



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103149684 A

(43) 申请公布日 2013.06.12

(21) 申请号 201310049078.8

(22) 申请日 2013.02.07

(71) 申请人 东南大学

地址 214135 江苏省无锡市菱湖大道 99 号

(72) 发明人 秦明

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

G02B 26/08 (2006.01)

B81B 7/00 (2006.01)

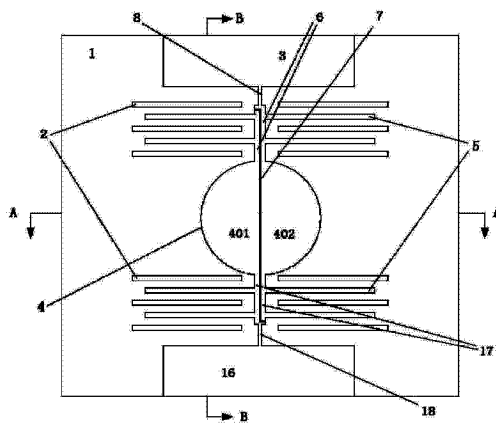
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器及制备方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,包括衬底、固定梳齿单元、微镜、活动梳齿单元、两根支杆、绝缘介质层、两根扭转杆、两个活动电极区,两个活动电极区分别与衬底之间固定连接氧化绝缘层,绝缘介质层分别嵌至在两根支杆、两根扭转杆和微镜的中部;两根支杆的一端固定连接在微镜上,另一端通过扭转杆固定连接在活动电极区上;两根支杆上分别固定连接两个且沿支杆对称布置的活动梳齿单元,每个活动梳齿单元中的活动梳齿与固定梳齿单元中的固定梳齿交错布置。该可变光衰减器可实现双向扭转,并可精确控制微镜扭转位置。同时,本发明还公开了该可变光衰减器的制备方法,可靠性高,且加工精度高。



1. 一种可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,其特征在于,该可变光衰减器包括上部设有空腔的衬底(1)、固定连接在衬底(1)空腔中的四个固定梳齿单元(2)、微镜(4)、四个活动梳齿单元(5)、第一支杆(6)、绝缘介质层(7)、第一扭转杆(8)、第二支杆(17)、第二扭转杆(18),以及位于衬底(1)上方的第一活动电极区(3)和第二活动电极区(16),第一活动电极区(3)和第二活动电极区(16)分别与衬底(1)之间固定连接氧化绝缘层(10),绝缘介质层(7)分别嵌至在第一支杆(6)中部、第一扭转杆(8)中部、第二支杆(17)中部、第二扭转杆(18)中部和微镜(4)中部,第一支杆(6)的一端固定连接在微镜(4)上,第一支杆(6)的另一端通过第一扭转杆(8)固定连接在第一活动电极区(3)上,第二支杆(17)的一端固定连接在微镜(4)上,第二支杆(17)的另一端通过第二扭转杆(18)固定连接在第二活动电极区(16)上;第一支杆(6)和第二支杆(17)上分别固定连接两个且沿第一支杆(6)或第二支杆(17)对称布置的活动梳齿单元(5),活动梳齿单元(5)位于固定梳齿单元(2)的上方,且每个活动梳齿单元(5)与一个固定梳齿单元(2)相对应,每个活动梳齿单元(5)中的活动梳齿与该活动梳齿单元(5)相对应的固定梳齿单元(2)中的固定梳齿交错布置;微镜(4)、活动梳齿单元(5)、第一支杆(6)、第二支杆(17)、第一扭转杆(8)和第二扭转杆(18)均处于悬空状态。

2. 按照权利要求1所述的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,其特征在于,所述的第一活动电极区(3)、第二活动电极区(16)和衬底(1)均为低阻材料制成,且活动梳齿单元(5)、微镜(4)、第一支杆(6)、第二支杆(17)、第一扭转杆(8)、第二扭转杆(18)、第一活动电极区(3)和第二活动电极区(16)均为同一种材料制成;固定梳齿单元(2)和衬底(1)为同一种材料制成。

