



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103837979 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201310255976. 9

B81C 1/00(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 06. 25

(66) 本国优先权数据

201210477140. 9 2012. 11. 22 CN

(71) 申请人 上海丽恒光微电子科技有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江高科技园区龙东大道 3000 号 5 号楼 501B 室

(72) 发明人 毛剑宏 韩凤芹 唐德明 张镭

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司 11314

代理人 程伟 王刚

(51) Int. Cl.

G02B 26/02(2006. 01)

B81B 7/02(2006. 01)

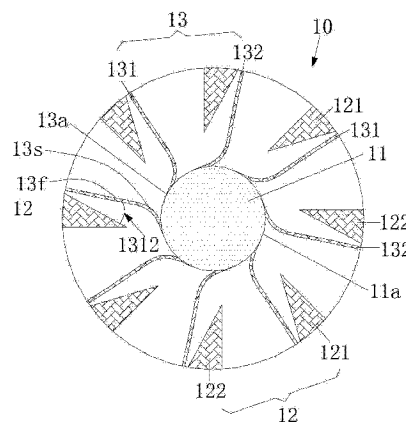
权利要求书3页 说明书14页 附图11页

(54) 发明名称

基于 MEMS 的焦距调整装置及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于 MEMS 的焦距调整装置及其制备方法。基于 MEMS 的焦距调整装置包括一个可变形透镜；多组导电变形横梁和导电柱，每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应，导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在可变形透镜的周围，导电变形横梁是悬空的，导电变形横梁的内边缘与可变形透镜的外边缘固定粘结；一个或多个固定件，导电变形横梁的外边缘与固定件相固接，导电柱与固定件相固接且保持静止；利用每组中导电变形横梁与导电柱之间的静电力使得可变形透镜被拉伸同时旋转，从而可变形透镜的表面曲率及焦距发生改变。本发明的微机电系统能够实现电制动调焦，体积小、功耗低、制造成本低。



1. 一种基于 MEMS 的焦距调整装置,包括:

一个可变形透镜;

多组导电变形横梁和导电柱,每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应,所述导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在所述可变形透镜的周围,所述导电变形横梁是悬空的,所述导电变形横梁的内边缘与所述可变形透镜的外边缘固定粘结;

一个或多个固定件,所述导电变形横梁的外边缘与所述固定件相固接,所述导电柱与所述固定件相固接且保持静止;

利用每组中导电变形横梁与导电柱之间的静电力,所述每组中导电变形横梁相对于导电柱移动,由此所述可变形透镜被拉伸,同时所述可变形透镜绕着可变形透镜光轴作顺时针或逆时针旋转,从而所述可变形透镜的表面曲率及焦距发生改变。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述多组导电变形横梁和导电柱相对于可变形透镜光轴对称地分布在所述可变形透镜的周围。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,在沿着所述可变形透镜的径向向外的方向上,所述每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离逐渐减小。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述导电变形横梁呈镰刀状,包括弯曲部和平面部,所述导电变形横梁的弯曲部的内边缘与所述可变形透镜的外边缘固定粘结。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,在所述可变形透镜的径向上,所述导电变形横梁的侧面是平面。

6. 根据权利要求 1 至 5 任一项所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,所述导电柱包括与所述多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与所述多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱;

所述第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在所述可变形透镜的周围,所述第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在所述可变形透镜的周围;

当所述每组导电变形横梁和导电柱具有相异电荷时,所述第一导电变形横梁和所述第二导电变形横梁具有相异电荷,所述第一导电柱和所述第二导电柱具有相异电荷。

7. 根据权利要求 6 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间具有夹角,当所述每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电吸引时,所述每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离减小。

8. 根据权利要求 7 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为  $5^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ 。

9. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述每组中的导电变形横梁和导电柱相向的内侧面的侧壁上具有介电质层。

10. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述可变形透镜的外表面为凸的或凹的。

11. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述可变形透镜由透明塑料制成。

12. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述导电变形横

梁、导电柱和固定件由半导体制成。

13. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述导电变形横梁、导电柱和固定件由硅制成。

14. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述基于 MEMS 的焦距调整装置的厚度为 1 $\mu$ m-1000 $\mu$ m。

15. 根据权利要求 1 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置,其特征在于,所述基于 MEMS 的焦距调整装置还包括一个或多个可调节供电装置,一个或多个去电荷装置,所述可调节供电装置给所述导电变形横梁和导电柱提供电荷,所述去电荷装置去掉所述导电变形横梁和导电柱上面的电荷。

16. 一种基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,包括下列步骤:

提供一个半导体衬底;

干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及一个或多个固定件,在所述导电变形横梁的内侧边缘的中间形成圆形凹槽,使得每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应,所述导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在所述圆形凹槽的周围,所述导电变形横梁的外边缘与所述固定件相固接,所述导电柱与所述固定件相固接且保持静止;

在所述半导体衬底的上表面粘结一基板;

对所述半导体衬底的下层进行减薄,释放所述多组导电变形横梁和导电柱,使得所述导电变形横梁悬空;

在所述圆形凹槽里面形成可变形透镜,且使得可变形透镜的外边缘固定粘结在所述导电变形横梁的内边缘;

去掉所述基板。

17. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在对所述半导体衬底的下层进行减薄前,在所述导电变形横梁和导电柱的侧壁沉积介电质层,在所述任意两个相邻的固定件之间沉积介电质层。

18. 根据权利要求 17 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,所述介电质层为氧化硅。

19. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,所述半导体衬底为 SOI 衬底,所述半导体衬底的上层为所述 SOI 衬底的顶层硅,所述半导体衬底的下层为所述 SOI 衬底的中间埋层和底层半导体。

20. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在对所述半导体衬底的下层进行减薄前,在所述导电变形横梁、导电柱或固定件的上面形成金属互连和焊垫。

21. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,所述多组导电变形横梁和导电柱相对于所述圆形凹槽对称地分布在所述圆形凹槽的周围。

22. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的

步骤中,在沿着所述圆形凹槽的径向向外的方向上,所述每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离逐渐减小。

23. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,所述导电变形横梁呈镰刀状,包括位于内侧的弯曲部和位于外侧的平面部。

24. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,在所述圆形凹槽的径向上,所述导电变形横梁的侧面是平面。

25. 根据权利要求 16 至 24 任一项所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,所述导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,所述导电柱包括与所述多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与所述多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱;

所述第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在所述圆形凹槽的周围,所述第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在所述圆形凹槽的周围。

26. 根据权利要求 25 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,所述每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为  $5^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ 。

27. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,所述基板在与所述圆形凹槽相向的表面具有圆形突起或圆形凹坑。

28. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在所述圆形凹槽里面形成可变形透镜的步骤中,将透明热塑料的液滴注入所述圆形凹槽中;

在所述半导体衬底减薄后的表面处采用具有圆形凹坑或圆形突起的压铸模具对所述透明热塑料进行成型,形成外表面为凸的或凹的可变形透镜;

使得可变形透镜的外边缘固定粘结在所述导电变形横梁的内边缘;

去掉压铸模具。

29. 根据权利要求 16 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在对所述半导体衬底的下层进行减薄后,使得基于 MEMS 的焦距调整装置的厚度为  $1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。

30. 根据权利要求 20 所述的基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,其特征在于,在去掉所述基板后,将所述焊垫通过引线与外部电路中的可调节供电装置和去电荷装置形成电连接。

## 基于 MEMS 的焦距调整装置及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造领域,特别涉及一种基于 MEMS 的焦距调整装置及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 目前,在手机或手持设备中,微型化相机的使用越来越普遍,并且微型化相机构成的模块能够极大的减少整个模块的尺寸。这些微型化相机模块包括一个图形传感器、一个或多个图形处理芯片和聚焦透镜系统。由于成本和尺寸的限制,固定焦距透镜系统主要用在手机和手持设备上的小型化的相机上。

[0003] 在实际的应用中,微型化的焦距调整装置是将来技术的发展趋势和研究方向所在。目前自动聚焦相机是通过磁的吸引和排斥来调节焦距的音圈电机技术,但是音圈电机技术装置存在体积大,调节速度慢以及功耗大等技术问题。因此焦距调整装置必须具有微型化的尺寸从而能够方便的组装到微型化相机模块中,同时必须具有低功耗和低的制造成本。

[0004] 因此,如何实现微型化自动调焦的功能,同时能够极大的减小器件的尺寸,降低功耗和减少制造成本是目前亟待解决的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题就是提供一种基于 MEMS 的焦距调整装置及其制备方法,这种聚焦装置能够实现自动调焦的功能、降低功耗、减少制造成本,同时减小器件的尺寸。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明所利用的技术方案是提供一种基于 MEMS 的焦距调整装置,包括:

[0007] 一个可变形透镜;

[0008] 多组导电变形横梁和导电柱,每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应,所述导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在所述可变形透镜的周围,所述导电变形横梁是悬空的,所述导电变形横梁的内边缘与所述可变形透镜的外边缘固定粘结;

[0009] 一个或多个固定件,所述导电变形横梁的外边缘与所述固定件相固接,所述导电柱与所述固定件相固接且保持静止;

[0010] 利用每组中导电变形横梁与导电柱之间的静电力,所述每组中导电变形横梁相对于导电柱移动,由此所述可变形透镜被拉伸,同时所述可变形透镜绕着可变形透镜光轴作顺时针或逆时针旋转,从而所述可变形透镜的表面曲率及焦距发生改变。

[0011] 通过导电变形横梁和导电柱之间相异电荷的吸引,导电变形横梁相对于导电柱逐渐移动,使得导电变形横梁的内边缘带动可变形透镜的外边缘在径向上发生拉伸移动,同时可变形透镜绕着光轴作顺时针或逆时针旋转,从而改变可变形透镜的曲率,达到调焦的目的。导电变形横梁是悬空的,其外边缘固结在固定件上保持静止,导电柱与固定件固接,

保持静止状态,固定件可提高可变形透镜焦距调整的稳定性和精确性,同时固定件使得基于 MEMS 焦距调整装置便于安装。

[0012] 优选的,多组导电变形横梁和导电柱相对于可变形透镜光轴对称地分布在可变形透镜的周围。更优选的是导电变形横梁和相对应的导电柱相对于可变形透镜的光轴旋转对称的分布在可变形透镜圆周的周围。旋转对称分布的导电变形横梁和导电柱在旋转拉伸可变形透镜的过程中,能够使得可变形透镜的四周受力均匀,能够有效的防止可变形透镜被拉坏,且能够保持可变形透镜的光轴不变。

[0013] 优选的,在沿着可变形透镜的径向向外的方向上,每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离逐渐减小。在导电柱吸引导电变形横梁的过程中,在较小的电势差下,最靠近导电柱的导电变形横梁外侧部分最先因静电吸引被局部吸近或接触导电柱,因而一定程度地旋转拉伸可变形透镜;之后,逐渐增加电势差,距离导电柱较远的导电变形横梁内侧部分,也因静电吸引与导电柱相应部分的距离逐渐减小,从而进一步旋转拉伸可变形透镜。这样解决了因导电变形横梁和导电柱距离较远,而不能通过有限的电势差将导电变形横梁吸引过来的问题,同时解决了因导电变形横梁和导电柱距离较近,导致可变形透镜拉伸的曲率变化小产生焦距变化小的问题。

[0014] 优选的,导电变形横梁呈镰刀状,包括弯曲部和平面部,导电变形横梁的弯曲部的内边缘与可变形透镜的外边缘固定粘结。在导电柱吸引导电变形横梁的过程中,导电变形横梁的弯曲部能够最大程度的旋转拉伸可变形透镜,从而使得可变形透镜的曲率改变更大。

[0015] 优选的,在可变形透镜的径向上,导电变形横梁的侧面是平面。更优选的,导电变形横梁的截面是竖向狭长平行四面体结构,制备工艺简单。

[0016] 优选的,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱;第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在可变形透镜的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在可变形透镜的周围;当每组导电变形横梁和导电柱具有相异电荷时,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁具有相异电荷,第一导电柱和第二导电柱具有相异电荷。这样可以使得导电变形横梁和其中相邻的一个导电柱具有相异电荷,和相邻的另一个导电柱具有相同电荷,因而能够使得所有导电柱同时吸引位于同一侧的相对应的导电变形横梁,可以确保可变形透镜朝着一个方向旋转拉伸,有利于焦距的改变,也有利于可变形透镜光轴的稳定。

