

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 6/35

G02B 26/08 G03F 7/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03127612.1

[43] 公开日 2004 年 11 月 3 日

[11] 公开号 CN 1542480A

[22] 申请日 2003.7.3 [21] 申请号 03127612.1
[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
地址 130022 吉林省长春市长春市人民大街 140 号
[72] 发明人 梁静秋 董 玮 明安杰 陈维友 王立军

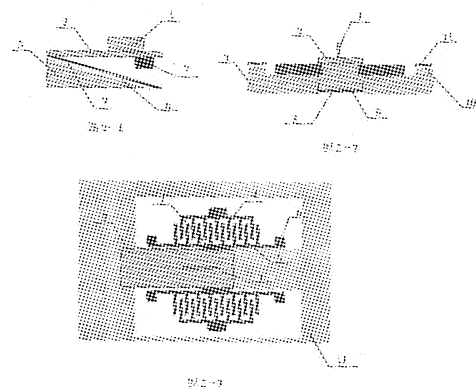
[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司
代理人 梁爱荣

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称 微机械光开关的闩锁及制作

[57] 摘要

本发明属于微光机电器件, 涉及一种微机械光开关的闩锁它包括: 微反射镜 1、悬臂 2、下层基片 3、倾斜下电极 8、倾斜绝缘层 9、水平下电极 10 及水平绝缘层 11, 制作步骤: 首先在衬底上涂胶、前烘、曝光、显影、坚膜、刻蚀掉闩锁图形的所在区域的水平绝缘层及水平下电极, 然后将下层基片刻蚀到适当深度; 再次涂胶、前烘、曝光、显影形成可动梳齿及闩胶图形; 淀积电铸阴极; 涂胶、前烘、曝光、显影形成闩锁图形后电铸; 去胶, 完成闩锁制作; 与上层基片键合。本发明使光开关在“开”和“关”的瞬间动作, 其它时间均处于自然状态。保证光开关只在反射与通光变换时加电压, 解决了能耗高的问题。具有节省能量、位移-电压线性关系好的优点。



1、微机械光开关的闩锁，它包括：微反射镜(1)、悬臂(2)、下层基片(3)、倾斜下电极(8)、倾斜绝缘层(9)、水平下电极(10)及水平绝缘层(11)，倾斜下电极(8)及倾斜绝缘层(9)位于悬臂(2)的正下方，倾斜绝缘层(9)位于倾斜下电极(8)上方并与之接触，倾斜下电极(8)位于下层基片(3)上方并与之接触，水平下电极(10)位于下层基片(3)上方并与之接触，水平绝缘层(11)位于水平下电极(10)上方并与之接触，其特征在于还包括有：固定梳齿(4)、可动梳齿(5)、锚点(6)、闩(7)，固定梳齿(4)、可动梳齿(5)、锚点(6)、闩(7)位于下层基片(3)的上方，其中固定梳齿(4)、锚点(6)与下层基片(3)接触，可动梳齿(5)和闩(7)悬浮在下层基片(3)的上方并有一定间隙；固定梳齿(4)、可动梳齿(5)、锚点(6)位于悬臂(2)的下方两侧，闩(7)的一部分位于悬臂(2)的下方两侧，闩(7)的另一部分靠近悬臂(2)的下方；固定梳齿(4)与可动梳齿(5)交叉耦合。

2、微机械光开关闩锁的制作，其特征在于制作步骤如下：

a、首先在衬底的上表面涂覆适当厚度的厚型紫外光刻胶、在适当温度和时间条件下进行前烘；

b、在掩模板保护下对步骤a进行曝光，然后显影露出闩锁图形的所在区域的水平绝缘层；

c、对步骤b进行高温坚膜后，刻蚀掉闩锁图形的所在区域的水平绝缘层及水平下电极；

d、再对闩锁图形所在区域的下层基片进行刻蚀到适当深度；

- e、对步骤 d 表面涂覆适当厚度的紫外光刻胶、在适当条件下进行前烘；
- f、在掩模板保护下对步骤 e 进行曝光后，显影形成可动梳齿及门胶图形；
- g、在步骤 f 的上表面淀积适当厚度的金属薄膜作为门胶电铸阴极；
- h、对步骤 g 表面在适当转速下涂覆紫外光刻胶，在适当温度下前烘；
- I、在掩模板保护下对步骤 h 进行曝光，然后显影形成门胶图形；
- j、电铸门胶；
- k、去胶，释放可动梳齿，完成门胶制作。