3. 按照权利要求3所述的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,其特征在于,所述的低阻材料为高掺杂磷的硅、高掺杂硼的硅或高掺杂砷的硅。

4. 一种权利要求1所述的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器的制备方法,其特征在于,该制备方法包括以下步骤:

步骤10)选取起始硅片:选取(100)晶向高掺杂衬底(1)和硅膜(9)的SOI硅片作为起始硅片;SOI硅片中部含有氧化绝缘层(10);

步骤20)采用热氧化方法在起始硅片表面生长一层上氧化绝缘层(11),然后采用旋涂工艺在上氧化绝缘层(11)表面覆盖一层光刻胶层(12),采用光刻工艺,在光刻胶层(12)上刻蚀第一孔(13),当刻蚀到上氧化绝缘层(11)顶面时,利用氢氟酸溶液,腐蚀掉第一孔(13)中的上氧化绝缘层(11),接着再采用干法感应耦合等离子体工艺,在硅膜(9)中向下刻蚀第一孔(13),当刻蚀到氧化绝缘层(10)顶面时,再利用氢氟酸溶液,腐蚀掉第一孔(13)中的氧化绝缘层(10);随后采用八氟化四碳气体干法刻蚀工艺,在第一孔(13)的壁面和底面上淀积保护层(14),最后采用离子轰击,去掉位于第一孔(13)底面上的保护层(14);

步骤30)采用干法感应耦合等离子体工艺,沿着第一孔(13)向下刻蚀衬底(1),在衬底(1)上形成第二孔(15);

步骤40)采用各向同性等离子干法刻蚀工艺,刻蚀位于第一孔(13)下方的衬底(1),使第二孔(15)的孔径变宽;

步骤50)采用氢氟酸溶液腐蚀掉位于硅膜(9)上方的上氧化绝缘层(11)和位于第一

孔(13)壁面上的保护层(14),然后采用外延工艺,在第一孔(13)中进行硅外延生长,封闭第二孔(15);

步骤60)采用干法感应耦合等离子体工艺,刻蚀硅膜(9),直至氧化绝缘层(10),形成刻蚀槽,然后采用热氧化和低压化学淀积方法,在该刻蚀槽内填充氧化硅绝缘介质,形成绝缘介质层(7);

步骤70)光刻衰减器部件:采用光刻板,对硅膜(9)进行梳齿光刻,一直刻到衬底(1)空腔底部,形成活动梳齿单元(5)、固定梳齿单元(2)、微镜(4)、第一支杆(6)、第二支杆(17)、第一扭转杆(8)、第二扭转杆(18)、第一活动电极区(3)和第二活动电极区(16),制成可变光衰减器。

5. 按照权利要求4所述的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器的制备方法,其特征在于,所述的步骤30)中,第二孔(15)的深度为2—10微米。

## 可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器及制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种可变光衰减器及制备方法,具体来说,涉及可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器及制备方法。

### 背景技术

[0002] 可变光衰减器(文中简称VOA)是光网络中的一种重要的光纤无源器件,是组成光放大器的关键部件,在光纤通信系统中起到功率平衡的关键作用。微机电系统(文中简称:MEMS)可变光衰减器性能可靠,结构紧凑,造价低廉,易于批量生产,具有广泛的发展前景。目前的MEMS可变光衰减器主要有微镜结构,通过静电驱动实现微镜的上下偏转。驱动结构有平板型和梳齿型,平板型难以实现线性控制,梳齿则需要上下交叠,上下梳齿的加工涉及对准和隔离等问题,因此工艺相对复杂,如果梳齿集中在一边,可能造成结构不对称,容易失衡。

### 发明内容

[0003] 技术问题:本发明所要解决的技术问题是:提供一种可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,该可变光衰减器结构简单,可以实现双向扭转,并且可精确控制微镜扭转位置;同时,本发明还提供该可变光衰减器的制备方法,该制备方法简单,可靠性高,且加工精度高。