[0017] 优选的,每组中每条导电变形横梁与相邻的一个导电柱相对应,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在所述可变形透镜圆周的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,当每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电排斥时,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁具有相异电荷,第一导电柱和所述第二导电柱具有相异电荷。更优选的,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面平行,当每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电排斥时,每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离增大。这样可以使得导电变形横梁和其中相邻的一个导电柱具有相

异电荷,和相邻的另一个导电柱具有相同电荷,因而能够使得所有导电柱同时排斥位于同一侧的相对应的导电变形横梁,可以确保可变形透镜朝着一个方向旋转拉伸,当导电柱静电排斥导电变形横梁的过程中,导电变形横梁的内侧部分先远离导电柱移动,之后导电变形横梁的外侧部分逐渐的远离导电柱移动,从而使得导电变形横梁能够在较小的静电排斥的作用下发生移动,从而改变可变形透镜的焦距,有利于焦距的改变和减少功耗。

[0018] 优选的,每组中的每条导电变形横梁与相邻的两个导电柱相对应,每组中的两个导电柱分别位于导电变形横梁的两侧,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和多个第三导电柱,以及与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱和多个第四导电柱,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,第三导电柱和第四导电柱相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,当导电变形横梁和相邻的一个导电柱之间静电吸引,且与相邻的另一个导电柱之间静电排斥时,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁具有相异电荷,第一导电柱和第二导电柱具有相异电荷,第三导电柱和第四导电柱具有相异电荷。更优选的,每组中的导电变形横梁的平面部和相邻的一个导电柱相向的内侧面之间具有夹角,与相邻的另一个导电柱相向的内侧面平行,当每组中的导电变形横梁和相邻的一个导电柱之间静电吸引时,导电变形横梁和相邻的一个导电柱之间的距离减小,每组中的导电变形横梁和相邻的另一个导电柱之间静电排斥且距离增加。当导电变形横梁和导电柱带电时,导电变形横梁同时受到两个力的作用,一个是静电吸引,另一个是静电排斥,两个力的作用方向相同,其中导电变形横梁与和导电变形横梁的平面部具有夹角的导电柱之间是静电吸引,导电变形横梁与和导电变形横梁的平面部平行的导电柱之间是静电排斥,这样在两个不同作用力的情况下,导电变形横梁的移动速率会增加,导致焦距调整的更加迅速,同时使得导电变形横梁朝一个方向旋转。当导电变形横梁和导电柱带电时,导电变形横梁逐渐的向相邻一个导电柱靠近,而同时向相邻的另一个导电柱远离,从而使得所有导电变形横梁能够朝一个方向移动,同时在导电柱带有较少电荷的时候能够使得导电变形横梁旋转移动并且使得可变形透镜的焦距改变量大。

[0019] 优选的,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间具有夹角,当每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电吸引时,每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离减小。在导电柱吸引导电变形横梁的过程中,最靠近导电柱的导电变形横梁外侧部分最先因静电吸引而旋转拉伸可变形透镜,之后距离导电柱较远的导电变形横梁内侧部分因静电吸引而旋转拉伸可变形透镜。这样解决了因导电变形横梁和导电柱距离较远而不能将导电变形横梁吸引过来的问题,同时解决了因导电变形横梁和导电柱距离较近导致可变形透镜拉伸的曲率变化小产生焦距变化小的问题。

[0020] 优选的,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为 $1^{\circ}$  - $60^{\circ}$ 。更优选的,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为 $5^{\circ}$  - $50^{\circ}$ 。夹角越小,可变形透镜旋转拉伸的程度越小,焦距变化也越小。反之,夹角越大,可变形透镜旋转拉伸的程度也越大,焦距变化也越大。

[0021] 优选的,每组中的导电变形横梁和导电柱相向的内侧面的侧壁上具有介电质层。介电质层可以是氧化硅,还可以是各种高K或低K介电质层。在导电变形横梁和导电柱相

互吸引靠近的过程中,介电质层能够有效的防止导电柱和导电变形横梁在接近的过程中电荷的抵消。

[0022] 优选的,可变形透镜的外表面为凸的或凹的。可变形透镜的曲率半径根据实际需要选择,在此不作具体限定。

[0023] 优选的,可变形透镜由透明塑料制成。

[0024] 优选的,导电变形横梁、导电柱和固定件由半导体制成。更优选的,导电变形横梁、导电柱和固定件由硅制成。为了增强导电柱和导电变形横梁的导电性,可以是各种参杂的硅。其中,固定件还可以是由二氧化硅制成。

[0025] 优选的,基于 MEMS 的焦距调整装置的厚度为  $1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。更优选的,基于 MEMS 焦距调整装置的厚度为  $10\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ 。厚度越小,器件的物理尺寸也越小,同时尺寸的减小也能更好的使得器件在工作中产生的热量散发出去。

[0026] 优选的,基于 MEMS 的焦距调整装置还包括一个或多个可调节供电装置,一个或多个去电荷装置,可调节供电装置给导电变形横梁和导电柱提供电荷,去电荷装置去掉导电变形横梁和导电柱上面的电荷。通过可调节供电装置可以控制导电变形横梁和导电柱之间的电荷量多少,从而精确的控制可变形透镜的曲率和焦距的改变量,当可变形透镜不需要改变焦距时,通过去电荷装置去掉导电变形横梁和导电柱之间的电荷即可使得可变形透镜恢复原状。

[0027] 本发明还提供一种基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法,包括下列步骤:

[0028] 提供一个半导体衬底;

[0029] 干法或湿法刻蚀所述半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及一个或多个固定件,在所述导电变形横梁的内侧边缘的中间形成圆形凹槽,使得每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应,所述导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在所述圆形凹槽的周围,所述导电变形横梁的外边缘与所述固定件相固接,所述导电柱与所述固定件相固接且保持静止;

[0030] 在所述半导体衬底的上表面粘结一基板;

[0031] 对所述半导体衬底的下层进行减薄,释放所述多组导电变形横梁和导电柱,使得所述导电变形横梁悬空;

[0032] 在所述圆形凹槽里面形成可变形透镜,且使得可变形透镜的外边缘固定粘结在所述导电变形横梁的内边缘;

[0033] 去掉所述基板。

[0034] 通过导电变形横梁和导电柱之间相异电荷的吸引,导电变形横梁相对于导电柱逐渐移动,使得导电变形横梁的内边缘带动可变形透镜的外边缘在径向上发生拉伸移动,同时可变形透镜绕着可变形透镜光轴作顺时针或逆时针旋转。从而改变可变形透镜的曲率,达到调焦的目的。导电变形横梁是悬空的,其外边缘固结在固定件上保持静止,导电柱与固定件固接,保持静止状态,固定件可提高可变形透镜焦距调整的稳定性和精确性,同时固定件使得基于 MEMS 焦距调整装置便于安装。

[0035] 优选的,在对半导体衬底的下层进行减薄前,在导电变形横梁和导电柱的侧壁沉积介电质层,在任意两个相邻的固定件之间沉积介电质层。更优选的,介电质层是氧化硅。介电质层还可以是各种高 K 或低 K 介电质层。在导电变形横梁和导电柱相互吸引靠近的过



程中,介电质层能够有效的防止导电柱和导电变形横梁在接近的过程中电荷的抵消。

[0036] 优选的,半导体衬底为 SOI 衬底,半导体衬底的上层为 SOI 衬底的顶层硅,半导体衬底的下层为 SOI 衬底的中间埋层和底层半导体。在制造过程中,可以在底层硅上制备导电柱和导电变形横梁,后续的减薄过程中,将中间埋层和底层半导体去掉即可释放导电柱和导电变形横梁,这样方便工艺的控制,同时 SOI 衬底能够减小寄生电容。

[0037] 优选的,在对半导体衬底的下层进行减薄前,在导电变形横梁、导电柱或固定件的上面形成金属互连和焊垫。金属互连和焊垫可以有效使得导电柱或导电变形横梁带上电荷或去掉上面的电荷。

[0038] 优选的,在去掉基板后,将焊垫通过引线与外部电路中的可调节供电装置和去电荷装置形成电连接。通过可调节供电装置可以控制导电变形横梁和导电柱之间的电荷量多少,从而精确的控制可变形透镜的曲率和焦距的改变量,当可变形透镜不需要改变焦距时,通过去电荷装置去掉导电变形横梁和导电柱之间的电荷即可使得可变形透镜恢复原状。

[0039] 优选的,在干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,多组导电变形横梁和导电柱相对于圆形凹槽对称地分布在圆形凹槽的周围。更优选的是导电变形横梁和相对应的导电柱相对于圆形凹槽旋转对称的分布在圆形凹槽圆周的周围。旋转对称分布的导电变形横梁和导电柱在旋转拉伸可变形透镜的过程中,能够使得可变形透镜的四周受力均匀,能够有效的防止可变形透镜被拉坏,且能够保持可变形透镜的光轴不变。

[0040] 优选的,在干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,在沿着圆形凹槽的径向向外的方向上,每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离逐渐减小。在导电柱吸引导电变形横梁的过程中,最靠近导电柱的导电变形横梁外侧部分最先因静电吸引被拉近或接触相应导电柱部分,同时旋转拉伸可变形透镜,之后距离导电柱较远的导电变形横梁内侧部分,因与导电柱相应部分距离拉近,在加大的静电吸引作用下进一步靠近导电柱的相应部分,从而进一步旋转拉伸可变形透镜。这种渐变的导电变形横梁与导电柱间距构架,解决了在有限电势作用下,因导电变形横梁和导电柱距离较远而不能将导电变形横梁吸引过来的问题,同时解决了因导电变形横梁和导电柱距离较近导致可变形透镜拉伸的曲率变化小产生焦距变化小的问题。

[0041] 优选的,在干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,导电变形横梁呈镰刀状,包括位于内侧的弯曲部和位于外侧的平面部。在导电柱吸引导电变形横梁的过程中,导电变形横梁的弯曲部能够最大程度的旋转拉伸可变形透镜,从而使得可变形透镜的曲率改变更大。

[0042] 优选的,在干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,在圆形凹槽的径向上,导电变形横梁的侧面是平面。更优选的,导电变形横梁的截面是竖向狭长平行四面体结构,制备工艺简单。

[0043] 优选的,在干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱;第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在圆形凹槽的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在圆形凹槽的周围。这样可以

使得导电变形横梁和其中相邻的一个导电柱具有相异电荷,和相邻的另一个导电柱具有相同电荷,因而能够使得所有导电柱同时吸引位于同一侧的相对应的导电变形横梁,可以确保可变形透镜朝着一个方向旋转拉伸,有利于焦距的改变,也有利于可变形透镜光轴的稳定。

[0044] 优选的,在干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件的步骤中,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为 $1^{\circ}$  - $60^{\circ}$ 。更优选的,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为 $5^{\circ}$  - $50^{\circ}$ 。夹角越小,可变形透镜旋转拉伸的程度越小,焦距变化也越小。反之,夹角越大,可变形透镜旋转拉伸的程度也越大,焦距变化也越大。

[0045] 优选的,基板在与圆形凹槽相向的表面具有圆形突起或圆形凹坑。基本中的圆形突起或圆形凹坑能够起到一个模具的作用,使得透明热塑料的液滴在基板上形成具有相同的圆形突起或圆形凹坑,从而使得可变形透镜的外表面为凸的或凹的。当基板在与圆形凹槽相向的表面具有圆形突起时,形成的可变形透镜的外表面是凹的,当基板在与圆形凹槽相向的表面具有圆形凹坑时,形成的可变形透镜的外表面是凸的。

[0046] 优选的,在圆形凹槽里面形成可变形透镜的步骤中,将透明热塑料的液滴注入所述圆形凹槽中;在半导体衬底减薄后的表面处采用具有圆形凹坑或圆形突起的压铸模具对透明热塑料进行成型,形成外表面为凸的或凹的可变形透镜;使得可变形透镜的外边缘固定粘结在导电变形横梁的内边缘;去掉压铸模具。当采用具有圆形凹坑的压铸模具对透明热塑料进行成型时,形成的可变形透镜的外表面为凹的;当采用具有圆形突起的压铸模具对透明热塑料进行成型时,形成的可变形透镜的外表面为凸的。采用压铸模具可以使得可变形透镜的外表面得到所需的曲率。

