



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103086316 B

(45) 授权公告日 2015.07.22

(21) 申请号 201110335464.4

(22) 申请日 2011.10.28

(73) 专利权人 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号

(72) 发明人 李四华 吴亚明 徐静

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所 31219
代理人 李仪萍

(51) Int. Cl.

B81C 1/00(2006.01)

(56) 对比文件

- US 2007/0012110 A1, 2007.01.18,
- CN 1828223 A, 2006.09.06,
- CN 1881004 A, 2006.12.20,
- CN 1831579 A, 2006.09.13,
- CN 101244801 A, 2008.08.20,
- CN 101290395 A, 2008.10.22,

- CN 101531334 A, 2009.09.16,
- CN 101907769 A, 2010.12.08,
- JP 特开 2009-154215 A, 2009.07.16,
- US 2011/0062110 A1, 2011.03.17,
- US 2007/0287231 A1, 2007.12.13,
- US 2010/0039687 A1, 2010.02.18,
- US 2007/0128757 A1, 2007.06.07,
- WO 2009/026232 A1, 2009.02.26,
- US 7813028 B2, 2010.10.12,

审查员 郭研岐

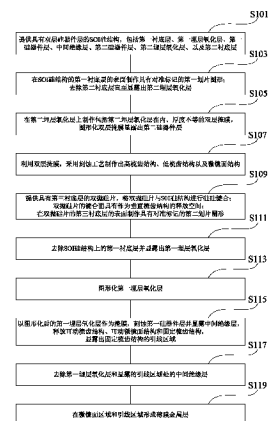
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法

(57) 摘要

本发明提供一种 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法,包括:提供具有双层硅器件层的 SOI 硅结构;在第一衬底层的表面制作第一划片图形;去除第二衬底层;在第二埋层氧化层上制作双层掩膜;利用双层掩膜,制作出高梳齿结构、低梳齿结构以及微镜面结构;将双抛硅片与 SOI 硅结构进行硅硅键合;在双抛硅片的表面制作第二划片图形;去除第一衬底层并显露出第一埋层氧化层;以第一埋层氧化层作为掩膜,刻蚀第一硅器件层,释放可动梳齿结构、可动微镜面结构和固定梳齿结构;去除第一埋层氧化层;在微镜面区域和引线区域形成薄膜金属层。相较于现有技术,本发明技术方案能制作出具有自对准高低梳齿结构的垂直梳齿微镜面驱动器,具有制作简单和成品率高的优点。



CN 103086316 B

1. 一种 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法,其特征在于,包括:
提供具有双层硅器件层的 SOI 硅结构,包括第一衬底层、第一埋层氧化层、第一硅器件层、中间绝缘层、第二硅器件层、第二埋层氧化层、以及第二衬底层;
在所述第一衬底层的表面制作具有对准标记的第一划片图形;去除所述第二衬底层直至显露出所述第二埋层氧化层;
在所述第二埋层氧化层上制作包括所述第二埋层氧化层在内、厚度不等的双层掩膜,图形化所述双层掩膜显露出第二硅器件层;
利用所述双层掩膜,采用刻蚀工艺制作出高梳齿结构、低梳齿结构以及微镜面结构;
提供具有第三衬底层的双抛硅片,将所述双抛硅片与所述 SOI 硅结构进行硅硅键合,所述双抛硅片的键合面具有作为垂直梳齿结构的释放空间;在所述双抛硅片的远离所述键合面的第三衬底层的表面制作具有对准标记的第二划片图形;
去除所述 SOI 硅结构上的所述第一衬底层并显露出所述第一埋层氧化层;
图形化所述第一埋层氧化层;
以图形化后的所述第一埋层氧化层作为掩膜,刻蚀显露出的所述第一硅器件层并显露出位于所述第一硅器件层之下的所述中间绝缘层,释放可动梳齿结构、可动微镜面结构和固定梳齿结构,并显露出固定梳齿结构的引线区域;
去除所述第一埋层氧化层和显露的所述引线区域处的中间绝缘层;
在所述微镜面区域和所述引线区域形成薄膜金属层。
2. 如权利要求 1 所述的制作方法,其特征在于,所述 SOI 硅结构是采用具有双层硅器件层的三层硅结构的单个 SOI 硅片制作的。
3. 如权利要求 1 所述的制作方法,其特征在于,所述 SOI 硅结构是由两个 SOI 硅片经硅硅键合而成的,每一个 SOI 硅片包括衬底层、埋层氧化层、以及硅器件层,所述两个 SOI 硅片经硅硅键合的键合面上包括位于两个所述硅器件层之间的中间绝缘层。
4. 如权利要求 3 所述的制作方法,其特征在于,所述两个 SOI 硅片中的两个硅器件层分别用于制作可动梳齿结构和固定梳齿结构,它们构成垂直梳齿结构的高、低梳齿。
5. 如权利要求 1 或 4 所述的制作方法,其特征在于,所述可动梳齿结构和所述固定梳齿结构的厚度为几微米到上百微米、宽度为几微米到数十微米、梳齿间隙为几微米到数十微米。
6. 如权利要求 1 所述的制作方法,其特征在于,在所述第二埋层氧化层上制作包括所述第二埋层氧化层在内、厚度不等的双层掩膜包括:
在所述第二埋层氧化层上进行第一次光刻掩膜版工艺,利用刻蚀方法刻蚀掉部分厚度的所述第二埋层氧化层;
在所述第二埋层氧化层上进行第二次光刻掩膜版工艺,利用刻蚀方法刻蚀掉显露出的所述第二埋层氧化层直至显露出所述第二硅器件层。
7. 如权利要求 6 所述的制作方法,其特征在于,所述刻蚀方法为反应离子刻蚀方法。
8. 如权利要求 1 所述的制作方法,其特征在于,所述可动微镜面结构中微镜面驱动器的直径为几十微米到数千微米。
9. 如权利要求 1 所述的制作方法,其特征在于,所述垂直梳齿结构为梳齿深度高低的全齿梳齿结构,包括全齿固定梳齿结构、半齿可动梳齿结构和与所述半齿可动梳齿结构相