[0004] 技术方案:为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0005] 一种可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,该可变光衰减器包括上部设有空腔的衬底、固定连接在衬底空腔中的四个固定梳齿单元、微镜、四个活动梳齿单元、第一支杆、绝缘介质层、第一扭转杆、第二支杆、第二扭转杆,以及位于衬底上方的第一活动电极区和第二活动电极区,第一活动电极区和第二活动电极区分别与衬底之间固定连接氧化绝缘层,绝缘介质层分别嵌至在第一支杆中部、第一扭转杆中部、第二支杆中部、第二扭转杆中部和微镜中部,第一支杆的一端固定连接在微镜上,第一支杆的另一端通过第一扭转杆固定连接在第一活动电极区上,第二支杆的一端固定连接在微镜上,第二支杆的另一端通过第二扭转杆固定连接在第二活动电极区上;第一支杆和第二支杆上分别固定连接两个且沿第一支杆或第二支杆对称布置的活动梳齿单元,活动梳齿单元位于固定梳齿单元的上方,且每个活动梳齿单元与一个固定梳齿单元相对应,每个活动梳齿单元中的活动梳齿与该活动梳齿单元相对应的固定梳齿单元中的固定梳齿交错布置;微镜、活动梳齿单元、第一支杆、第二支杆、第一扭转杆和第二扭转杆均处于悬空状态。

[0006] 上述的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器的制备方法,该制备方法包括以下步骤:

[0007] 步骤10)选取起始硅片:选取(100)晶向高掺杂衬底和硅膜的SOI硅片作为起始硅片;SOI硅片中部含有氧化绝缘层;

[0008] 步骤20)采用热氧化方法在起始硅片表面生长一层上氧化绝缘层,然后采用旋涂

工艺在上氧化绝缘层表面覆盖一层光刻胶层,采用光刻工艺,在光刻胶层上刻蚀第一孔,当刻蚀到上氧化绝缘层顶面时,利用氢氟酸溶液,腐蚀掉第一孔中的上氧化绝缘层,接着再采用干法感应耦合等离子体工艺,在硅膜中向下刻蚀第一孔,当刻蚀到氧化绝缘层顶面时,再利用氢氟酸溶液,腐蚀掉第一孔中的氧化绝缘层;随后采用八氟化四碳气体干法刻蚀工艺,在第一孔的壁面和底面上淀积保护层,最后采用离子轰击,去掉位于第一孔底面上的保护层;

[0009] 步骤 30)采用干法感应耦合等离子体工艺,沿着第一孔向下刻蚀衬底,在衬底上形成第二孔;

[0010] 步骤 40)采用各向同性等离子干法刻蚀工艺,刻蚀位于第一孔下方的衬底,使第二孔的孔径变宽;

[0011] 步骤 50)采用氢氟酸溶液腐蚀掉位于硅膜上方的上氧化绝缘层和位于第一孔壁面上的保护层,然后采用外延工艺,在第一孔中进行硅外延生长,封闭第二孔;

[0012] 步骤 60)采用干法感应耦合等离子体工艺,刻蚀硅膜,直至氧化绝缘层,形成刻蚀槽,然后采用热氧化和低压化学淀积方法,在该刻蚀槽内填充氧化硅绝缘介质,形成绝缘介质层;

[0013] 步骤 70)光刻衰减器部件:采用光刻板,对硅膜进行梳齿光刻,一直刻到衬底空腔底部,形成活动梳齿单元、固定梳齿单元、微镜、第一支杆、第二支杆、第一扭转杆、第二扭转杆、第一活动电极区和第二活动电极区,制成可变光衰减器。

[0014] 有益效果:与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0015] (1)可精确控制微镜的扭转角度。本发明的可变光衰减器,在衬底和一个活动电极区之间施加静电,通过扭转杆和支杆的传递,固定梳齿单元和与该固定梳齿单元对应的活动梳齿单元之间产生静电驱动力,从而带动微镜的扭转。由于在支杆的中部设有绝缘介质层,因此位于支杆两侧的活动梳齿单元相互绝缘,可独立与衬底上的固定梳齿构成静电驱动结构。由于衬底和活动电极区之间施加的静电大小,仅受外加电压影响,与梳齿运动位置无关,因此,通过控制外加电压,可在任意位置精确控制微镜的扭转角度。