[0047] 优选的,在对半导体衬底的下层进行减薄后,使得基于 MEMS 的焦距调整装置的厚度为 $1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。更优选的,使得基于 MEMS 焦距调整装置的厚度为 $10\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ 。厚度越小,器件的物理尺寸也越小,同时尺寸的减小也能更好的使得器件在工作中产生的热量散发出去。

## 附图说明

[0048] 图 1 本发明基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法的流程示意图。

[0049] 图 2 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第一个实施例的俯视图。

[0050] 图 3 是图 2 中基于 MEMS 的焦距调整装置的可变形透镜焦距变化状态的俯视图。

[0051] 图 4 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第二个实施例的俯视图。

[0052] 图 5 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第三个实施例的俯视图。

[0053] 图 6 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第四个实施例的俯视图。

[0054] 图 7 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第五个实施例的俯视图。

[0055] 图 8 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第六个实施例的俯视图。

[0056] 图 9 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第七个实施例的俯视图。

[0057] 图 10 是本发明第一个实施例基于 MEMS 的焦距调整装置中导电变形横梁和导电柱与固定件相固接的俯视图。

[0058] 图 11 是本发明第四个实施例基于 MEMS 的焦距调整装置中导电变形横梁和导电柱

与固定件相固接的俯视图。

[0059] 图 12 是本发明沿图 5 中的 A-A 线的一个实施例的剖面图。

[0060] 图 13 和图 14 是本发明沿图 5 中的 A-A 线的另一个实施例的剖面图。

[0061] 图 15 至图 20 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法的剖面图。

[0062] 图 21 至图 23 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法的俯视图。

### 具体实施方式

[0063] 以下配合附图及本发明的实施例,进一步阐述本发明为了达到目的所采取的技术方案。

[0064] 本发明所利用的技术方案是提供基于 MEMS 的焦距调整装置,包括:

[0065] 一个可变形透镜;

[0066] 多组导电变形横梁和导电柱,每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应,所述导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在所述可变形透镜的周围,所述导电变形横梁是悬空的,所述导电变形横梁的内边缘与所述可变形透镜的外边缘固定粘结;

[0067] 一个或多个固定件,所述导电变形横梁的外边缘与所述固定件相固接,所述导电柱与所述固定件相固接且保持静止;

[0068] 利用每组中导电变形横梁与导电柱之间的静电力,所述每组中导电变形横梁相对于导电柱移动,由此所述可变形透镜被拉伸,同时所述可变形透镜绕着可变形透镜光轴作顺时针或逆时针旋转,从而所述可变形透镜的表面曲率及焦距发生改变。

[0069] 在一个优选的实施例中,多组导电变形横梁和导电柱相对于可变形透镜光轴对称地分布在可变形透镜的周围。在沿着可变形透镜的径向向外的方向上,每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离逐渐减小。导电变形横梁呈镰刀状,包括弯曲部和平面部,导电变形横梁的弯曲部的内边缘与可变形透镜的外边缘固定粘结。

[0070] 在另一个优选的实施例中,在可变形透镜的径向上,导电变形横梁是平行六面体结构。

[0071] 在本发明的一个实施例中,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱;第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在可变形透镜的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在可变形透镜的周围;当每组导电变形横梁和导电柱具有相异电荷时,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁具有相异电荷,第一导电柱和第二导电柱具有相异电荷。

[0072] 在本发明的另一个实施例中,每组中每条导电变形横梁与相邻的一个导电柱相对应,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在所述可变形透镜圆周的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,当每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电排斥时,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁具有相异电荷,第一导电柱和所述第二导电柱具有相异电荷。每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面平行,当每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电排斥时,每组中的

导电变形横梁和导电柱之间的距离增大。

[0073] 在本发明的又一个实施例中,每组中的每条导电变形横梁与相邻的两个导电柱相对应,每组中的两个导电柱分别位于导电变形横梁的两侧,导电变形横梁包括多个第一导电变形横梁和多个第二导电变形横梁,导电柱包括与多个第一导电变形横梁相对应的多个第一导电柱和多个第三导电柱,以及与多个第二导电变形横梁相对应的多个第二导电柱和多个第四导电柱,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,第一导电柱和第二导电柱相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,第三导电柱和第四导电柱相互间隔地分布在可变形透镜圆周的周围,当导电变形横梁和相邻的一个导电柱之间静电吸引,且与相邻的另一个导电柱之间静电排斥时,第一导电变形横梁和第二导电变形横梁具有相异电荷,第一导电柱和第二导电柱具有相异电荷,第三导电柱和第四导电柱具有相异电荷。每组中的导电变形横梁的平面部和相邻的一个导电柱相向的内侧面之间具有夹角,与相邻的另一个导电柱相向的内侧面平行,当每组中的导电变形横梁和相邻的一个导电柱之间静电吸引时,导电变形横梁和相邻的一个导电柱之间的距离减小,每组中的导电变形横梁和相邻的另一个导电柱之间静电排斥且距离增加。

[0074] 在上述的实施例中,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间具有夹角,当每组中的导电变形横梁和导电柱之间静电吸引时,每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离减小。每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为 $1^{\circ}$ – $60^{\circ}$ 之间的任意值,其中优选 $5^{\circ}$ – $50^{\circ}$ 之间的任意值。本领域的技术人员可知,当导电变形横梁和导电柱的组数越多的时候,每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角的可能数值越小。

[0075] 其中,可变形透镜的外表面为凸的或凹的,可变形透镜由透明塑料制成。导电变形横梁、导电柱和固定件由硅制成。相邻的固定件之间通过二氧化硅粘结固定。在另一个优选的实施例中,固定件由二氧化硅制成。

[0076] 基于MEMS的焦距调整装置的厚度为 $1\mu\text{m}$ – $1000\mu\text{m}$ 。更优选的,基于MEMS焦距调整装置的厚度为 $10\mu\text{m}$ – $100\mu\text{m}$ 。

[0077] 另外,基于MEMS的焦距调整装置还包括一个或多个可调节供电装置,一个或多个去电荷装置,可调节供电装置给导电变形横梁和导电柱提供电荷,去电荷装置去掉导电变形横梁和导电柱上面的电荷。在本发明的实施例中,并未对可调节供电装置和去电荷装置的具体形状、结构和电路连接关系做出具体限制。

[0078] 本发明还提供一种基于MEMS的焦距调整装置的制备方法,图1是本发明基于MEMS的焦距调整装置的制备方法的流程示意图,包括下列步骤:

[0079] S10,提供一个半导体衬底;

[0080] S11,干法或湿法刻蚀半导体衬底的上层形成多组导电变形横梁和导电柱以及一个或多个固定件,在导电变形横梁的内侧边缘的中间形成圆形凹槽,使得每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应,导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在圆形凹槽的周围,导电变形横梁的外边缘与固定件相固接,导电柱与固定件相固接且保持静止;

[0081] S12,在半导体衬底的上表面粘结一基板;

[0082] S13,对半导体衬底的下层进行减薄,释放多组导电变形横梁和导电柱,使得导电变形横梁悬空;

[0083] S14, 在圆形凹槽里面形成可变形透镜, 且使得可变形透镜的外边缘固定粘结在导电变形横梁的内边缘;

[0084] S15, 去掉基板。

[0085] 在一个优选的实施例中, 首先提供一个 SOI 衬底, SOI 衬底从下到上依次包括底层半导体、中间埋层和顶层硅。干法或湿法刻蚀顶层硅形成多组导电变形横梁和导电柱以及多个固定件, 在所有导电变形横梁的内侧边缘的中间形成圆形凹槽, 使得每组中每条导电变形横梁与相邻的导电柱相对应, 导电变形横梁和导电柱相互间隔地分布在圆形凹槽的周围, 且多组导电变形横梁和导电柱相对于圆形凹槽对称地分布在圆形凹槽的周围。在沿着圆形凹槽的径向向外的方向上, 每组中的导电变形横梁和导电柱之间的距离逐渐减小。其中形成的导电变形横梁呈镰刀状, 包括位于内侧的弯曲部和位于外侧的平面部。每组中的导电变形横梁的平面部和导电柱相向的内侧面之间的夹角为  $1^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  之间的任意值, 其中优选  $5^{\circ}$  -  $50^{\circ}$  之间的任意值。导电变形横梁的外边缘与固定件相固接, 导电柱与固定件相固接且保持静止, 同时在相邻的固定件之间刻蚀出沟槽。

[0086] 之后在顶层硅上面沉积氧化硅的介电质层, 在介电质层上面涂上光刻胶并进行同上述的刻蚀过程, 区别在于保留导电变形横梁和导电柱的侧壁上的氧化硅, 并保留任意两个相邻的固定件之间的氧化硅。

[0087] 在导电变形横梁、导电柱或固定件的上面形成金属互连和焊垫。

[0088] 在导电变形横梁和导电柱的上表面粘结一个玻璃基板, 基板在与圆形凹槽相向的表面具有圆形突起或圆形凹坑, 基板的另一面是平面, 将 SOI 衬底中的底层半导体和中间埋层减薄去掉, 释放所述多组导电变形横梁和导电柱, 使得所述导电变形横梁悬空, 并使得基于 MEMS 的焦距调整装置的厚度为  $1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ , 优选厚度为  $10\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ 。

[0089] 将透明热塑料的液滴注入所述圆形凹槽中, 在顶层硅的下表面处采用具有圆形凹坑或圆形突起的压铸模具对透明热塑料进行成型, 形成外表面为凸的或凹的可变形透镜; 使得可变形透镜的外边缘固定粘结在导电变形横梁的内边缘; 去掉压铸模具。

[0090] 去掉基板, 将焊垫通过引线与外部电路中的可调节供电装置和去电荷装置形成电连接。

[0091] 在本发明的实施例的以下描述中, 为了方便图示和说明, 将可变形透镜图示成圆形, 可变形透镜的光轴位于圆形的圆心上。在实施例的俯视图中, 可变形透镜光轴方向是垂直于纸面方向, 且位于圆心上。应当理解的是, 在其他的实施例中, 可变形透镜的俯视图并非标准圆形, 还可以是椭圆形或它们之间的组合图形, 可变形透镜的光轴方向也并非完全垂直纸面方向, 还可以是稍微偏离垂直纸面方向。以下描述的实施例仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0092] 图 2 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第一个实施例的俯视图。如图 2 所示, 基于 MEMS 的焦距调整装置 10 包括一个可变形透镜 11, 多个导电变形横梁 13 和与导电变形横梁 13 一一对应的导电柱 12, 导电变形横梁 13 和导电柱 12 相互间隔的分布在可变形透镜 11 的圆周的周围。导电变形横梁 13 是悬空的, 导电变形横梁 13 的内边缘 13a 和可变形透镜的外边缘 11a 固定粘结。当导电变形横梁 13 和导电柱 12 具有相异电荷的时候, 由于静电吸引, 导电变形横梁 13 相对于导电柱 12 弯曲, 可变形透镜 11 被旋转拉伸, 并作逆时针旋转, 这样使得可变形透镜逆时针旋转拉伸, 从而改变可变形透镜的表面曲率和焦距, 在实

实际的自动调焦的过程中,通过可调节供电装置(图中未示出)加在导电变形横梁 13 和导电柱 12 上的电荷的多少来控制可变形透镜 11 被旋转拉伸的程度,从而控制焦距变化量。