连的微镜面结构。

10. 如权利要求 1 所述的制作方法,其特征在于,所述垂直梳齿结构为半齿梳齿结构,包括半齿固定梳齿结构、半齿可动梳齿结构和与所述半齿可动梳齿结构相连的微镜面结构。

MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的制造领域,尤其涉及一种应用于光通信器件、激光显示和光束扫描等领域的 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法。

背景技术

[0002] 随着光纤通信的迅速发展,智能全光网络 (Automatic Switched Optical Network,ASON) 成为光通信网络的发展趋势。在 ASON 系统中,为了实现智能全光信号的交换控制,必须对网络中传输的光信号直接进行动态控制与监测。而实现对光信号的直接动态控制的核心器件就是各种微电子机械系统 (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS) 微镜面驱动器。由于 MEMS 微镜面驱动器具有低成本、高可靠性、小型化、易于维护等优势,正得到越来越多的研究和重视。MEMS 微镜面驱动器广泛应用于光开关 (Optical Switch)、光衰减器 (Optical Attenuator)、可调滤波器 (Tunable Optical Filter) 及波长选择开关 (Wavelength Selective Switch) 等核心光网络器件,因此 MEMS 微镜面驱动器在 ASON 的发展中将发挥关键作用。同时, MEMS 微镜面驱动器在光学扫描、光学显示、激光偏转也具有巨大的应用前景。

[0003] 基于 MEMS 技术制作的微镜面驱动器有很多驱动方式,例如静电驱动方式、压电驱动方式等。其中,采用静电驱动方式的 MEMS 微镜面驱动器由于具有结构简单、与微电子制作工艺兼容性好、可大批量制造、体积小等优点而受到广泛关注。静电驱动的微镜面驱动器通常有平板驱动 (Parallel-plate Driver) 结构和梳齿驱动 (Comb Driver) 结构。在平板驱动结构中,微镜面需要较高的驱动电压才能产生较大的扭转角度或者微镜运动量;而在梳齿驱动结构中,微镜面可以在较小的驱动电压下获得较大的扭转角度或者微镜运动量;因此,在应用中,相对平板驱动结构,梳齿驱动结构具有更大的优势,但其结构相对更为复杂,且制作难度也更大。

[0004] 在梳齿驱动结构中,按照梳齿驱动结构的运动方式可以分为平面内运动(称为平面内梳齿驱动结构)和平面外运动(称为垂直梳齿驱动结构)两种。平面内梳齿驱动结构在平面内运动,通常指梳齿驱动结构的可动梳齿和固定梳齿在同一个平面内(如图 1 所示),可动梳齿 12 和固定梳齿 10 之间的运动也在同一个平面内,可动梳齿 12 相对固定梳齿 10 产生平面内的平移运动(如图 1 中的双向箭头 A)。而垂直梳齿驱动结构在平面外运动,通常指角度扭转垂直梳齿驱动结构,即可动梳齿和固定梳齿不在同一个平面,具有一定的高度差(如图 2 所示),可动梳齿 22 相对固定梳齿 20 作一定角度的旋转(如图 2 中的双向箭头 B),利用可动梳齿 22 的扭转运动实现微镜的扭转运动。因此,通过垂直梳齿驱动结构参数设计可以实现 MEMS 微镜面驱动器的大角度、快速的扭转运动,同时降低驱动电压。

[0005] 现有的 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器通常有采用表面微机械技术的和体硅微机械技术制作。在表面微机械技术中(如文献 D. Hah 等 JMEMS 2004),由于需要对薄膜结构的应力进行精确控制,因此导致微镜面驱动器的微镜面尺寸较小,通常直径仅为几十微米到 300 微米左右,不能实现大光斑的光信号控制。同时,薄膜生长的厚度有限(通常为数微米),因

此驱动器的梳齿的厚度较薄,难以实现大角度扭转。相应地,体硅微机械技术制作的微镜面驱动器采用单晶硅材料,由于不需要进行材料生长的应力控制,可以很容易制作直径几百微米至至数微米左右的微镜面,实现大光斑光信号控制。体硅微机械技术可以制作梳齿的厚度为数十至上百微米的垂直梳齿微镜面驱动器,可以实现几度至几十度的大角度扭转。但是,体硅微机械技术在制作垂直梳齿微镜面驱动器时,由于需要制作高低交错、间隙准确的立体垂直梳齿驱动结构,因此较难控制上下垂直梳齿的光刻对准,并且在释放上下垂直梳齿时工艺制作难度大,成品率低。有鉴于此,本发明提出了一种制作垂直梳齿驱动器的工艺方法。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法,用于解决体硅微机械技术在制作垂直梳齿微镜面驱动器时上下垂直梳齿对准困难、释放工艺制作难度大、成品率低等问题。