[0016] (2)可实现双向扭转。本发明的可变光衰减器通过绝缘介质层,将第一支杆和第二支杆分别分为左半支杆和右半支杆,将微镜分为左半微镜和右半微镜,将第一扭转杆和第二扭转杆分别分为左半扭转杆和右半扭转杆。位于支杆左侧的活动梳齿单元、左半支杆、左半扭转杆和左半微镜组成左活动结构。位于支杆右侧的活动梳齿单元、右半支杆、右半扭转杆和右半微镜组成右活动结构。左活动结构和第二活动电极区电连通,右活动结构和第一活动电极区电连通。当在衬底和第一活动电极区之间施加静电时,位于两根支杆右侧的活动梳齿单元向下偏转,带动微镜向右扭转。当在衬底和第二活动电极区之间施加静电时,位于两根支杆左侧的活动梳齿单元向下偏转,带动微镜向左扭转。只要在衬底和第一活动电极区(或第二活动电极区)之间施加静电,则静电力将驱使微镜向左或向右扭转,从而实现双向扭转。

[0017] (3)器件可靠性高。本发明的可变光衰减器,活动梳齿单元位于两根支杆的两侧,且沿支杆相互对称。当不在衬底和第一活动电极区或第二活动电极区之间施加静电时,由于活动梳齿单元沿支杆和微镜对称设置,所以可变光衰减器可以保持较好的平衡。也就是说,该可变光衰减器不施加静电时,微镜的镜面保持水平状态。如果只在支杆一侧设置活动

梳齿单元,那么不对可变光衰减器施加静电时,微镜就向设有活动梳齿单元的一侧发生倾斜,不能保证器件本身测量的稳定性和准确性。设置四个活动梳齿单元,且位于两根支杆的两侧,有利于提高器件的可靠性。

[0018] (4)制备方法简单,可靠性高,且加工精度高。本发明的制备方法采用半导体工艺,结合深硅刻蚀加工实现,工艺可靠性高。该制备方法采用 SOI 晶圆单面加工实现,不需要通过背面加工和硅硅键合,可有效保证加工成品率,适合批量化产品的推广应用。该制备方法仅在硅片上表面加工,且固定梳齿和活动梳齿不需要套刻对准,位于两根支杆两侧的活动梳齿单元相对微镜和支杆对称设置,结构稳定性好。由于固定梳齿单元和活动梳齿单元是一次光刻和刻蚀就可完成,因此可靠性高,且加工精度高。

### 附图说明

[0019] 图 1 是本发明中可变光衰减器的结构示意图。

[0020] 图 2 是图 1 中沿 A-A 向剖视图。

[0021] 图 3 是图 1 中沿 B-B 向剖视图。

[0022] 图 4 是本发明制备方法中步骤 20) 完成后的结构示意图。

[0023] 图 5 是本发明制备方法中步骤 30) 完成后的结构示意图。

[0024] 图 6 是本发明制备方法中步骤 40) 完成后的结构示意图。

[0025] 图 7 是本发明制备方法中步骤 50) 完成后的结构示意图。

[0026] 图中有:衬底 1、固定梳齿单元 2、第一活动电极区 3、微镜 4、左半微镜 401、右半微镜 402、活动梳齿单元 5、第一支杆 6、绝缘介质层 7、第一扭转杆 8、硅膜 9、氧化绝缘层 10、上氧化绝缘层 11、光刻胶层 12、第一孔 13、保护层 14、第二孔 15、第二活动电极区 16、第二支杆 17、第二扭转杆 18。