[0093] 如图 2 所示的导电变形横梁 13 包括有第一导电变形横梁 131 和第二导电变形横梁 132,以及导电柱 12 包括有与第一导电变形横梁 131 相对应的第一导电柱 121 和与第二导电变形横梁 132 相对应的第二导电柱 122,其中第一导电变形横梁 131 和第一导电柱 121 相对应,第二导电变形横梁 132 和第二导电柱 122 相对应。当导电变形横梁 13 和导电柱 12 具有相异电荷的时候,在本实施例中我们可以使得第一导电柱 121 带正电荷,则第一导电变形横梁 131 带负电荷,第二导电柱 122 带负电荷,第二导电变形横梁 132 带正电荷,从而使得相邻的第一导电变形横梁 131 和第二导电变形横梁 132 具有相异电荷,且相邻的第一导电柱 121 和第二导电柱 122 具有相异电荷,其中第一导电变形横梁 131 和相邻的第二导电柱 122 是带相同电荷,这样在实际的静电吸引过程中,第一导电变形横梁 131 和相对应第一导电柱 121 相互吸引,而不会出现第一导电变形横梁 131 和第二导电柱 122 相互吸引的现象,这样使得所有的导电变形横梁 13 和相对应的导电柱 12 吸引,从而使得导电变形横梁 13 朝一个方向旋转拉伸。在其他的实施例中,还可以是所有导电柱 12 具有相同的电荷,所有的导电变形横梁 13 具有相同的电荷,且导电柱 12 和导电变形横梁 13 具有相异的电荷。在本实施例中,8 个导电变形横梁和相对应的 8 个导电柱旋转对称的分布在可变形透镜 11 的光轴周围,本领域的技术人员可知,在其他的实施例中,还可以是其他任意对数的导电变形横梁和导电柱旋转对称分布在可变形透镜 11 的光轴周围。

[0094] 当我们需要使得可变形透镜旋转收缩改变表面曲率和焦距时,通过可调节供电装置(图中未示出)控制导电变形横梁和导电柱的带电量的多少或者通过去电荷装置(图中未示出)去除导电变形横梁和导电柱上面所带的电荷,此时,在导电变形横梁弯曲后产生的弹性回复力的作用下,导电变形横梁将带动可变形透镜向相反的方向运动,即顺时针旋转收缩,从而改变可变形透镜的表面曲率和焦距。

[0095] 如图 2 所示,导电变形横梁 13 呈镰刀状,包括弯曲部 13s 和平面部 13f,导电变形横梁的弯曲部 13s 和可变形透镜的外边缘 11a 固定粘结。其中导电变形横梁 13 的平面部 13f 和与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 相向的内侧面之间的夹角 1312 为  $20^\circ$ ,在沿着可变形透镜 11 的径向向外的方向上,每组中的导电变形横梁 13 和导电柱 12 之间的距离逐渐减小。

[0096] 本领域的技术人员可知,在其他的具体实施例中,导电变形横梁 13 的平面部 13f 和与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 相向的内侧面之间的夹角 1312 可以是  $1^\circ - 60^\circ$  之间的任意值,比如说可以是  $5^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $55^\circ$ ,优选  $5^\circ - 50^\circ$  之间的任意值,但在此并不做具体的限制。

[0097] 在本实施例中,可变形透镜 11 由透明塑料制成,导电变形横梁 13 和导电柱 12 由硅制成,在其他的实施例中,导电变形横梁 13 和导电柱 12 还可以由其他的半导体制成,例如可以是锗,还可以是各种参杂的半导体或二元、三元化合物半导体。每组中的导电变形横梁 13 和导电柱 12 相向的内侧面的侧壁上具有介电质层。

[0098] 图 3 是图 2 中基于 MEMS 的焦距调整装置的可变形透镜焦距变化状态的俯视图。当可调节供电装置给导电变形横梁 13 和导电柱 12 分别带上相异电荷后,导电变形横梁 13 的平面部 13f 由于和导电柱 12 的距离最近,这样导电变形横梁 13 的平面部 13f 远离可变形

透镜的地方最先开始被导电柱 12 吸引过去,在此过程中,导电变形横梁 13 的平面部 13f 和曲面部 13s 相交的地方和导电柱 12 的距离逐渐减小,使得整个导电变形横梁 13 能够完全的被导电柱 12 吸引过去,从而使得可变形透镜的焦距改变量最大化,能够在导电变形横梁和导电柱具有较低的电量的情况下最大的改变可变形透镜的焦距,降低了功耗。从图 3 和图 2 相比较可以看出,可变形透镜 11 经过逆时针旋转拉伸后,可变形透镜 11 的曲率发生了变化,从而使得可变形透镜 11 的焦距改变。

[0099] 图 4 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第二个实施例的俯视图。与第一个实施例基本相同,区别在于,具有 8 个第一导电变形横梁 131 和 8 个第二导电变形横梁 132,以及 8 个第一导电柱 121 和 8 个第二导电柱 122。导电变形横梁 13 的平面部 13f 和与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 相向的内侧面之间的夹角 1312 是  $10^{\circ}$ 。

[0100] 图 5 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第三个实施例的俯视图。与第一个实施例基本上相同,其区别在于,导电变形横梁 13 位于与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 的右侧,当导电变形横梁 13 和与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 具有相异电荷的时候,所有导电变形横梁 13 和可变形透镜 11 同时绕着可变形透镜光轴一起作顺时针旋转拉伸。导电柱 12 与导电变形横梁 13 相向的内侧面包括平面部 12f 和曲面部 12s,导电柱 12 的平面部 12f 和曲面部 12s 的边缘呈镰刀状,且与导电变形横梁 13 的形状相类似。因此,当导电变形横梁 13 被导电柱 12 吸引而旋转拉伸后,导电变形横梁 13 的弯曲部 13s 能够被导电柱 12 的弯曲部 12s 更加稳定的吸引,从而使得可变形透镜的焦距能够稳定在某个预设的数值。

[0101] 图 6 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第四个实施例的俯视图。与第一个实施例基本上相同,其区别在于,在可变形透镜 11 的径向上,导电变形横梁 13 的侧面为平面,且导电变形横梁 13 和与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 相向的内侧面之间的夹角 1312 为  $30^{\circ}$ 。

[0102] 图 7 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第五个实施例的俯视图。与第一个实施例基本上相同,其区别在于,包括 4 个导电变形横梁 13 和 4 个导电柱 12,导电变形横梁 13 的侧面为平面,且导电变形横梁 13 和与导电变形横梁 13 相对应的导电柱 12 相向的内侧面之间的夹角 1312 为  $60^{\circ}$ 。

[0103] 图 8 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第六个实施例的俯视图。如图 8 所示,与第一个实施例基本相同,其区别在于,导电变形横梁 13 包括第一导电变形横梁 131 和第二导电变形横梁 132,导电柱 12 包括第一导电柱 121、第二导电柱 122、第三导电柱 123 和第四导电柱 124,其中第一导电变形横梁 131 和第一导电柱 121、第三导电柱 123 相对应,且第一导电柱 121 和第三导电柱 123 位于第一导电变形横梁 131 的两侧,第一导电柱 121 和第一导电变形横梁 131 的平面部相向的内侧面之间具有夹角,第三导电柱 123 和第一导电变形横梁 131 的平面部相向的内侧面平行。第二导电变形横梁 132 和第二导电柱 122、第四导电柱 124 相对应,第二导电柱 122 和第四导电柱 124 分别位于第二导电变形横梁 132 的两侧,第二导电变形横梁 132 的平面部和第二导电柱相向的内侧面之间具有夹角,且第二导电变形横梁 132 的平面部和第四导电柱相向的内侧面平行。第一导电柱 121 和第二导电柱 122 相互间隔的分布在可变形透镜 11 的周围,第三导电柱 123 和第四导电柱 124 相互间隔的分布在可变形透镜 11 的周围,第一导电变形横梁 131 的和第二导电变形横梁 132 相互间隔的

分布在可变形透镜 11 的周围。当第一导电变形横梁 131 带负电荷时,第一导电柱 121 带正电荷,第三导电柱 123 带负电荷,第二导电变形横梁 132 带正电荷,第二导电柱带负电荷,第四导电柱 124 带正电荷。在导电柱和导电变形横梁之间的静电吸引和静电排斥的作用下,第一导电变形横梁 131 和第一导电柱 121 之间的距离减小,且第一导电变形横梁 131 和第三导电柱 123 之间的距离增加;第二导电变形横梁 132 和第二导电柱 122 之间的距离减小,且第二导电变形横梁 132 和第四导电柱 124 之间的距离增加。通过导电变形横梁的运动旋转拉伸可变形透镜,从而改变可变形透镜的焦距。

[0104] 在其他的实施例中,第一导电变形横梁 131 和第二导电变形横梁 132 可以同时带负电荷,第一导电柱 121 和第二导电柱 122 同时带正电荷,并且第三导电柱 123 和第四导电柱 124 同时带负电荷。本领域的技术人员可知,导电柱和导电变形横梁的电荷可以与上述的导电柱和导电变形横梁的电荷情况全部相反,在此不作具体的列举。

[0105] 图 9 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置第七个实施例的俯视图。与第一个实施例基本相同,区别在于,第一导电变形横梁 131 的平面部 131f 和第一导电柱 221 相向的内侧面平行,且第二导电变形横梁 132 的平面部 132f 和第二导电柱 222 相向的内侧面平行。当第一导电变形横梁 131 带负电荷时,第一导电柱 221 带负电荷,第二导电变形横梁 132 带正电荷,第二导电柱 222 带正电荷,第一导电变形横梁 131 和第二导电变形横梁 132 在静电排斥的作用下,此时第一导电变形横梁 131 和第一导电柱 221 之间的距离增加,第二导电变形横梁 132 和第二导电柱 222 之间的距离增加,通过导电变形横梁旋转拉伸可变形透镜 11,改变可变形透镜 11 的焦距。在其他的实施例中,第一导电变形横梁 131 带正电荷时,第一导电柱 221 带正电荷,第二导电变形横梁 132 带负电荷,第二导电柱 222 带负电荷。

[0106] 图 10 是本发明第一个实施例基于 MEMS 的焦距调整装置中导电变形横梁和导电柱与固定件相固接的俯视图。如图 10 所示,导电变形横梁 13 的外边缘 13b 和固定件 141 相固接,固定件 142 和导电柱 12 的外边缘 12b 相固接。其中固定件 141 和固定件 142 之间用介质层 15 相隔离,介质层 15 是二氧化硅,且通过二氧化硅将固定件 141 和 142 粘结在一起,从而使得导电变形横梁 13 和导电柱 12 之间的相对位置保持固定。避免了导电变形横梁 13 和导电柱 12 之间相对位置变动而引起的可变形透镜光轴和焦距的改变。

[0107] 图 11 是本发明第四个实施例基于 MEMS 的焦距调整装置中导电变形横梁和导电柱与固定件相固接的俯视图。如图 11 所示,导电变形横梁 13 的外边缘 13b 和固定件 14 相固接,且固定件 14 和导电柱 12 的外边缘 12b 相固接。固定件 14 是二氧化硅电介质层。导电变形横梁 13 和导电柱 12 通过同一个固定件 14 相固接,使得导电变形横梁 13 和导电柱 12 成为一体结构。

[0108] 本领域的技术人员可知,当固定件为硅时,和导电变形横梁 13 形成电连接的金属互连和焊垫(图中未示出)可以位于固定件上,也可以位于导电变形横梁 13 上,和导电柱 12 形成电连接的金属互连和焊垫(图中未示出)可以位于固定件上,也可以位于导电柱 12 上。

[0109] 图 12 是本发明沿图 5 中的 A-A 线的一个实施例的剖面图。如图 12 所示,基于 MEMS 焦距调整装置 10 的厚度 H 为 100um,可变形透镜 11 的外表面 111 为凸的,可变形透镜 11 和导电变形横梁 13 固定粘结。在其他的实施例中,基于 MEMS 焦距调整装置 10 的厚度 H 为 50um。

[0110] 图 13 和图 14 是本发明沿图 5 中的 A-A 线的另一个实施例的剖面图。如图 13 所



示,基于 MEMS 焦距调整装置 10 的厚度  $h$  为  $10\mu\text{m}$ ,可变形透镜 11 的外表面 112 为凹的,可变形透镜 11 和导电变形横梁 13 固定粘结。如图 13 所示,当导电柱 12 和导电变形横梁 13 具有相异电荷的时候,导电变形横梁 13 和可变形透镜 11 同时绕着可变形透镜光轴一起作顺时针旋转拉伸或逆时针旋转拉伸,在图 14 中反应出的是导电变形横梁 13 分别沿着左右两端拉伸可变形透镜 11,从而改变可变形透镜 11 的曲率,进而改变可变形透镜 11 的焦距。通过调节导电变形横梁 13 和导电柱 12 上的电荷量的多少来达到调节可变形透镜 11 的曲率变化量的大小,从而达到调节焦距的变化量的大小。