微机械光开关的闩锁及制作

技术领域：本发明属于微光机电器件技术领域，涉及一种对微机械光开关结构及制作方法的改进。

背景技术：已有技术的微机械光开关主要由两部分组成：上半部分包括微反射镜、带扭臂的悬臂及上电极；下半部分包括倾斜下电极与绝缘层。[董玮，阮圣平，张歆冬，刘彩霞，陈维友等，一种降低扭臂结构微机械光开关驱动电压的新方法，吉林大学学报（信息科学版），2003，21(1)：1-3.]，如图 1-1、图 1-2 所示包括微反射镜 1、悬臂（上电极）2、倾斜绝缘层及倾斜下电极 3、水平绝缘层与水平下电极 4、下层基片 5、扭臂 6、光纤槽 7 及上层基片 8。微反射镜位于悬臂上方并与之连接，扭臂位于悬臂两侧并分别与悬臂及上层基片连接，上层基片位于水平绝缘层及水平下电极的上方，并与之接触，倾斜绝缘层及倾斜下电极位于悬臂下方，并与之成一定角度，下层基片位于倾斜绝缘层及倾斜下电极和水平绝缘层及水平下电极下方，并与之接触。

微机械光开关结构的工作原理如下：当微机械光开关不加电压时，悬臂处于自然状态，微反射镜将入射光进行反射，改变方向后进入到镜面同一侧的出射光纤，即为光开关的反射状态；而当上、下电极有电压输入时，悬臂在静电力作用下发生偏转，微反射镜随之向下偏转离开光路，入射光沿直线传播进入出射光纤，光路处于直通状态。由于采用了倾斜下电极结构，与平板电容式相比可减小驱动电压。虽然以上微机械光开关结构在降低驱动电压

方面具有突出的优点，但仍然不够完善。当光路常通时，微机械光开关需要加载的驱动电压时间长，使微机械光开关能耗较高。

本发明内容：为解决上述背景技术能耗高的问题，本发明目的是将要提供一种能耗低、用于微机械光开关的闩锁及其制作方法。

闩锁如图 2-1、图 2-2、图 2-3 所示：微反射镜、悬臂（上电极）、下层基片、固定梳齿、可动梳齿、锚点、闩、倾斜下电极、倾斜绝缘层、水平下电极及水平绝缘层，固定梳齿、可动梳齿、锚点、闩位于下层基片的上方，其中固定梳齿、锚点与下层基片接触，可动梳齿和闩悬浮在下层基片的上方并有一定间隙；固定梳齿、可动梳齿、锚点位于悬臂的下方两侧，闩的一部分位于悬臂的下方两侧，闩的另一部分靠近悬臂的下方；固定梳齿与可动梳齿交叉耦合，倾斜下电极及倾斜绝缘层位于悬臂的正下方，倾斜绝缘层位于倾斜下电极上方并与之接触，倾斜下电极位于下层基片上方并与之接触，水平下电极位于下层基片上方并与之接触，水平绝缘层位于水平下电极方并与之接触。

衬底由倾斜下电极、倾斜绝缘层、水平下电极、水平绝缘层和下层基片组成。

闩锁的制作：本发明的制作方法步骤如下：

- a、首先在衬底的上表面涂覆适当厚度的厚型紫外光刻胶、在适当温度和时间条件下进行前烘；
- b、在掩模板保护下对步骤 a 进行曝光，然后显影露出闩锁图形的所在区域的水平绝缘层；
- c、对步骤 b 进行高温坚膜后，刻蚀掉闩锁图形的所在区域的水平绝缘层及水

平下电极；

- d、再对闩锁图形所在区域的下层基片进行刻蚀到适当深度；
- e、对步骤 d 表面涂覆适当厚度的紫外光刻胶、在适当条件下进行前烘；
- f、在掩模板保护下对步骤 e 进行曝光，然后显影形成可动梳齿及闩胶图形；
- g、在步骤 f 的上表面淀积适当厚度的金属薄膜作为闩锁电铸阴极；
- h、对步骤 g 表面在适当转速下涂覆紫外光刻胶，在适当温度下前烘；
- i、在掩模板保护下对步骤 h 进行曝光，然后显影形成闩锁图形；
- j、电铸闩锁；
- k、去胶，释放可动梳齿，完成闩锁制作。