### 具体实施方式

[0027] 下面结合附图,对本发明的技术方案作进一步详细的说明。

[0028] 如图 1 至图 3 所示,本发明的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器,包括上部设有空腔的衬底 1、固定连接在衬底 1 空腔中的四个固定梳齿单元 2、微镜 4、四个活动梳齿单元 5、第一支杆 6、绝缘介质层 7、第一扭转杆 8、第二支杆 17、第二扭转杆 18,以及位于衬底 1 上方的第一活动电极区 3 和第二活动电极区 16。第一活动电极区 3 和第二活动电极区 16 分别与衬底 1 之间固定连接氧化绝缘层 10。氧化绝缘层 10 将第一活动电极区 3 和第二活动电极区 16 分别与衬底 1 隔离。绝缘介质层 7 分别嵌至在第一支杆 6 中部、第一扭转杆 8 中部、第二支杆 17 中部、第二扭转杆 18 中部和微镜 4 中部。绝缘介质层 7 将第一支杆 6 和第二支杆 17 分别分为左半支杆和右半支杆。左半支杆和右半支杆被绝缘介质层 7 隔离。同样,绝缘介质层 7 将微镜 4 分为左半微镜 401 和右半微镜 402。左半微镜 401 和右半微镜 402 被绝缘介质层 7 隔离。绝缘介质层 7 将第一扭转杆 8 和第二扭转杆 18 分别分为左半扭转杆和右半扭转杆。左半扭转杆和右半扭转杆被绝缘介质层 7 隔离。第一支杆 6 的一端固定连接在微镜 4 上,第一支杆 6 的另一端通过第一扭转杆 8 固定连接在第一活动电极区 3 上。第二支杆 17 的一端固定连接在微镜 4 上,第二支杆 17 的另一端通过第二扭转杆 18 固定连接在第二活动电极区 16 上。微镜 4 优选呈圆形。第一支杆 6、第二支杆 17、

第一扭转杆 8 和第二扭转杆 18 均位于微镜 4 的轴线上。第一支杆 6 和第二支杆 17 上分别固定连接两个且沿第一支杆 6 或第二支杆 17 对称布置的活动梳齿单元 5。活动梳齿单元 5 位于固定梳齿单元 2 的上方,且每个活动梳齿单元 5 与一个固定梳齿单元 2 相对应,每个活动梳齿单元 5 中的活动梳齿与该活动梳齿单元 5 相对应的固定梳齿单元 2 中的固定梳齿交错布置。活动梳齿单元 5 的底端和固定梳齿单元 2 的顶端在纵向有空隙。活动梳齿单元 5 的底端和固定梳齿单元 2 的顶端在纵向的距离,等于氧化绝缘层 10 的厚度。固定梳齿单元 2 中的每个固定梳齿位于活动梳齿单元 5 中相邻的两个活动梳齿之间下方。固定梳齿单元 2 中的固定梳齿与活动梳齿单元 5 中的活动梳齿不是上下一一对应,而是交错布置,且固定梳齿和活动梳齿在纵向没有重叠部位。微镜 4、活动梳齿单元 5、第一支杆 6、第二支杆 17、第一扭转杆 8 和第二扭转杆 18 处于悬空状态。

[0029] 进一步,所述的第一活动电极区 3、第二活动电极区 16 和衬底 1 均为低阻材料制成,且活动梳齿单元 5、微镜 4、第一支杆 6、第二支杆 17、第一扭转杆 8、第二扭转杆 18、第一活动电极区 3 和第二活动电极区 16 为同一种材料制成;固定梳齿单元 2 和衬底 1 为同一种材料制成。所述的低阻材料优选为高掺杂磷的硅、高掺杂硼的硅或高掺杂砷的硅。

[0030] 本发明的可变光衰减器中,衬底 1 作为支撑体,同时固定梳齿单元 2 设置在衬底 1 的上部内凹腔内,活动梳齿单元 5 及微镜 4 通过第一支杆 6、第二支杆 17、第一扭转杆 8 和第二扭转杆 18 连接在第一活动电极区 3 或者第二活动电极区 16 上,并且处于悬空状态。