[0007] 本发明提供一种 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法,包括:提供具有双层硅器件层的 SOI 硅结构,包括第一衬底层、第一埋层氧化层、第一硅器件层、中间绝缘层、第二硅器件层、第二埋层氧化层、以及第二衬底层;在所述第一衬底层的表面制作具有对准标记的第一划片图形;去除所述第二衬底层直至显露出所述第二埋层氧化层;在所述第二埋层氧化层上制作包括所述第二埋层氧化层在内、厚度不等的双层掩膜,图形化所述双层掩膜显露出第二硅器件层;利用所述双层掩膜,采用刻蚀工艺制作出高梳齿结构、低梳齿结构以及微镜面结构;提供具有第三衬底层的双抛硅片,将所述双抛硅片与所述 SOI 硅结构进行硅硅键合,所述双抛硅片的键合面具有作为垂直梳齿结构的释放空间;在所述双抛硅片的远离所述键合面的第三衬底层的表面制作具有对准标记的第二划片图形;去除所述 SOI 硅结构上的所述第一衬底层并显露出所述第一埋层氧化层;图形化所述第一埋层氧化层;以图形化后的所述第一埋层氧化层作为掩膜,刻蚀显露出的所述第一硅器件层并显露出位于所述第一硅器件层之下的所述中间绝缘层,释放可动梳齿结构、可动微镜面结构和固定梳齿结构,并显露出固定梳齿结构的引线区域;去除所述第一埋层氧化层和显露的所述引线区域处的中间绝缘层;在所述微镜面区域和所述引线区域形成薄膜金属层。

[0008] 可选地,所述 SOI 硅结构是采用具有双层硅器件层的三层硅结构的单个 SOI 硅片制作的。

[0009] 可选地,所述 SOI 硅结构是由两个 SOI 硅片经硅硅键合而成的,每一个 SOI 硅片包括衬底层、埋层氧化层、以及硅器件层,所述两个 SOI 硅片经硅硅键合的键合面上包括位于两个所述硅器件层之间的中间绝缘层。

[0010] 可选地,所述两个 SOI 硅片分别用于制作可动梳齿结构和固定梳齿结构,它们构成垂直梳齿结构的高、低梳齿。

[0011] 可选地,所述可动梳齿结构和所述固定梳齿结构的厚度为几微米到上百微米。

[0012] 可选地,在所述第二埋层氧化层上制作包括所述第二埋层氧化层在内、厚度不等的双层掩膜包括:在所述第二埋层氧化层上进行第一次光刻掩膜版工艺,利用刻蚀方法刻蚀掉部分厚度的所述第二埋层氧化层;在所述第二埋层氧化层上进行第二次光刻掩膜版工艺,利用刻蚀方法刻蚀掉显露出的所述第二埋层氧化层直至显露出所述第二硅器件层。

[0013] 可选地,所述刻蚀方法为反应离子刻蚀方法。

[0014] 可选地,所述可动微镜面结构中微镜面驱动器的直径为几十微米到数千微米。

[0015] 可选地,所述垂直梳齿结构为梳齿深度高低的全齿梳齿结构,包括全齿固定梳齿结构、半齿可动梳齿结构和与所述半齿可动梳齿结构相连的微镜面结构。

[0016] 可选地,所述垂直梳齿结构为梳齿深度高低的半齿梳齿结构,包括半齿固定梳齿结构、半齿可动梳齿结构和与所述半齿可动梳齿结构相连的微镜面结构。

[0017] 本发明技术方案相对于现有技术,可以很容易地制作出具有自对准结构的高低梳齿结构,同时制作难度小,成品率高。

[0018] 另外,本发明技术方案优选地采用了具有双层硅器件层的 SOI 硅结构,可以精确地控制上下垂直梳齿的厚度。

附图说明

[0019] 图 1 为平面内梳齿驱动结构在平面内运动的示意图;

[0020] 图 2 为垂直梳齿驱动结构在平面外运动的示意图;

[0021] 图 3 为本发明 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法在一个实施方式中的流程示意图;

[0022] 图 4 至图 14 为按照图 3 所示的流程制作 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的示意图。

具体实施方式

[0023] 本发明的发明人发现:现有技术中,体硅微机械技术在制作垂直梳齿微镜面驱动器时,由于需要制作高低交错的立体垂直梳齿结构,因此较难控制上下垂直梳齿的光刻对准,并且在释放上下垂直梳齿时工艺制作难度大,成品率低。因此,为防止上述缺陷的产生,本发明的发明人对现有技术进行了改进,提出了一种新型的 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法,主要是利用具有双层硅器件层的 SOI 硅结构,并利用双层掩膜,制作出自对准的高低交错的垂直梳齿结构,同时利用双抛硅片和 SOI 硅结构进行硅硅键合简化垂直梳齿结构的释放工艺。

