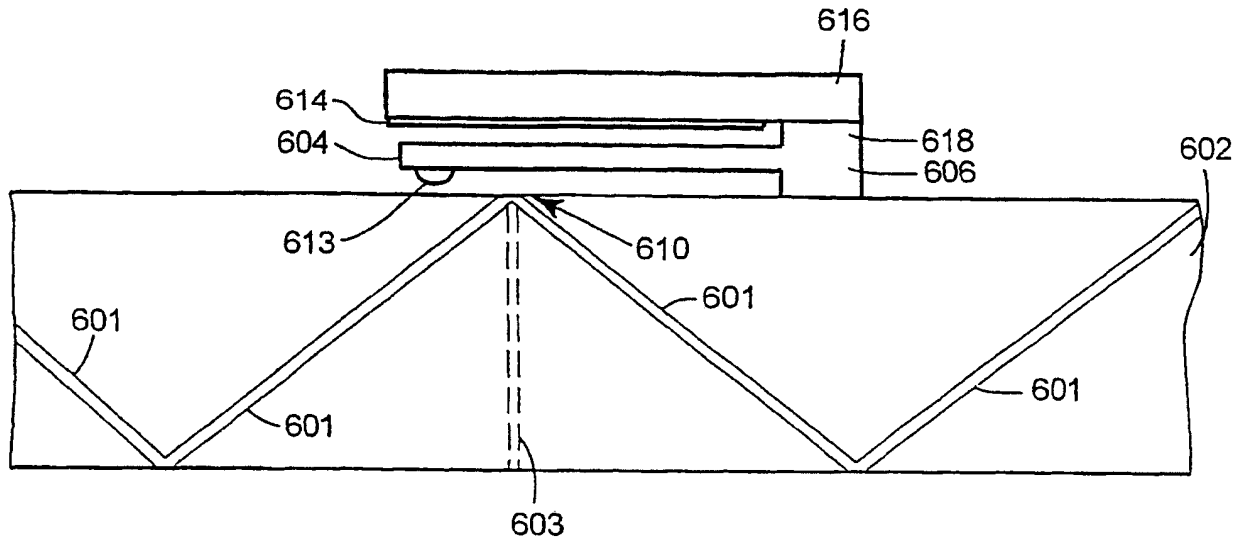


图 9

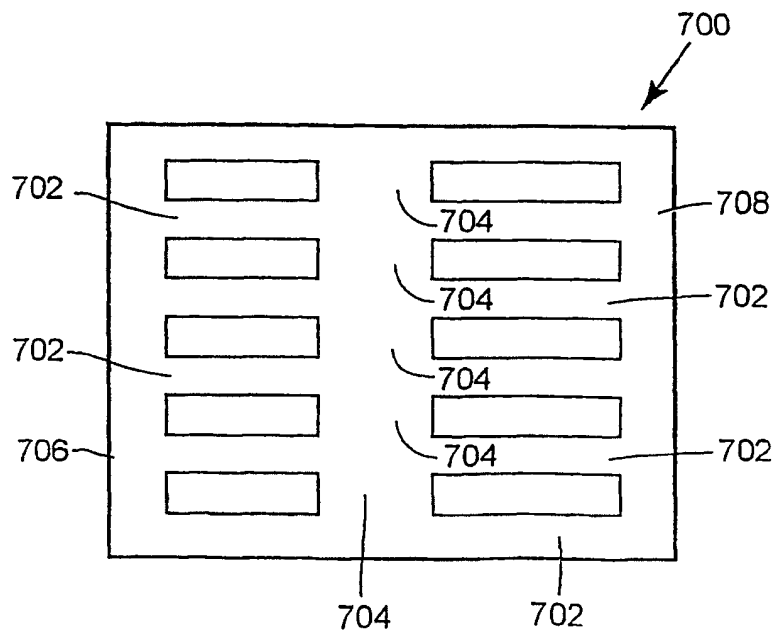


图 10