[0031] 本发明的可变光衰减器采用双向扭转的交错布置的梳齿静电驱动结构。该梳齿静电驱动结构采用交错布置的固定梳齿和活动梳齿,包括四个嵌在衬底 1 上的固定梳齿单元 2 和位于固定梳齿单元 2 上方且与该固定梳齿单元 2 对应的四个活动梳齿单元 5。固定梳齿单元 2 和与该固定梳齿单元 2 对应的活动梳齿单元 5 之间有微小的间隔,且电隔离。活动梳齿和衬底 1 电绝缘。固定梳齿单元 2 和与该固定梳齿单元 2 对应的活动梳齿单元 5 组成梳齿静电驱动结构。活动梳齿单元 5 分布在第一支杆 6 和第二支杆 17 两侧,且沿第一支杆 6 或第二支杆 17 对称。每个活动梳齿单元 5 下方有一个对应的固定梳齿单元 2。当不在衬底 1 和两个活动电极区之间施加静电时,由于四个活动梳齿单元 5 的对称性,所以该可变光衰减器可以保持较好的平衡。位于第一支杆 6 和第二支杆 17 两根支杆左侧的活动梳齿单元、左半支杆、左半扭转杆和左半微镜 401 组成左活动结构。位于第一支杆 6 和第二支杆 17 两根支杆右侧的活动梳齿单元、右半支杆、右半扭转杆和右半微镜 402 组成右活动结构。左活动结构和右活动结构通过绝缘介质层 7 相连接并实现电隔离。左活动结构和第二活动电极区 16 电连通。左活动结构不和第一活动电极区 3 电连通。右活动结构和第一活动电极区 3 电连通。右活动结构不和第二活动电极区 16 电连通。

[0032] 上述结构的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器的工作过程是:如图 1 所示,在衬底 1 和第一活动电极区 3 之间施加静电,通过右半扭转杆和右半支杆的传递,位于两根支杆右侧的活动梳齿单元 5,与位于该活动梳齿单元 5 下方的固定梳齿单元 4 之间产生静电驱动力。位于两根支杆右侧的活动梳齿单元 5 中的活动梳齿向下偏转,且活动梳齿向两个相邻的固定梳齿之间的空隙扭转,从而带动微镜 4 向右扭转。此时,位于两根支杆左侧的活动梳齿单元 5,由于没有静电驱动力,则向上偏转。同样,当在衬底 1 和第二活动电极区 16 之间施加静电,通过左半扭转杆和左半支杆的传递,位于两根支杆左侧的活动梳齿单元 5,与位于该活动梳齿单元 5 下方的固定梳齿单元 4 之间产生静电驱动力。位于两根支杆

左侧的活动梳齿单元 5 中的活动梳齿向下偏转,且活动梳齿向两个相邻的固定梳齿之间的空隙扭转,从而带动微镜 4 向左扭转。此时,位于两根支杆右侧的活动梳齿单元 5,由于没有静电驱动力,则向上偏转。总之,衬底 1、第一活动电极区 3 和第二活动电极区 16 是相互电隔离的。因此,只要在衬底 1 和第一活动电极区 3 (或第二活动电极区 16) 之间施加静电,则静电力将驱使由左半微镜 401 和右半微镜 402 组成的微镜 4 向左或向右扭转。

[0033] 上述的可双向扭转的交错梳齿静电驱动可变光衰减器的制备方法,包括以下步骤:

[0034] 步骤 10) 选取起始硅片:选取(100)晶向高掺杂衬底 1 和硅膜 9 的 SOI 硅片作为起始硅片。SOI 硅片中部含有氧化绝缘层 10。

[0035] 步骤 20)如图 4 所示,采用热氧化方法在起始硅片表面生长一层上氧化绝缘层 11,然后采用旋涂工艺在上氧化绝缘层 11 表面覆盖一层光刻胶层 12,采用光刻工艺,在光刻胶层 12 上刻蚀第一孔 13,当刻蚀到上氧化绝缘层 11 顶面时,利用氢氟酸溶液,腐蚀掉第一孔 13 中的上氧化绝缘层 11,接着再采用干法感应耦合等离子体工艺,在硅膜 9 中向下刻蚀第一孔 13,当刻蚀到氧化绝缘层 10 顶面时,再利用氢氟酸溶液,腐蚀掉第一孔 13 中的氧化绝缘层 10;随后采用八氟化四碳气体干法刻蚀工艺,在第一孔 13 的壁面和底面上淀积保护层 14,最后采用离子轰击,去掉位于第一孔 13 底面上的保护层 14。

