



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101915988 A

(43) 申请公布日 2010.12.15

(21) 申请号 201010239177.9

(22) 申请日 2010.07.28

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

(72) 发明人 夏军 姚晓寅

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

32200

代理人 张惠忠

(51) Int. Cl.

G02B 26/02 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)

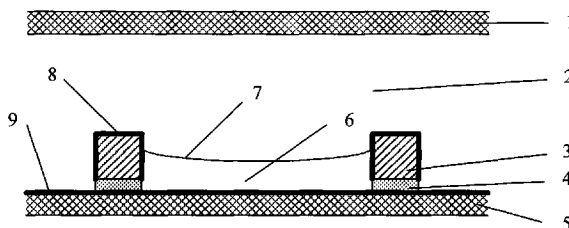
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

一种可动态控制的液体透镜结构

## (57) 摘要

本发明公开了一种可动态控制的液体透镜结构,它是在第二透明基板(5)上覆盖第二电极(9),在第二透明基板(5)上制作绝缘层(4),在绝缘层(4)上制作障壁(3),在障壁(3)上覆盖第一电极(8),障壁(3)之间灌注第一液体(6),第二液体(2)覆盖在第一液体(6)上,第一透明基板(1)位于第二液体(2)上。该液体透镜结构侧壁电极上无需绝缘层,不发生电化学反应,透镜光轴固定,驱动电压低,结构简单。



1. 一种可动态控制的液体透镜结构,其特征是:该结构由纵横排列的液体透镜单元组成,每个液体透镜单元的组成为:在第二透明基板(5)上设置第二电极(9)和绝缘层(4),在绝缘层(4)上制作障壁(3),在障壁(3)上覆盖第一电极(8),障壁(3)之间灌注第一液体(6),在第一液体(6)上覆盖第二液体(2),在第二液体(2)上端为第一透明基板(1)。

2. 根据权利要求1所述的一种可动态控制的液体透镜,其特征是:在第一电极(8)上覆盖疏水层。

3. 根据权利要求1所述的一种可动态控制的液体透镜,其特征是:第一透明基板(1)上覆盖导电膜。

4. 根据权利要求1所述的一种电场力控制的液体透镜,其特征是:在第二电极(9)上增加薄膜晶体管阵列。

5. 根据权利要求1所述的一种可动态控制的液体透镜,其特征是:液体透镜单元为旋转对称结构,排列方式可以是行列矩阵式排列、或品字状排列、或蜂窝状排列。

## 一种可动态控制的液体透镜结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种动态可控的液体透镜结构,尤其是涉及一种在电压控制下能有效改变液体形状从而改变焦距的液体透镜结构。

### 背景技术

[0002] 液体透镜是由液体制成,模仿人眼晶状体的聚焦原理,通过控制液体发生形状变化而引起折射率变化来实现聚焦和变焦。与传统的透镜相比,液体透镜具有体积小、无需外部机械装置、反应速度快、无磨损、寿命长、成本低等特点。液体透镜能在电压下可控地动态调节焦距,具有传统透镜不可比拟的优点。液体透镜已经开始逐渐走入市场,应用于手机,相机,内窥镜等数码摄影、医疗、工业、通信领域。液体透镜主要有以下几种工作原理:1、通过机械力改变透镜外形和体积;2、通过加电改变液晶分子排列;3、基于电润湿或介电泳的原理使液体发生形变。

[0003] 电润湿现象可以用 Young-Lippmann 方程来描述:

$$[0004] \quad \cos \theta = \cos \theta_Y + \frac{\epsilon_0 \epsilon_d}{2d\sigma_{lv}} U^2$$

[0005] 其中,  $\theta$  为施加电压之后的液固接触角,  $\theta_Y$  为无电压时的初始液固接触角,  $\epsilon_0$  为真空介电常数,  $\epsilon_d$  为介质层的相对介电常数,  $d$  为介质层的厚度,  $\sigma_{lv}$  为液体和空气接触的表面张力,  $U$  为施加的电压。1995 年 Gorman 等人第一次实现了基于电润湿原理的液体透镜。他们将液滴置于透明电极上,通过施加电压使液滴发生了形变 [1]。2000 年, Berge 和 Peseux 在先前 Gorman 等人实验的基础上,在电极上覆盖了介质层。他们的问题在于如何将液滴中心固定在光轴上 [2]。2004 年 Philips 公司提出了流体聚焦技术,将导电水溶液和油灌注到圆柱体容器中,在底面和侧壁上施加电压,在液体表面发生形变的同时,确保形变液面固定在圆柱体轴线上 [3]。随后, Varioptic 公司将导电溶液和油封装在圆锥形容器中,使液体透镜在光轴稳定性上有了很大的提高 [4]。但电润湿液体透镜多选用导电性溶液作为其中一种液体,实验表明易发生电化学反应,若要克服电化学反应则需在电极上覆盖绝缘层,为实现较低的工作电压,通常需要很薄的绝缘层,这在工艺制备上具有一定难度。