将完成步骤 k 的结构与包含有微反射镜及悬臂的上层基片键合制成微光开关。

本发明的工作原理如下：

图 2—4 及图 2—5、图 2—6、图 2—7 分别表示闩锁在悬臂下移过程中及悬臂下移完成后，悬臂被锁住的状态。当光开关处于图 2—1 的状态时，光开关的上下电极不加电压，悬臂处于自然状态。同时，闩锁也不加电压，可动梳齿也处于自然状态。闩插在悬臂的下方，与悬臂的下表面靠近但不接触；

当光开关的上下电极分别加正、负电压时，悬臂的一端开始向下移动。与此同时在闩锁的一对固定梳齿与可动梳齿上分别施加正、负电压，使可动梳齿带动闩向可动梳齿方向平行移动，直至闩的悬浮端离开悬臂下方从而允许悬臂顺利移动，如图 2—4 所示。当悬臂继续下移至低于闩的下表面以后，去除闩锁电压使闩回到初始状态，锁住悬臂，如图 2—5、图 2—6 及图 2—7 所示。当光开关需要回到图 2—1 状态时，首先在悬臂与倾斜下电极上加电压，使悬臂向下移动以便与闩离开。然后使闩锁加瞬间电压，使闩再次向可动梳

齿方向平行移动，直至闩的悬浮端离开悬臂下方从而允许悬臂顺利上移，同时释放悬臂使之回到自然状态。

本发明优点采用静电梳齿闩锁技术方案，这种闩锁结构由静电驱动，它本身只在光开关“开”和“关”的瞬间动作，其它时间均处于自然状态。而它的存在又保证了光开关只在需要将反射与通光变换时才加电压，所以极大的减少了能量消耗。解决了背景技术的高能耗问题。与其他类型的驱动相比，静电驱动具有节省能量的优点。与其他类型的静电驱动相比，梳齿型静电驱动的位移-电压线性关系更好。闩锁的长度在 2mm 以内，可动梳齿 5 的位移量达数 $10\mu\text{m}$ 。

附图说明：

图 1—1 是已有技术微机械光开关整体结构图

图 1—2 是图 1—1 的局部放大图

图 2—1 是本发明的正视剖面图

图 2—2 是图 2—1 的左视图

图 2—3 是图 2—1 的俯视图

图 2—4 是本发明在悬臂下移过程中的正视剖面图

图 2—5 是本发明在悬臂下移完成后被锁住状态下的正视剖面图

图 2—6 是图 2—5 的左视图

图 2—7 是图 2—5 的俯视图

具体实施方式：实施例：

a 步骤进行前先将衬底进行清洁处理，采用 AZ4000 厚型紫外光刻胶，胶厚大于 $5\mu\text{m}$ ，用自旋涂覆的方法涂胶，涂胶后静置 1—2 小时，然后前烘，前烘

条件为:将涂胶后的样品在烘箱中 50℃或 60℃下恒温 50 分钟或 1 小时后,缓慢升温至 90℃或 100℃,再恒温 1 小时。

b 步骤中采用 Karl Suss MA6 紫外曝光机,采用真空接触式曝光,曝光时间依胶厚而定,使用 AZ400K 专用显影液进行显影,待开锁图形的所在区域的光刻胶全部溶解后取出,然后用去离子水冲洗,吹干。

c 步骤中腐蚀方式为湿法腐蚀,二氧化硅绝缘层的腐蚀液为氢氟酸:氟化铵:水=3ml:6g:10ml,腐蚀温度为常温;氮化硅的腐蚀液为氟化铵(10%):浓氢氟酸=10:1,腐蚀温度为常温。腐蚀时,将待腐蚀的样品浸入腐蚀液,并轻轻搅拌,待绝缘层均匀消失后,将样品取出,并用水冲洗干净。

d 步骤中用反应离子刻蚀设备或 ICP 设备干法刻蚀下层基片,下层基片材料为(111)面偏向(110)面一定角度的高阻单晶硅材料,干法刻蚀的目的是保证所刻蚀结构侧壁及底面的平整度及平行度。

e 步骤采用 AZ1500 或 BP212 正性紫外光刻胶,胶厚 0.5—2 μm,用自旋涂覆的方法涂胶,然后前烘,前烘条件为:将涂胶后的样品在烘箱中 90℃或 100℃下恒温 25 分钟或 30 分钟。

f 采用 Karl Suss MA6 紫外曝光机,采用接近式曝光,曝光时间依胶厚而定,使用专用显影液进行显影,待除可动梳齿及开锁图形外的区域光刻胶除去后用去离子水冲洗,吹干。