[0036] 步骤 30)如图 5 所示,采用干法感应耦合等离子体工艺,沿着第一孔 13 向下刻蚀衬底 1,在衬底 1 上形成第二孔 15。第二孔 15 的深度优选为 2—10 微米。

[0037] 步骤 40)如图 6 所示,采用各向同性等离子干法刻蚀工艺,刻蚀位于第一孔 13 下方的衬底 1,使第二孔 15 的孔径变宽。

[0038] 步骤 50)如图 7 所示,采用氢氟酸溶液腐蚀掉位于硅膜 9 上方的上氧化绝缘层 11 和位于第一孔 13 壁面上的保护层 14,然后采用外延工艺,在第一孔 13 中进行硅外延生长,封闭第二孔 15。

[0039] 步骤 60)采用干法感应耦合等离子体工艺,刻蚀硅膜 9,直至氧化绝缘层 10,形成刻蚀槽,然后采用热氧化和低压化学淀积方法,在该刻蚀槽内填充氧化硅绝缘介质,形成绝缘介质层 7。

[0040] 步骤 70)光刻衰减器部件:采用光刻板,对硅膜 9 进行梳齿光刻,一直刻到衬底 1 空腔底部,形成活动梳齿单元 5、固定梳齿单元 2、微镜 4、活动电极区 3、支杆 6 和扭转杆 8,制成可变光衰减器。

[0041] 在步骤 70)中,活动梳齿单元 5 中的活动梳齿和固定梳齿单元 2 中的固定梳齿是一次刻蚀完成,无需对准。同时,微镜 4、活动电极区 3、支杆 6 和扭转杆 8 也一次刻蚀完成。这些部件的位置由光刻板决定,且自动对准并完成。

[0042] 上述制备方法以绝缘体上的硅(文中简称 SOI)结合体硅深刻蚀加工技术实现。该制备方法首先选取 SOI 圆片,SOI 圆片的衬底层就是可变光衰减器的衬底 1,SOI 圆片的中间氧化层就是氧化绝缘层 10,SOI 圆片上面的硅膜用于制造活动梳齿单元 5、微镜 3、第一支杆 6、第一扭转杆 8、第二支杆 17 和第二扭转杆 18。首先在 SOI 圆片上的硅膜开小孔(即第一孔 13)阵列,以露出中间的氧化绝缘层 10,通过腐蚀去掉小孔中的氧化绝缘层 10 后,再进行各向同性衬底 1 腐蚀,形成空腔,然后生长硅膜填充小孔(即第一孔 13),最后进行上下梳齿的加工。活动梳齿和固定梳齿采用一次光刻和刻蚀完成。



[0043] 该制备方法只是在硅片正面进行加工,因此加工工艺相对简单,且保证了加工精度。采用 SOI 硅片进行加工,保证了圆片的加工的厚度均匀性,器件的加工成品率好,活动梳齿相对支杆和微镜均匀分布,保证了结构的平衡性,有利于提高器件的工作稳定性和可靠性。