[0024] 以下将通过具体实施例来对发明进行详细说明。

[0025] 下面结合图示更完整的描述本发明,本发明提供的优选实施例,但不应被认为仅限于在此阐述的实施例中。在图中,为了更清楚的反应器件结构,适当放大了层和区域的厚度,但作为示意图不应该被认为严格反映了几何尺寸的比例关系。参考图是本发明的示意图,图中的表示只是示意性质的,不应该被认为限制本发明的范围。

[0026] 图 3 为本发明 MEMS 垂直梳齿微镜面驱动器的制作方法在一个实施方式中的流程示意图。如图 3 所示,所述制备方法包括如下步骤:

[0027] 步骤 S101,提供具有双层硅器件层的 SOI 硅结构,包括第一衬底层、第一埋层氧化层、第一硅器件层、中间绝缘层、第二硅器件层、第二埋层氧化层、以及第二衬底层;

[0028] 步骤 S103,在所述 SOI 硅结构的第一衬底层的表面制作具有对准标记的第一划片图形;去除所述第二衬底层直至显露出所述第二埋层氧化层;

[0029] 步骤 S105,在所述第二埋层氧化层上制作包括所述第二埋层氧化层在内、厚度不等的双层掩膜,图形化所述双层掩膜显露出第二硅器件层;

[0030] 步骤 S107, 利用所述双层掩膜, 采用刻蚀工艺制作出高梳齿结构、低梳齿结构以及微镜面结构;

[0031] 步骤 S109, 提供具有第三衬底层的双抛硅片, 将所述双抛硅片与所述 SOI 硅结构进行硅硅键合; 所述双抛硅片的键合面具有作为垂直梳齿结构的释放空间; 在所述双抛硅片的远离所述键合面的第三衬底层的表面制作具有对准标记的第二划片图形;

[0032] 步骤 S111, 去除所述 SOI 硅结构上的所述第一衬底层并显露出所述第一埋层氧化层;

[0033] 步骤 S113, 图形化所述第一埋层氧化层;

[0034] 步骤 S115, 以图形化后的所述第一埋层氧化层作为掩膜, 刻蚀显露出的所述第一硅器件层并显露出位于所述第一硅器件层之下的所述中间绝缘层, 释放可动梳齿结构、可动微镜面结构和固定梳齿结构, 并显露出固定梳齿结构的引线区域;

[0035] 步骤 S117, 去除所述第一埋层氧化层和显露的所述引线区域处的中间绝缘层;

[0036] 步骤 S119, 在所述微镜面区域和所述引线区域形成薄膜金属层。

[0037] 以下对上述各个步骤进行详细说明。

[0038] 首先执行步骤 S101, 提供具有双层硅器件层的 SOI 硅结构, 包括第一衬底层 101、第一埋层氧化层 103、第一硅器件层 105、中间绝缘层 301、第二硅器件层 205、第二埋层氧化层 203、以及第二衬底层 201, 形成如图 4 所示的结构。

[0039] 其中, 第一、第二埋层氧化层 103、203 的制作材料为氧化硅 (SiO_2)。中间绝缘层 301 的制作材料为氧化硅 (SiO_2) 或氧化硅的混合物。

[0040] 对于上述具有双层硅器件层的 SOI 硅结构, 在一个实施例中, 可以通过两个 SOI 硅片进行硅硅键合后构成, 对于由两个 SOI 硅片进行硅硅键合后构成 SOI 硅结构, 其具体包括: 首先, 提供两个 SOI 硅片, 每一个 SOI 硅片包括衬底层、埋层氧化层以及硅器件层; 之后, 将两个 SOI 硅片以硅器件层相对的方式进行硅硅键合构成具有双层硅器件层的 SOI 硅结构, 其中, 两个硅器件层之间还包括中间绝缘层。而, 在另一个实施例中, 也可以直接采用单个具有双层硅器件层的 SOI 硅片实现。再有, 上述的 SOI 硅结构并不以此为限, 如果不考虑后续制作的可动梳齿和固定梳齿的厚度的精确控制, 在其他实施例中, 还可以直接采用具有单层器件层的 SOI 硅片。

[0041] 步骤 S103, 在 SOI 硅结构的第一衬底层 101 的表面制作具有对准标记 109 的第一划片图形 107; 去除第二衬底层 201 直至显露出第二埋层氧化层 203, 形成如图 5 所示的结构。

[0042] 在本实施方式中, 在第一衬底层 101 的表面制作具有对准标记 109 的第一划片图形 107 采用的是光刻掩膜版工艺。

[0043] 去除第二衬底层 201 是通过腐蚀的方法实现的, 具体来讲, 就是将硅结构置于强碱 KOH 溶液中, 通过 KOH 溶液和第二衬底层 201 发生化学反应, 直至完全腐蚀掉第二衬底层 201 并显露出位于第二衬底层 201 之下的第二埋层氧化层 203。

[0044] 步骤 S105, 在第二埋层氧化层 203 上制作包括第二埋层氧化层 203 在内、厚度不等的双层掩膜, 形成如图 6 所示的结构。

[0045] 上述制作双层掩膜具体包括: 在第二埋层氧化层 203 上进行第一次光刻掩膜版工艺, 利用刻蚀方法, 例如反应离子刻蚀 (Reactive Ion Etching, RIE), 刻蚀掉部分厚度的第