[0111] 本领域的技术人员可知,在其他的实施例中,基于 MEMS 焦距调整装置的厚度可以是  $1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$  之间的任意值,优选  $10\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$  之间的任意值。在实际的工艺过程中,可以将基于 MEMS 焦距调整装置 10 进行研磨或化学机械抛光得到实际所需的厚度。

[0112] 下面结合附图对本发明基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法作出详细说明。

[0113] 图 15 至图 20 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法的剖面图。如图 15 所示,提供一个 SOI 衬底 300,SOI 衬底 300 从上到下依次顶层硅 301、中间埋层 302 和底层硅 303。干法或湿法刻蚀顶层硅 301 形成多组导电变形横梁 13 和导电柱 12,以及多个固定件 14,所有导电变形横梁 13 的内侧边缘的中间形成圆形凹槽 304,使得每组中每条导电变形横梁 13 与相邻的导电柱 12 相对应,导电变形横梁 13 和导电柱 12 相互间隔且对称地分布在圆形凹槽 304 的周围,在图 15 中即是左右对称的分布在圆形凹槽 304 的两侧,导电柱 12 与固定件 14 相固接且保持静止。

[0114] 如图 16 所示,在顶层硅 301 上面沉积氧化硅的介电质层 15,在介电质层 15 上面涂上光刻胶并进行同图 15 所述的刻蚀过程,区别在于保留导电变形横梁 13 和导电柱 12 的侧壁上的介电质层 15,同时保留任意两个相邻的固定件 14 之间的氧化硅(图中未示出)。

[0115] 如图 17 所示,在固定件 14 的上面形成金属互连和焊垫 306。本领域的技术人员可知,还可以在导电变形横梁 13 和导电柱 12 的上面形成金属互连和焊垫。工艺过程和集成电路金属互连的制备工艺相同,在此不作具体详述。

[0116] 如图 18 所述,在导电变形横梁 13 和导电柱 12 的上表面粘结一个玻璃基板 307,基板 307 在与圆形凹槽 304 相向的表面具有圆形凹坑 308,基板 307 的另一面是平面,将 SOI 衬底 300 中的底层硅 303 和中间埋层 302 减薄去掉,释放多组导电变形横梁 13 和导电柱 12,使得导电变形横梁 13 悬空。

[0117] 如图 19 所示,将透明热塑料的液滴注入圆形凹槽 304 中,在顶层硅 301 的下表面处采用具有圆形凹坑的压铸模具(图中未示出)对透明热塑料进行成型,形成外表面为凸的可变形透镜 11;使得可变形透镜 11 的外边缘 11a 固定粘结在导电变形横梁 13 的内边缘 13a;去掉压铸模具。

[0118] 如图 20 所示,去掉基板 307。

[0119] 本领域的技术人员可知,由于是剖面图,图 20 并未显示出导电变形横梁 13 的外边缘与固定件 14 相固接。

[0120] 在另一个优选的实施例中,基板在与圆形凹槽相向的表面可以具有圆形突起,并且在顶层硅的下表面处采用具有圆形突起的压铸模具对透明热塑料进行成型,形成外表面为凹的可变形透镜。具体工艺和外表面为凸的可变形透镜一样,在此不作具体陈述。

[0121] 图 21 至图 23 是本发明基于 MEMS 的焦距调整装置的制备方法的俯视图。图 21 至

图 23 对应图 15 至图 20 中的结构示意图。为了方便示意其形成的工艺结构,在图 21 至图 23 中并未示意出衬底的下层和基板以及压铸模具。如图 21 所示,提供一个 SOI 衬底,SOI 衬底从下到上依次包括底层半导体、中间埋层和顶层硅。干法或湿法刻蚀顶层硅形成 8 组导电变形横梁 13 和导电柱 12 以及多个固定件 141 和 142,在所有导电变形横梁 13 的内侧边缘的中间形成圆形凹槽 304,使得每组中每条导电变形横梁 13 与相邻的导电柱 12 相对应,导电变形横梁 13 和导电柱 12 相互间隔地分布在圆形凹槽 304 的周围,且多组导电变形横梁 13 和导电柱 12 相对于圆形凹槽 304 对称地分布在圆形凹槽 304 的周围。在沿着圆形凹槽 304 的径向向外的方向上,每组中的导电变形横梁 13 和导电柱 12 之间的距离逐渐减小。其中形成的导电变形横梁 13 呈镰刀状,包括位于内侧的弯曲部 13s 和位于外侧的平面部 13f。每组中的导电变形横梁 13 的平面部 13f 和导电柱 12 相向的内侧面之间的夹角为  $15^{\circ}$ 。导电变形横梁 13 的外边缘与固定件 141 相固接,导电柱 12 与固定件 142 相固接且保持静止,同时在相邻的固定件之间刻蚀出沟槽 309。

[0122] 如图 22 所示,在顶层硅上面沉积氧化硅,在氧化硅上面涂上光刻胶并进行刻蚀过程,保留导电变形横梁 13 侧壁上的介电质层 310 和导电柱 12 的侧壁上的介电质层 311,并保留任意两个相邻的固定件之间的介电质层 15。

[0123] 如图 23 所示,在导电变形横梁 13 和导电柱 12 的上表面粘结一个玻璃基板(图中未示出),基板在与圆形凹槽 304 相向的表面具有圆形凹坑,基板的另一面是平面,将 SOI 衬底中的底层半导体和中间埋层减薄去掉,释放所述多组导电变形横梁 13 和导电柱 12,使得导电变形横梁 13 悬空。将透明热塑料的液滴注入圆形凹槽 304 中,在顶层硅的下表面处采用具有圆形凹坑的压铸模具(图中未示出)对透明热塑料进行成型,形成外表面为凸的可变形透镜 11;使得可变形透镜 11 的外边缘 11a 固定粘结在导电变形横梁 13 的内边缘 13a;去掉压铸模具和基板。