g 步骤中金属薄膜可选用铜/铬或铜或钛,用溅射或蒸发方法生长,膜厚度为 100—500nm。

h 步骤中采用 AZ4000 厚型紫外光刻胶,用自旋涂覆的方法涂胶,涂胶后静置 30 分钟—1 小时,然后前烘,前烘条件为:将涂胶后的样品在烘箱中 50℃

或 60℃ 下恒温 50 分钟或 1 小时后, 缓慢升温至 90℃ 或 100℃, 恒温 1 小时。

i 步骤中采用 Karl Suss MA6 紫外曝光机, 采用真空接触式曝光, 曝光时间依胶厚而定, 使用 AZ400K 专用显影液进行显影, 待闩锁图形的光刻胶全部溶解后取出, 然后用去离子水冲洗, 吹干。

j 步骤中采用精细脉冲电铸的方法电铸镍或铜或其他金属结构镍电铸可选用焦磷酸盐镀液, 电铸铜可选用硫酸盐镀液, 其配方为: 硫酸铜 150—250g/l, 硫酸 45—110g/l, 工作温度为 18—25℃。

k 步骤中将样品在丙酮或专用去胶剂中浸泡以去除步骤 h 的光刻胶, 同时将步骤 e 的光刻胶一起溶掉, 附着其上的电铸阴极随之除去。完成闩锁制作。

利用本发明的方法制作的闩锁结构如图 2-1、2-2、2-3 所示为: 微反射镜 1、悬臂(上电极) 2、下层基片 3、固定梳齿 4、可动梳齿 5、锚点 6、闩 7、倾斜下电极 8、倾斜绝缘层 9、水平下电极 10 及水平绝缘层 11。微反射镜 1 及悬臂 2 的材料为 (110) 面的单晶硅材料。下层基片 3 的材料选择为 (111) 面偏向 (110) 面一定角度的高阻单晶硅材料。固定梳齿 4、可动梳齿 5、锚点 6、闩 7 的材料选用 99.99% 的镍或铜靶材进行电铸。倾斜下电极 8 及水平下电极 10 的材料为铝或金、倾斜绝缘层 9 及水平绝缘层 11 的材料为二氧化硅或氮化硅。