第二埋层氧化层 203 ;在第二埋层氧化层 203 上进行第二次光刻掩膜版工艺,利用刻蚀方法刻蚀掉显露出的第二埋层氧化层 203 直至露出位于第二埋层氧化层 203 之下的第二硅器件层 205。如此,即可制作出厚度不等的双层掩膜(如图 6 所示,氧化层较厚的掩膜区域标记为 207,而氧化层较薄的掩膜区域标记为 209)。举例来讲,假设第二埋层氧化层 203 的厚度为 2 微米,则在第一次光刻掩膜版工艺中刻蚀掉 1 微米的第二埋层氧化层 203,而在第二次光刻掩膜版工艺中刻蚀掉 2 微米的第二埋层氧化层 203,从而使得厚度差达 1 微米的双层掩膜。当然,在这里,双层掩膜的厚度差仅为示例性说明,并非用于限制本发明的保护范围,在其他实施例中,第二埋层氧化层 203 的厚度,双层掩膜的厚度差仍可选取其他数值范围。

[0046] 步骤 S107,利用双层掩膜,采用刻蚀工艺制作出高梳齿结构 401、低梳齿结构 403 以及微镜面结构 405,形成如图 7 所示的结构。

[0047] 在本实施方式中,制作出高梳齿结构 401、低梳齿结构 403 以及微镜面结构 405 是利用深反应离子刻蚀(Deep Reactive Ion Etching, DRIE)工艺刻蚀第二硅器件层 205 以及第一硅器件层 105 而实现的。

[0048] 由图 7 所形成的高梳齿结构 401、低梳齿结构 403 以及微镜面结构 405 可知,利用第二埋层氧化层 203 的双层掩膜,可以制作出自对准的高低交错的垂直梳齿结构,使得所述垂直梳齿结构具有很好的对称性,不会产生由于梳齿偏差而造成的影响。

[0049] 步骤 S109,提供具有第三衬底层 501 的双抛硅片,将双抛硅片与 SOI 硅结构进行硅硅键合;在双抛硅片的远离键合面的第三衬底层 501 的表面制作具有对准标记 505 的第二划片图形 503;形成如图 8 所示的结构。由于本发明技术方案采用了双抛硅片和 SOI 硅结构片再次进行硅硅键合,从而可以简化垂直梳齿结构的释放工艺。

[0050] 本实施方式中,双抛硅片的键合面具有作为垂直梳齿结构的释放空间 507。在这里,释放空间 507 可以通过 KOH 溶液腐蚀掉部分的双抛硅片实现,释放空间 507 的厚度可以根据产品要求而定。

[0051] 在本实施方式中,在第三衬底层 501 的表面制作具有对准标记 505 的第二划片图形 503 采用的是光刻掩膜版工艺。

[0052] 步骤 S111,去除 SOI 硅结构上的第一衬底层 101 并显露出第一埋层氧化层 103,形成如图 9 所示的结构。

[0053] 与上述步骤 103 相类似,去除第一衬底层 101 是通过腐蚀的方法实现的,具体来讲,就是将硅结构置于强碱 KOH 溶液中,通过 KOH 溶液和第二衬底层 101 发生化学反应,直至完全腐蚀掉第一衬底层 101 并显露出第一埋层氧化层 103。

[0054] 步骤 S113,图形化第一埋层氧化层 103,并将第一埋层氧化层 103 作为掩膜,形成如图 10 所示的结构。

[0055] 步骤 S115,以第一埋层氧化层 103 作为掩膜,刻蚀掉显露出的第一硅器件层 105 以显露出位于第一硅器件层 105 之下的中间绝缘层 301,释放固定梳齿结构 411、可动梳齿结构 413 和可动微镜面结构 415,并显露出固定梳齿结构 411 的引线区域 417,形成如图 11 所示的结构。

[0056] 在一个实施例中,若 SOI 结构是由两个 SOI 硅片经过硅硅键合而形成的,那么,其中一个 SOI 硅片用于制作可动梳齿结构,而另一个 SOI 硅片用于制作固定梳齿结构。

[0057] 经步骤 S115 释放形成的垂直梳齿结构,既可以是全齿梳齿结构,也可以是半齿梳

齿结构。在一个实施例中,如图 12a 所示,所述垂直梳齿结构为梳齿深度高低的全齿梳齿结构,包括全齿固定梳齿结构 411a(由第一硅器件层 105 和第二硅器件层 205 制成)、半齿可动梳齿结构 413a(由第一硅器件层 105 制成)和与半齿可动梳齿结构 413a 相连的微镜面结构 415a。在另一个实施例中,如图 12b 所示,所述垂直梳齿结构为半齿梳齿结构,包括半齿固定梳齿结构 411b(由第二硅器件层 205 制成)、半齿可动梳齿结构 413b(由第一硅器件层 105 制成)和与半齿可动梳齿结构 413b 相连的微镜面结构 415b。其实,步骤 S115 中图 11 显示的即为半齿梳齿结构。