[0124] 虽然本发明已以较佳实施例披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

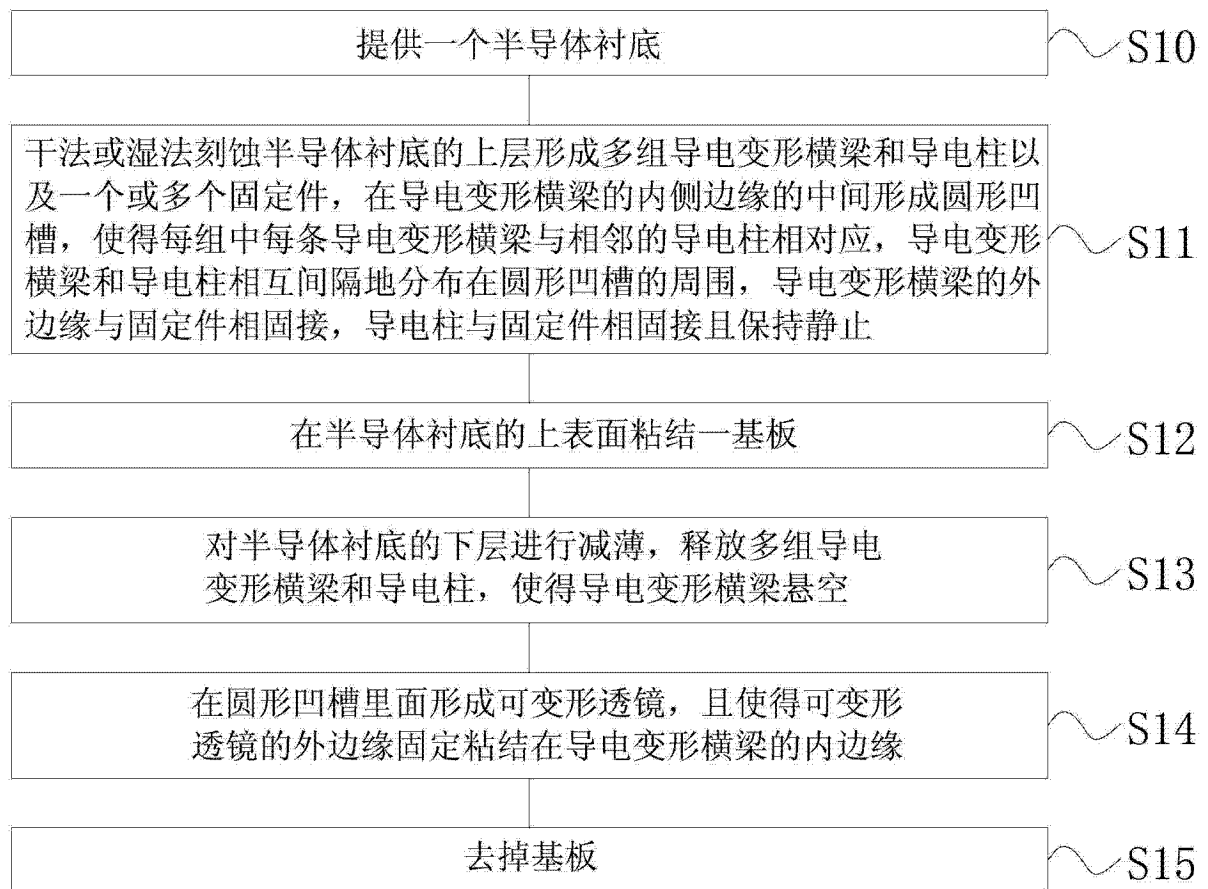


图 1

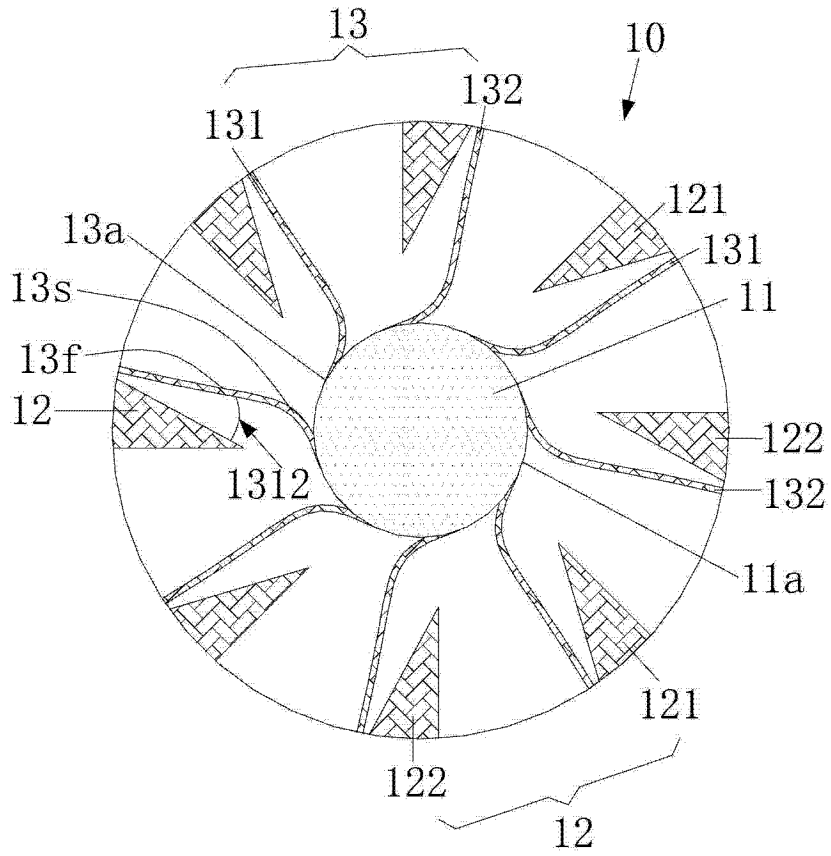


图 2

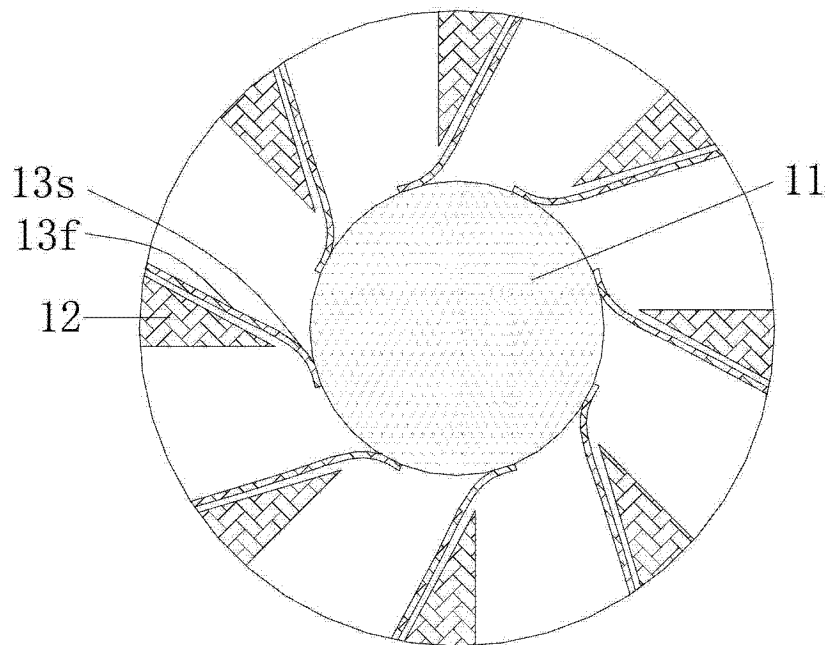


图 3

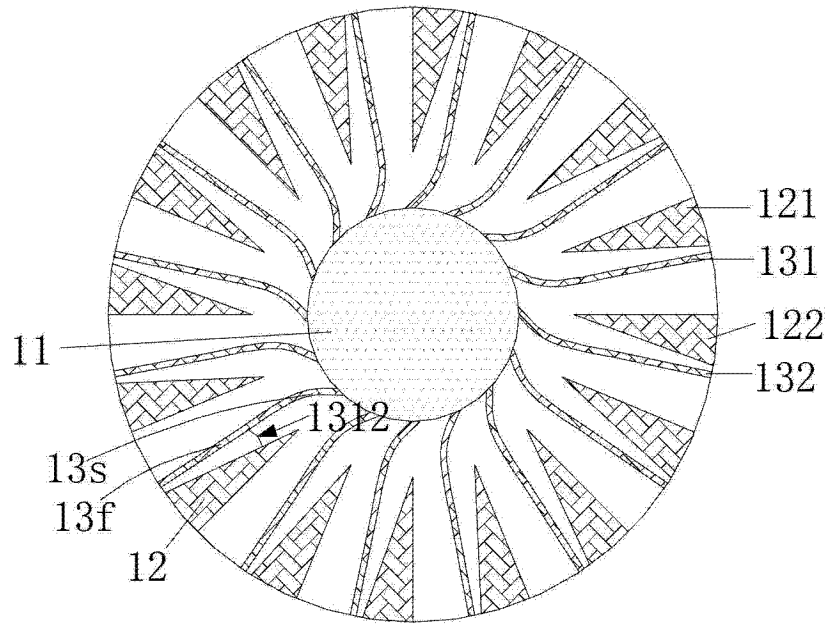


图 4

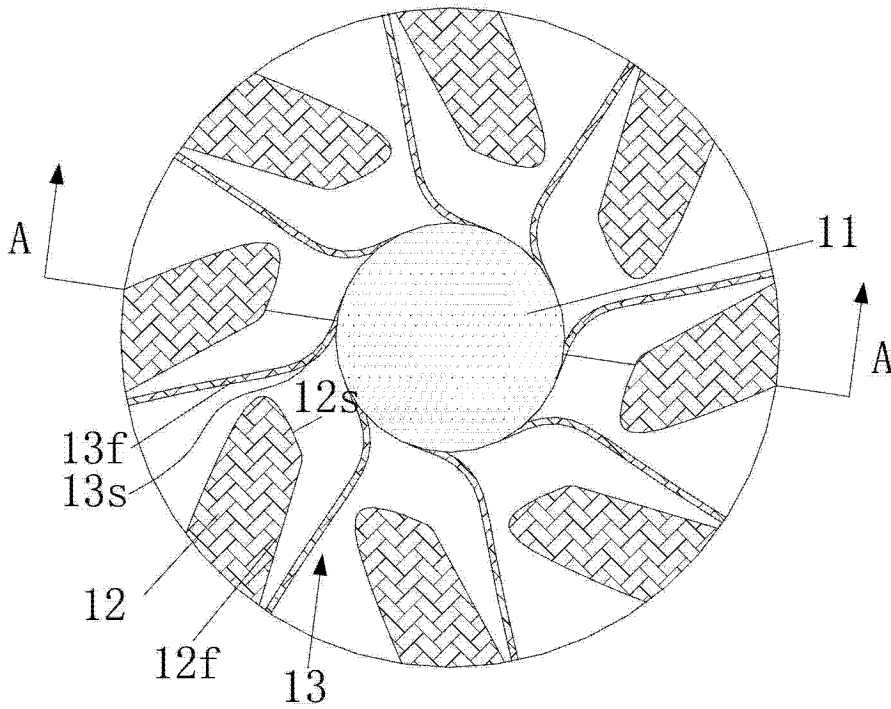


图 5

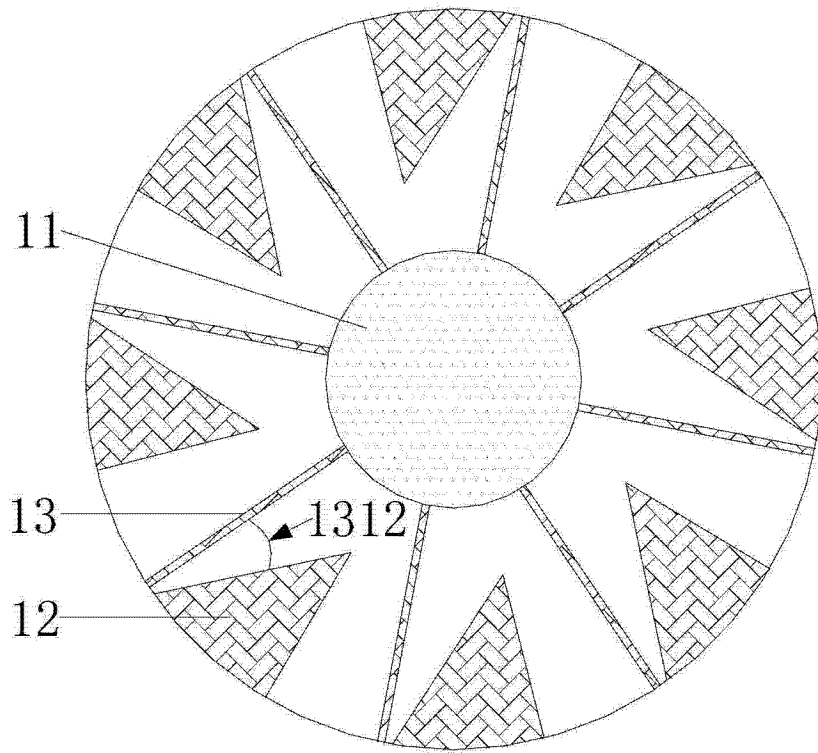


图 6

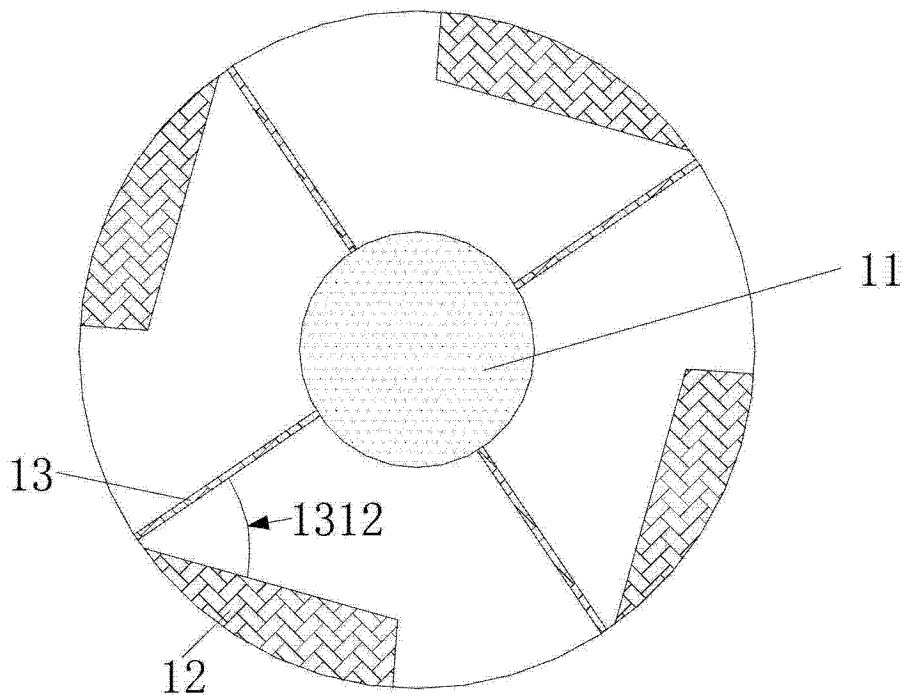