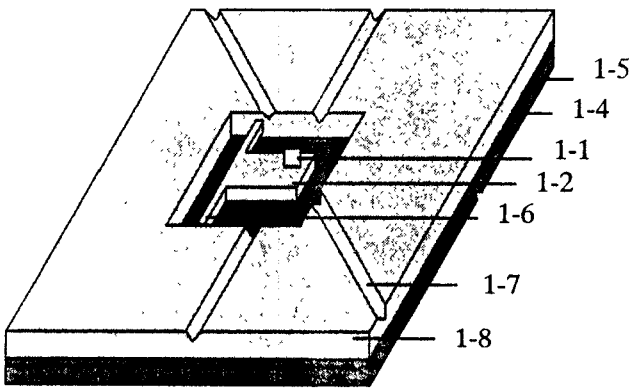


图 1-1

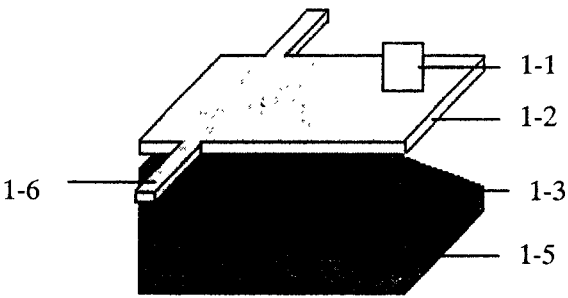


图 1-2

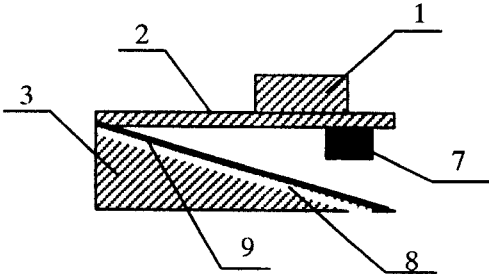


图 2-1

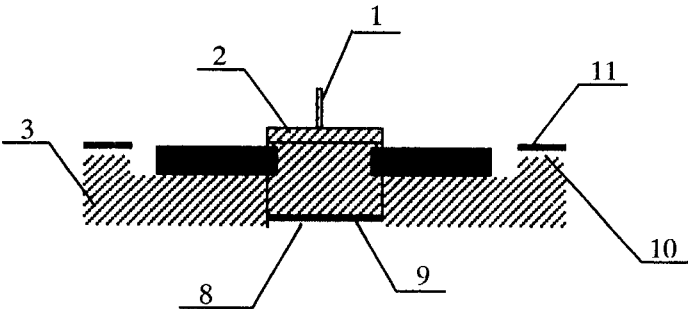
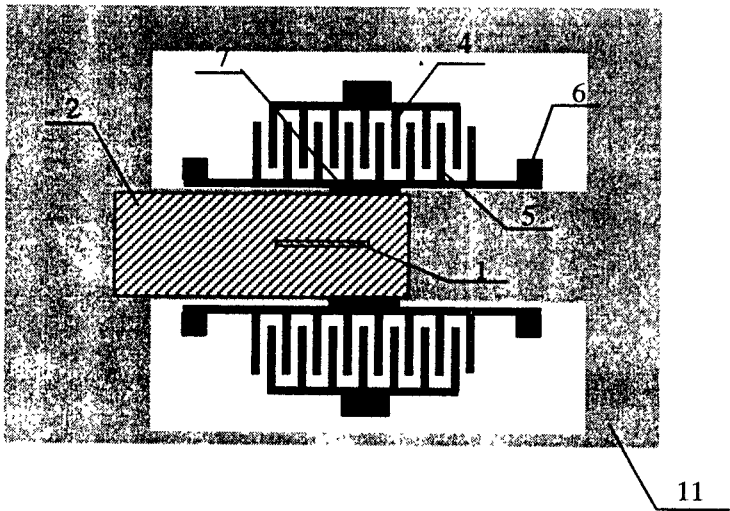


图 2-2



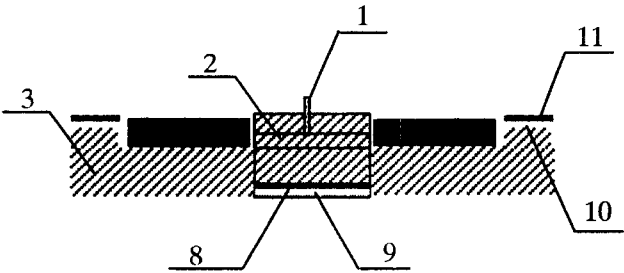


图 2-4

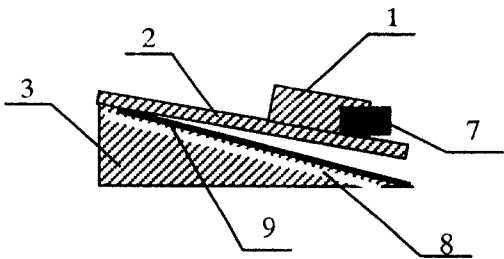


图 2-5

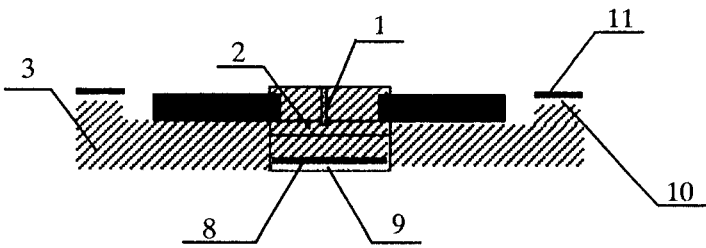


图 2-6

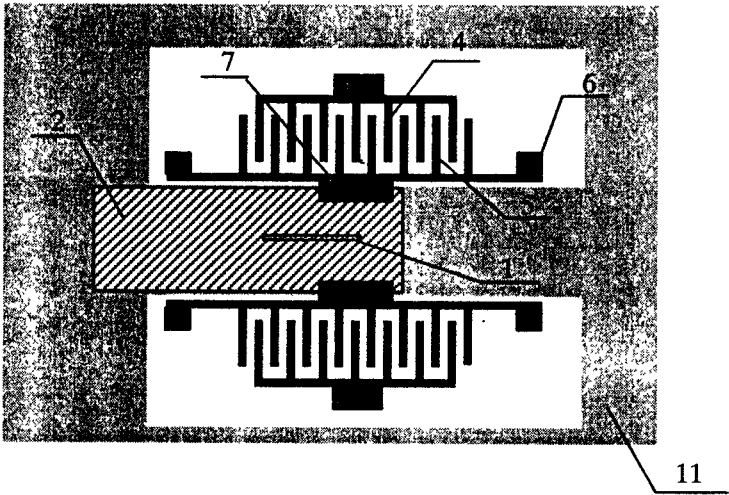


图 2-7