[0058] 步骤 S117,去除第一埋层氧化层 103 和显露的引线区域 417 处的中间绝缘层 301,形成如图 13 所示的结构。

[0059] 在本实施方式中,去除第一埋层氧化层 103 和显露的中间绝缘层 301 是利用例如反应离子刻蚀 RIE 的刻蚀方法实现的。

[0060] 步骤 S119,在微镜面区域和引线区域形成薄膜金属层,形成如图 14 所示的结构。

[0061] 在本实施方式中,形成薄膜金属层是通过金属溅射工艺完成的,其制作材料优选地为钛钨金。如图 14 所示,薄膜金属层 601 为可动梳齿 413 的金属引线电极区域,薄膜金属层 605 为可动微镜面 415 的金属反射区域,薄膜金属层 603 为固定梳齿 411 的金属引线区域。

[0062] 综上所述,本发明具有如下优点:

[0063] 1、本发明在制作垂直梳齿时,创造性地提供了厚度不等的双层掩膜,可以很容易地制作出具有自对准高低梳齿结构的垂直梳齿微镜面驱动器,同时制作难度小,成品率高。

[0064] 2、本发明技术方案优选地采用了具有双层硅器件层的 SOI 硅结构,可以精确地控制上下垂直梳齿的厚度。

[0065] 3、本发明技术方案采用了双抛硅片和 SOI 硅结构片再次进行硅硅键合以简化垂直梳齿结构的释放工艺。

[0066] 上述实施例仅列示性说明本发明的原理及功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此项技术的人员均可在不违背本发明的精神及范围下,对上述实施例进行修改。因此,本发明的权利保护范围,应如权利要求书所列。