图 7

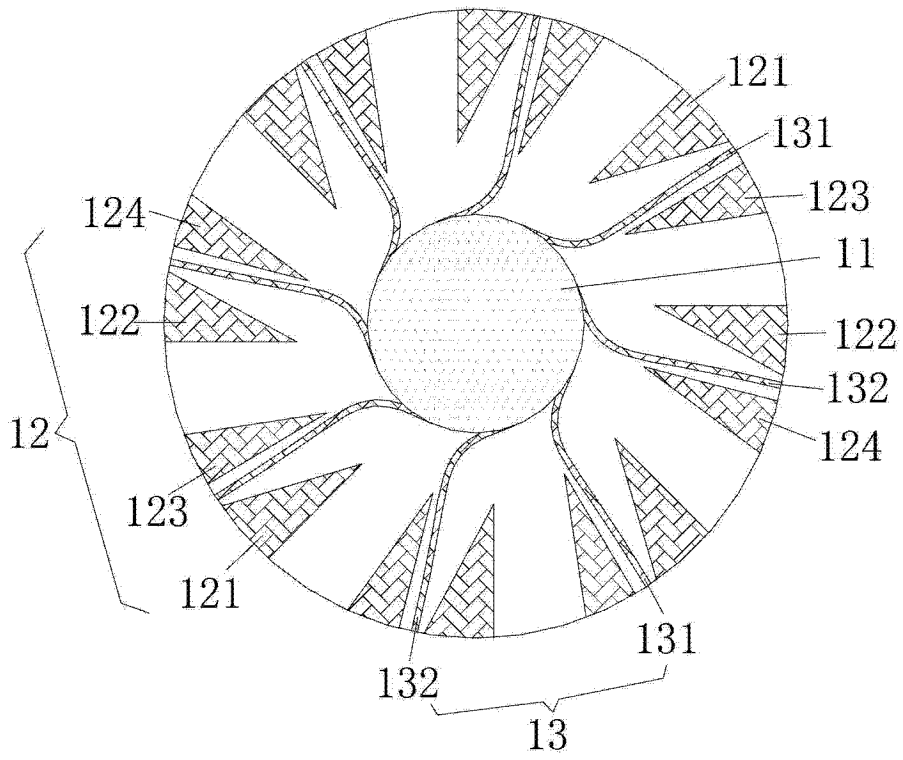


图 8

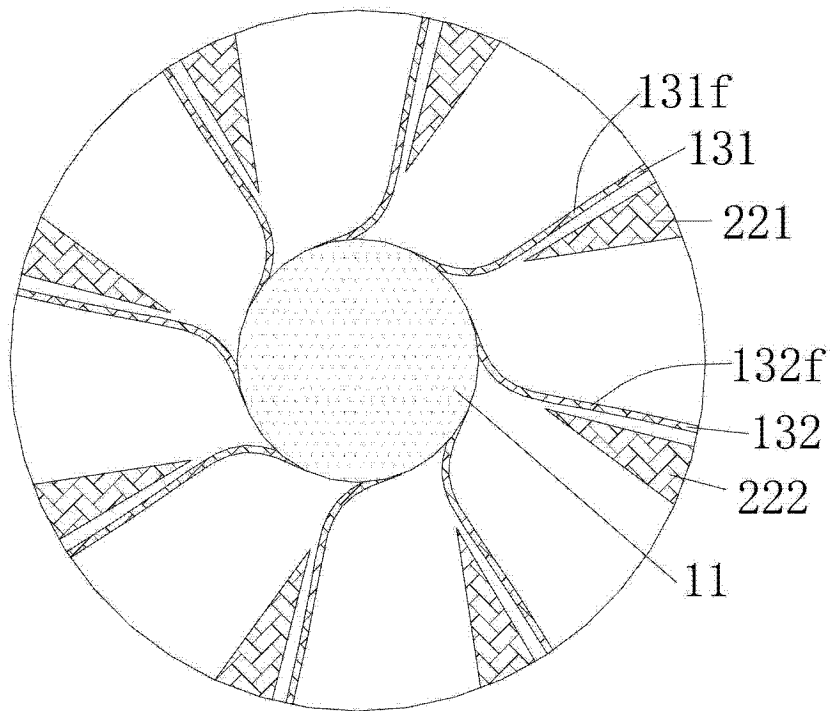


图 9

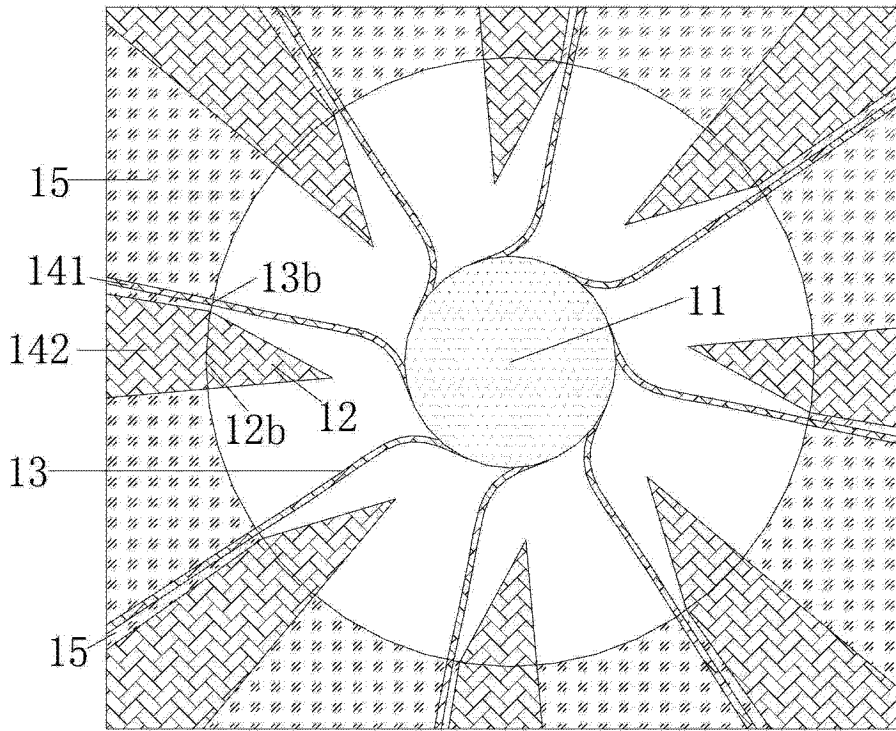


图 10

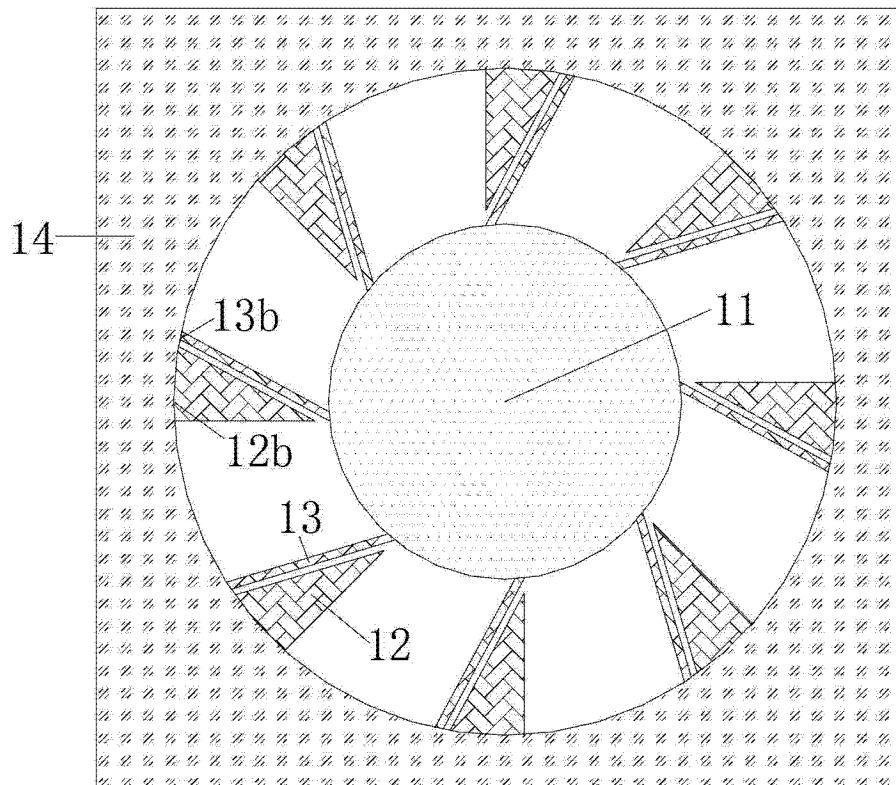


图 11



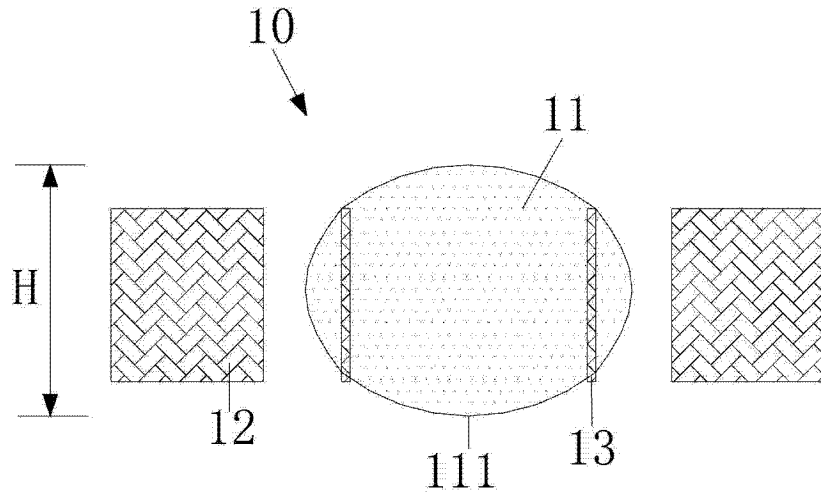


图 12

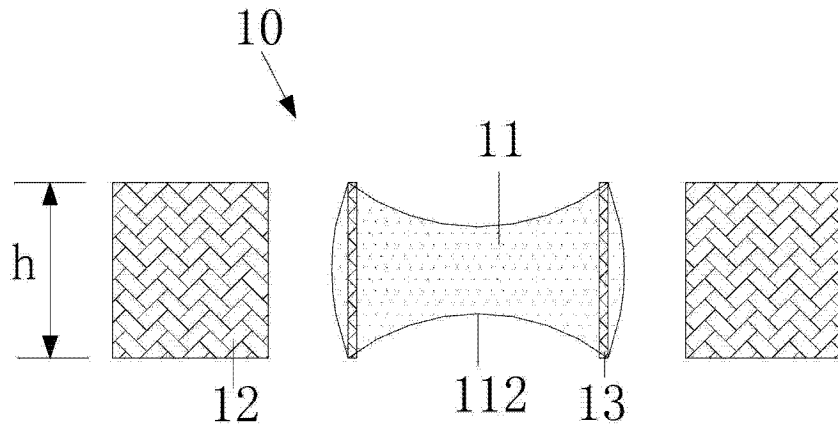


图 13

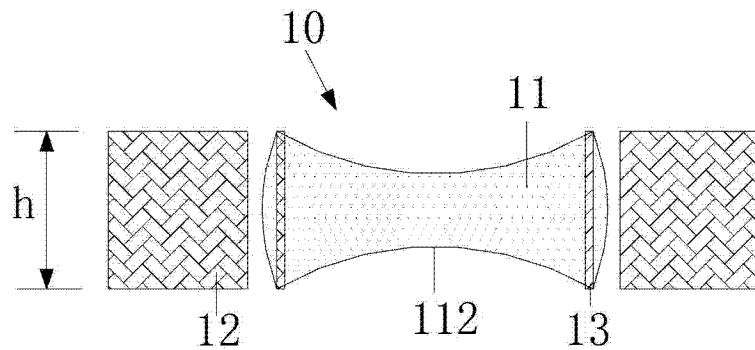


图 14

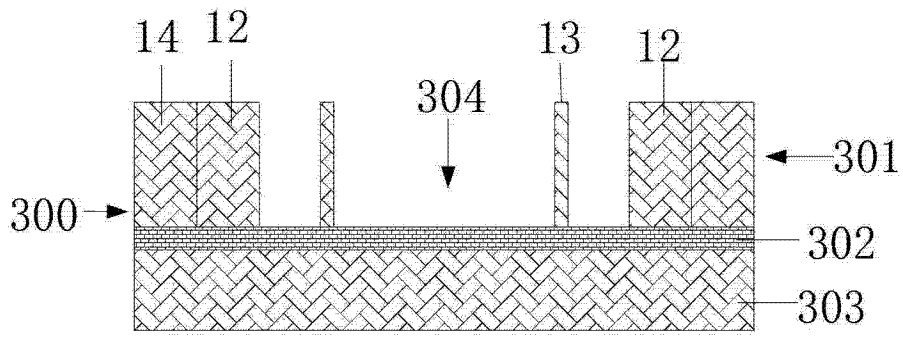