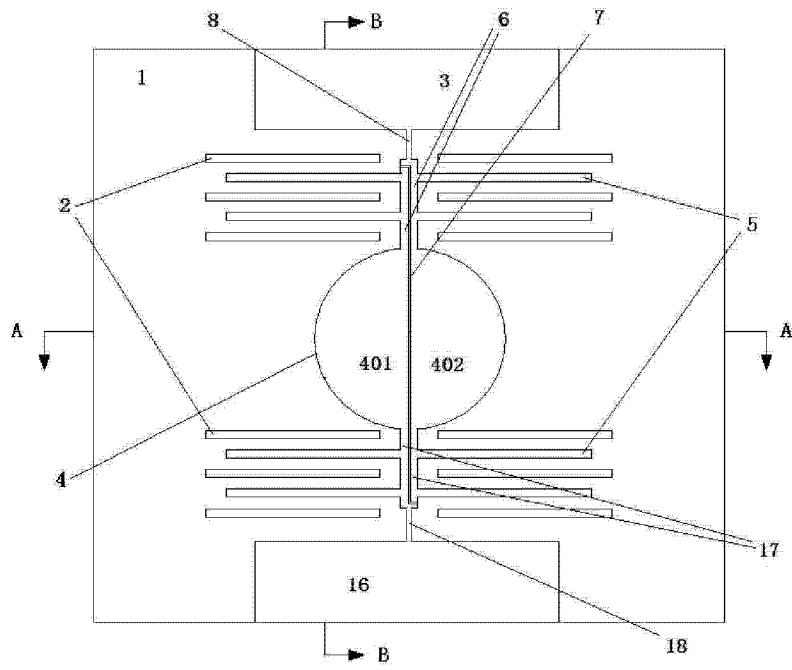


图 1

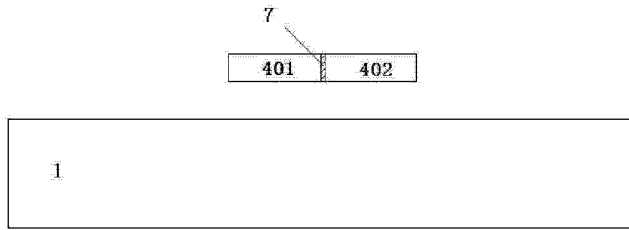


图 2

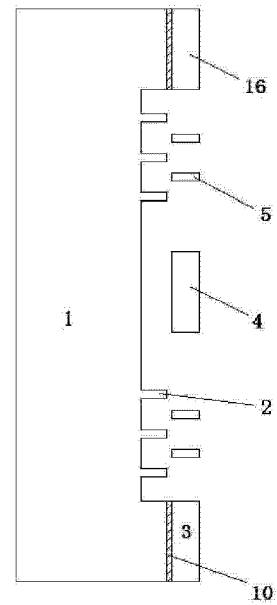


图 3

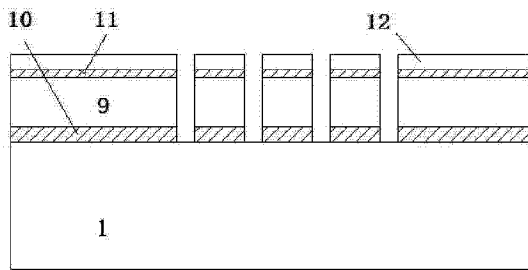


图 4

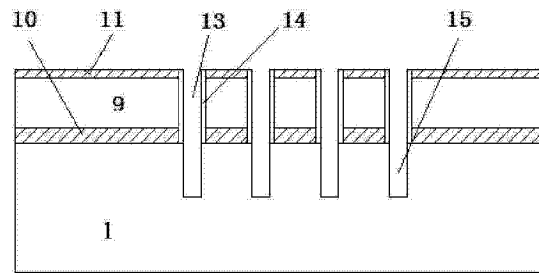


图 5

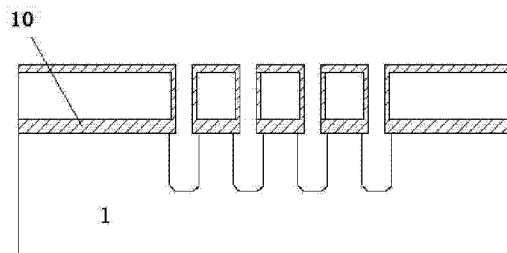


图 6

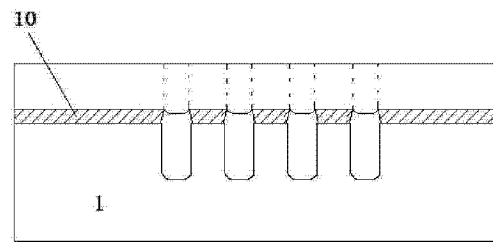


图 7