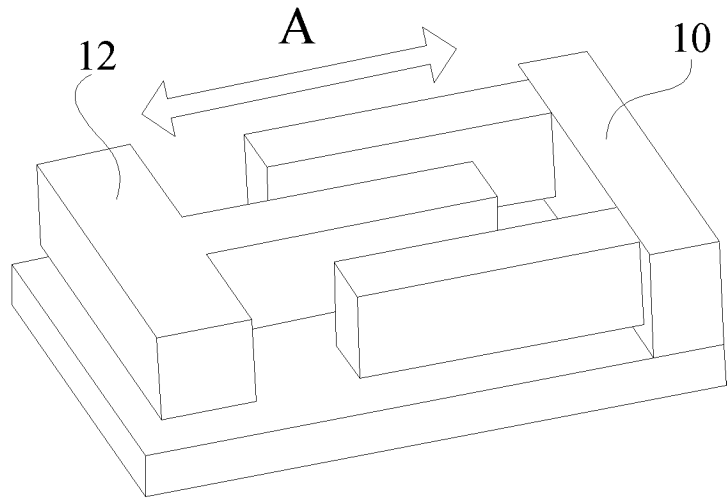


图 1

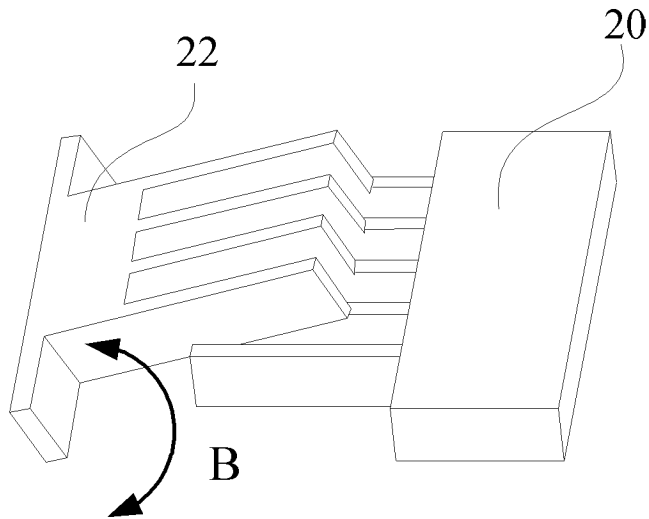


图 2



图 3

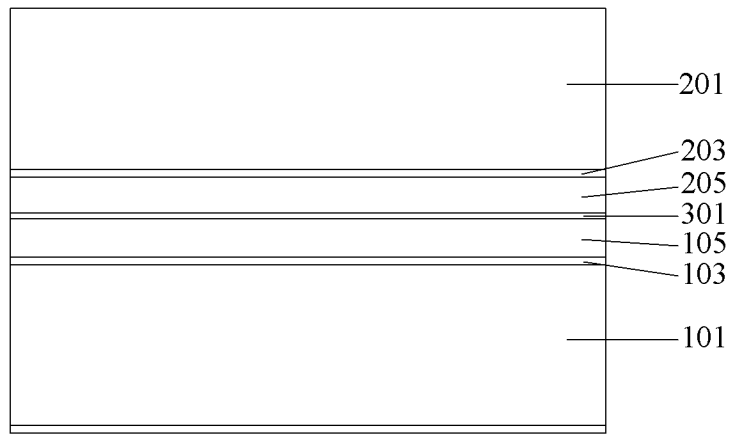


图 4

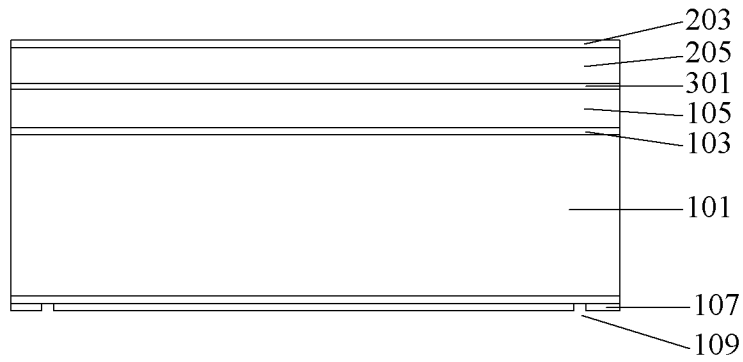


图 5

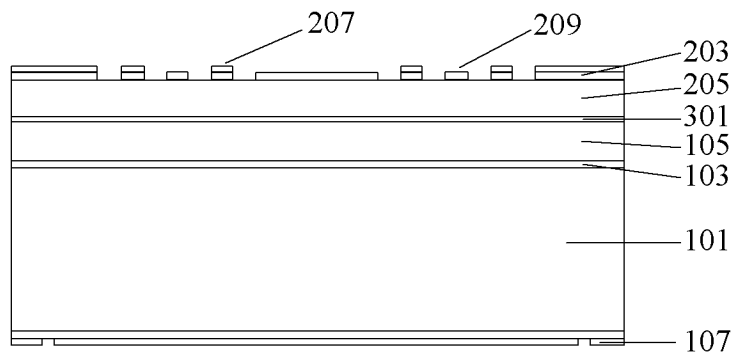


图 6

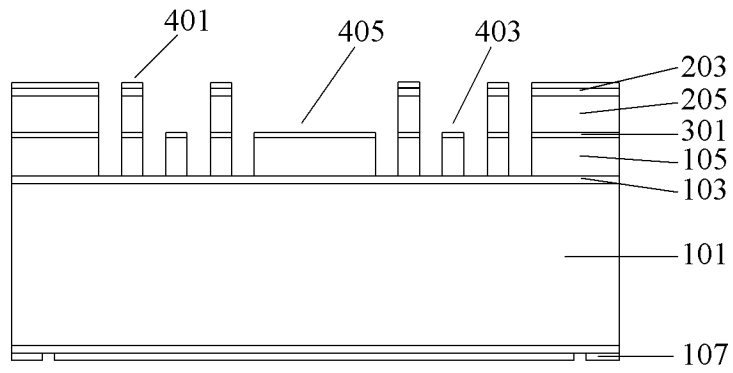


图 7

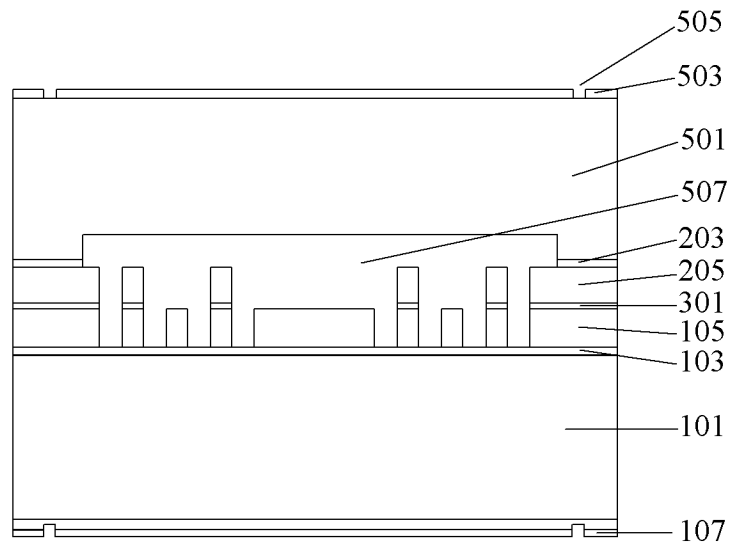


图 8