图 15

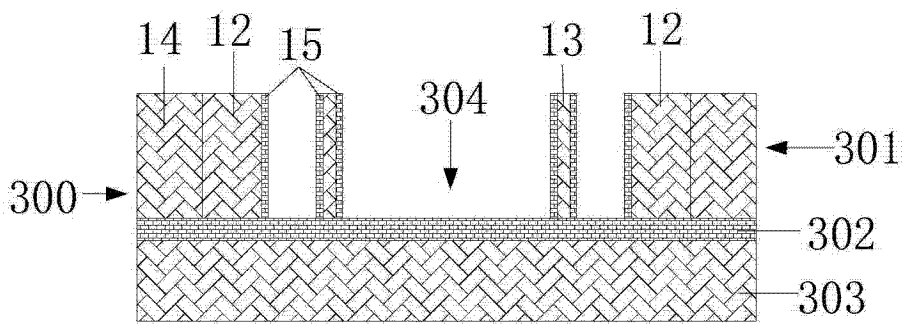


图 16

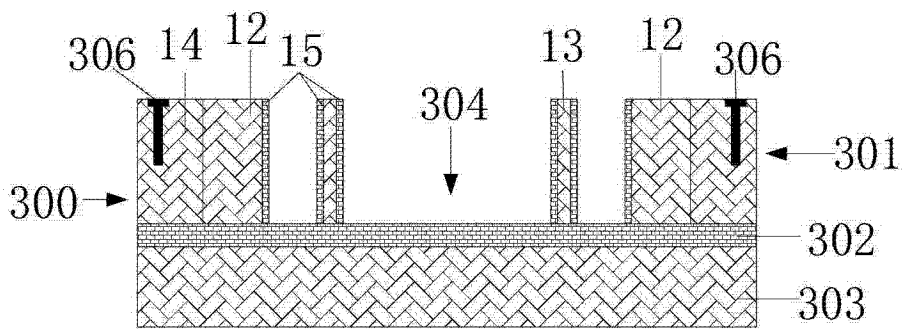


图 17

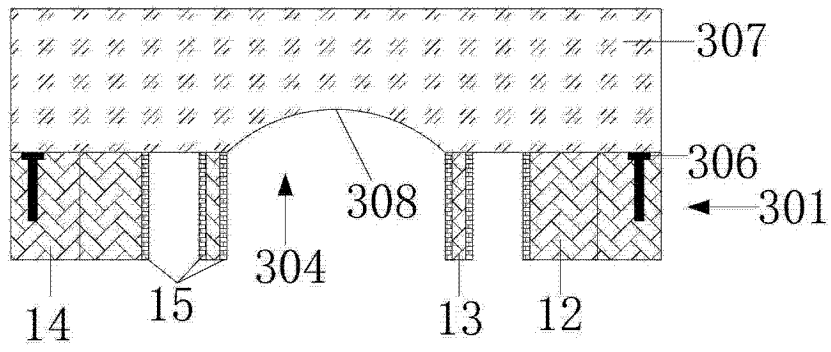


图 18

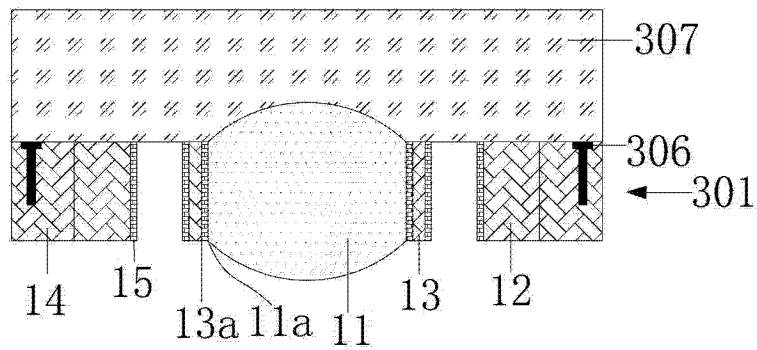


图 19

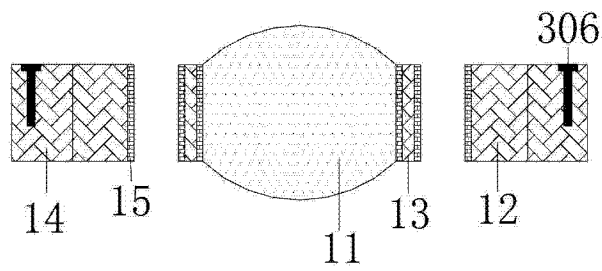


图 20

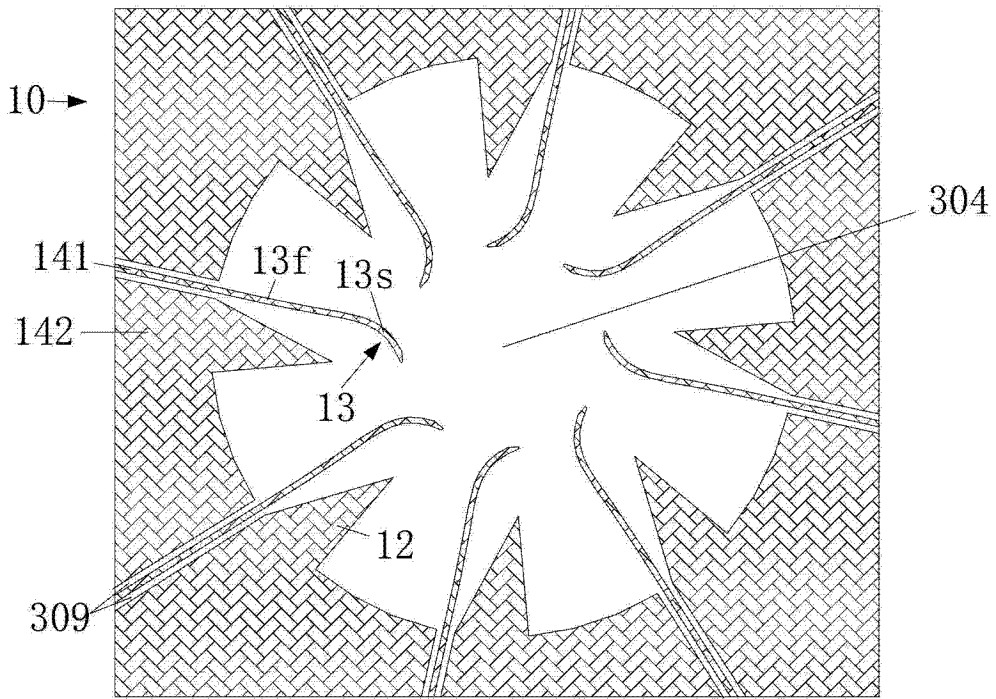


图 21

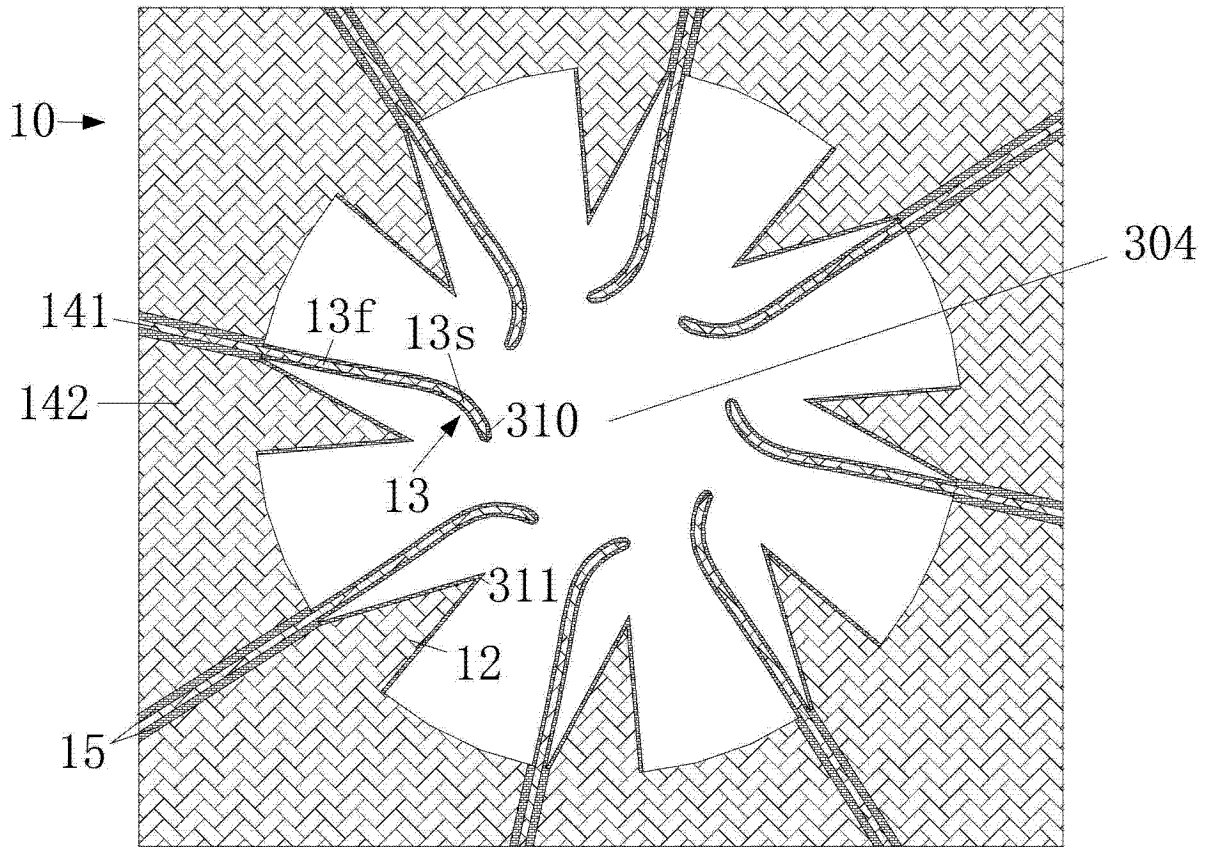


图 22

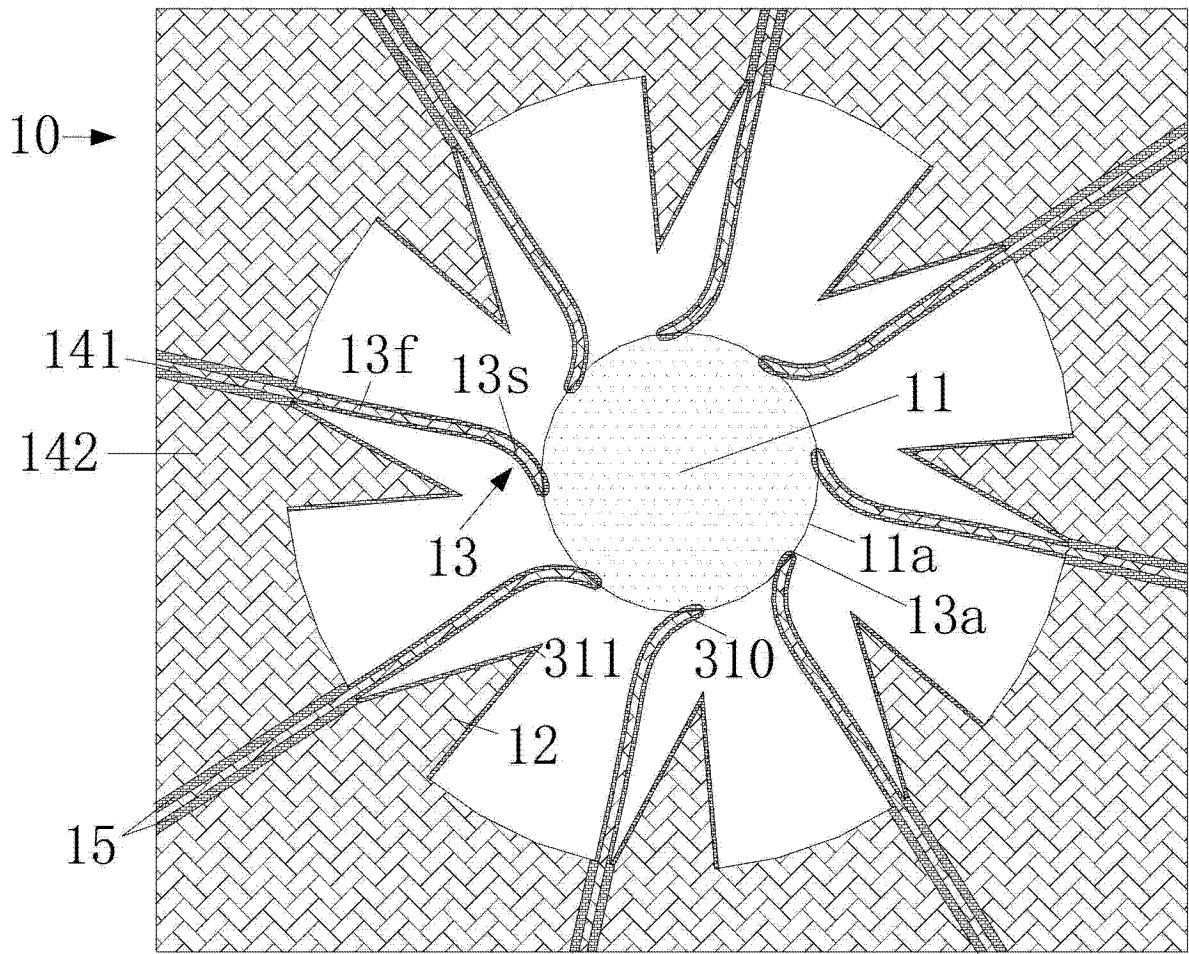


图 23