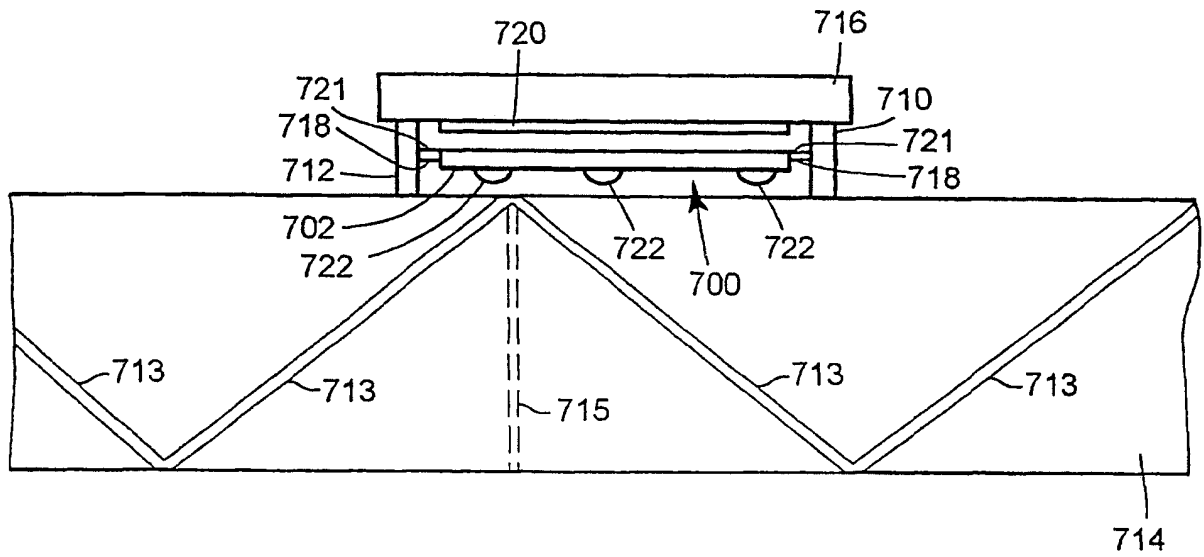


图 11

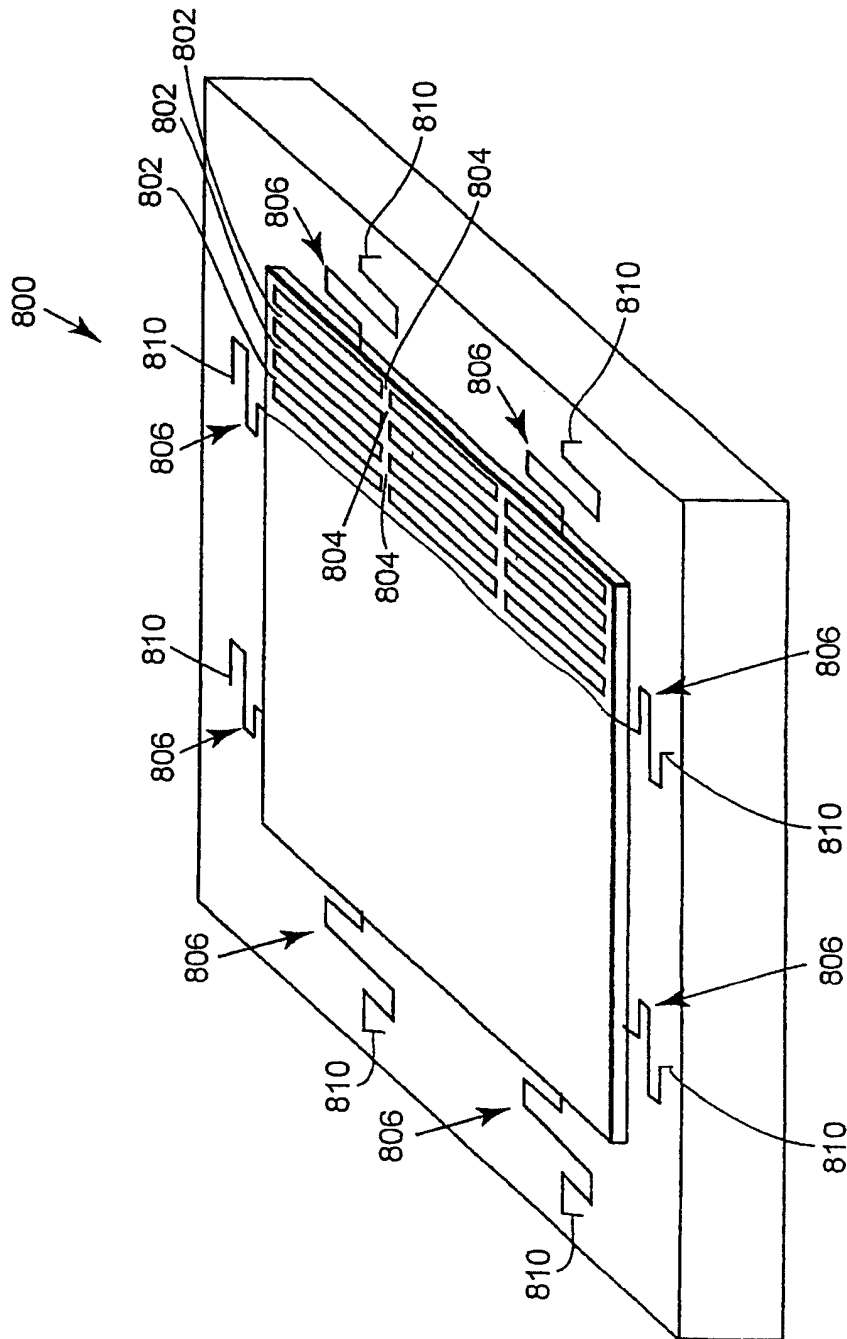


图 12