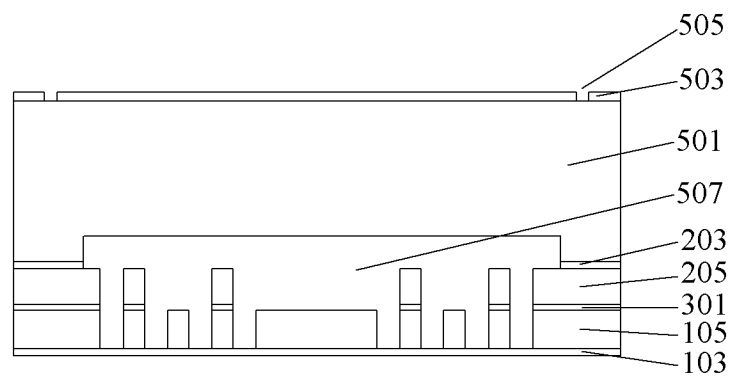


图 9

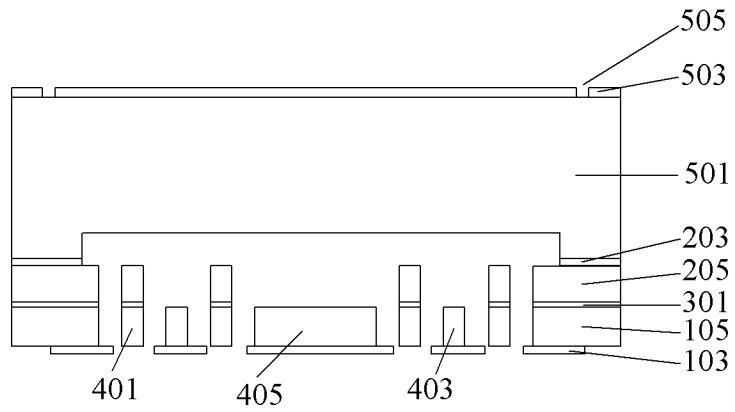


图 10

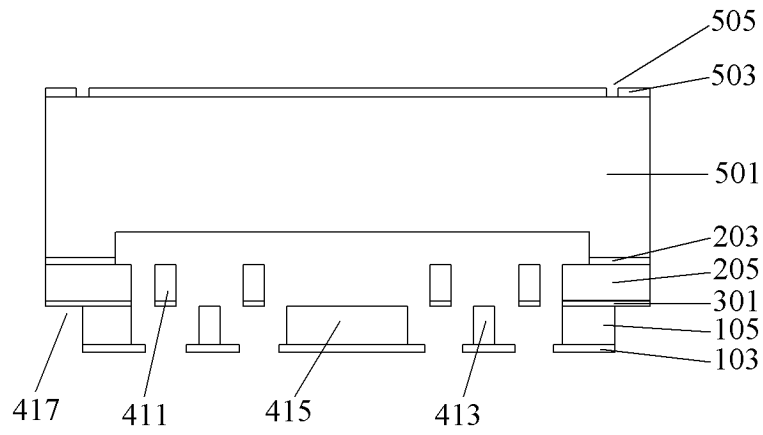


图 11

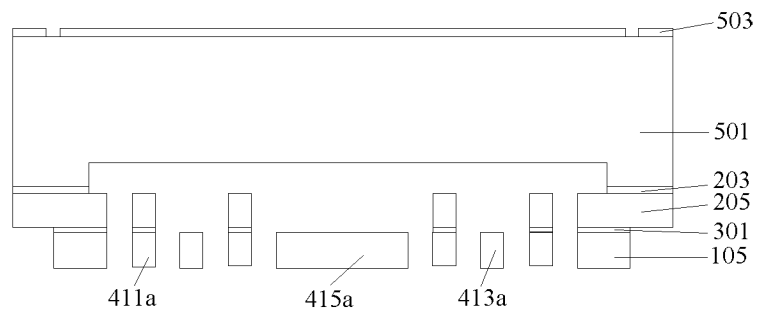


图 12a

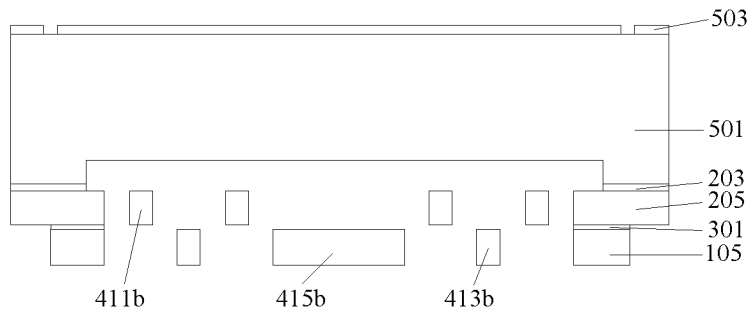


图 12b

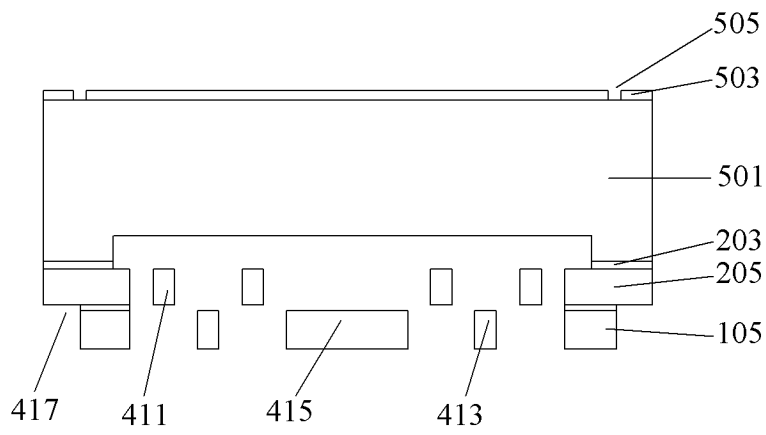


图 13

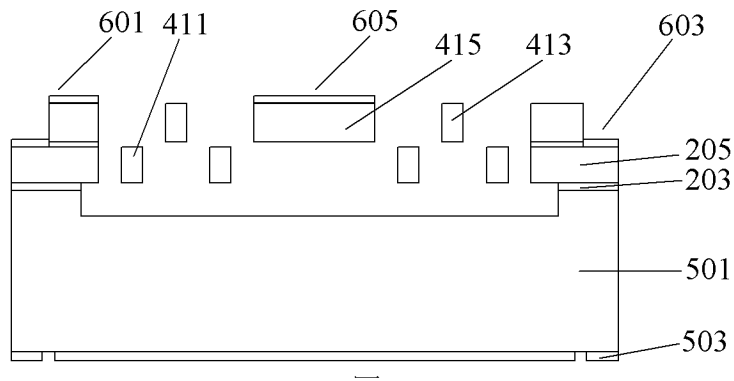


图 14