[0006] 介电泳控制不导电液体也能运用到液体透镜当中。Chih-Cheng Cheng 和 J. Andrew Yeh 在上下基板为 ITO 玻璃的容器中灌入一种低介电常数液滴和同密度的高介电常数的液体,利用 DEP 原理,在电压 0-200V 范围内焦距从 34mm 变化到 12mm,上升和下降时间分别为 650ms 和 300ms [5] [6]。但此结构下的透镜,液滴会在平板上移动,不能控制透镜的位置。Hongwen Ren 和 Shin-Tson Wu 利用 DEP 力使液滴形成透镜阵列的同时改变焦距 [7]。这样利用电场控制液滴分开并形成透镜,不能控制每个液滴的大小,不利于实现工业生产的标准化。Su Xu, Yeong-Jyh Lin 和 Shin-Tson Wu 提出了碗型电极 DEP 微透镜阵列的制备 [8],但碗型电极制备困难,很容易因为各种原因导致电场分布不均匀,而使液体运动不能形成透镜效果。

[0007] 为了克服现有液体透镜的不足,本发明提供一种介电泳液体透镜结构,采用两种

不导电液体,避免了电化学反应,免去了介质层的制备。壁电极的加入使电场的场强分布集中在障壁周围,液体界面处恰好能获得较高的场强,从而能在较低的电压使液体运动。壁电极还能控制液体位置不发生移动,并且液体界面离开壁电极后不再向中间运动。本发明使用的两种不导电且不相混容的液体,其表面自由能和介电常数与现有介电泳液体透镜相比也有所不同,使透镜的控制电压,透镜效果有一定区别。

#### [0008] 参考文献

[0009] [1]Christopher B.Gorman, Hans A.Biebuyck, George M.Whitesides. Control of the Shape of Liquid Lenses on a Modified Gold Surface Using an Applied Electrical Potential across a Self-Assembled Monolayer. Langmuir, 1995, 11(6), 2242-2246.

[0010] [2]B. Berge and J. Peseux. Variable focal lens controlled by an external voltage :An application of electrowetting. Eur. Phys. J. E, 2000, 3, 159-163.

[0011] [3]B. H. W. Hendriks, S. Kuiper, M. A. J. Van Aa, C. A. Renders and T. W. Tukker. Electrowetting-Based Variable-Focus Lens for Miniature Systems. OPTICAL REVIEW, 2005, 12(3), 255-259.

[0012] [4]Lisa Saurei, Jerome Peseux, Frederic Laune and Bruno Berge. Tunable liquid lens based on electrowetting technology :principle, properties and applications. 1-3Sept 2004, presented at the 10th Annual Micro-optics Conference, Jena, Germany.

[0013] [5]Chih-Cheng Cheng, C. Alex Chang and J. Andrew Yeh. Variable focus dielectric liquid droplet lens. OPTICS EXPRESS, 2006, 14(9), 4101-4106.

[0014] [6]Chih-Cheng Cheng and J. Andrew Yeh. Dielectrically actuated liquid lens. OPTICSEXRESS, 2007, 15(12), 7140-7145.

[0015] [7]Hongwen Ren and Shin-Tson Wu. Tunable-focus liquid microlens array using dielectrophoretic effect. OPTICS EXPRESS, 2008, 16(4), 2646-2652.

[0016] [8]Su Xu, Yeong-Jyh Lin, and Shin-Tson Wu. Dielectric liquid microlens with well-shaped Electrode. OPTICS EXPRESS, 2009, 17(13), 10499-10505.

#### 发明内容

[0017] 技术问题 :为了克服电润湿液体透镜易击穿,介质层制备困难,及现有介电泳液体透镜结构难以固定液体位置等问题,本发明提供一种介电泳液体透镜结构,该结构不易击穿,无需介质层,能有效固定液体位置,实现动态控制焦距。

[0018] 技术方案 :本发明解决其技术问题所采用的技术方案是 :该结构由纵横排列的液体透镜单元组成,每个液体透镜单元的组成为 :在第二透明基板上覆盖第二电极,在第二透明基板上制作绝缘层,在绝缘层上制作障壁,在障壁上覆盖第一电极,障壁之间灌注第一液体,第二液体覆盖在第一液体上,第一透明基板位于第二液体上。

[0019] 在本发明优选技术方案中,第一电极上覆盖有疏水层。

[0020] 在本发明优选技术方案中,第一透明基板 1 上覆盖导电膜。

[0021] 在本发明优选技术方案中,在第一电极上增加薄膜晶体管阵列,每个液体透镜单

元内第一液体和第二液体的交界面可以单独调整,即液体透镜单元的焦距可单独调整。

[0022] 在本发明优选技术方案中,液体透镜单元为旋转对称结构,排列方式可以是行列矩阵式排列、或品字状排列、或蜂窝状排列。

[0023] 有益效果:本发明的有益效果是,与传统电润湿透镜相比,第一液体和第二液体与第一电极和第二电极之间无需绝缘层,工作电压低,不易击穿,第一电极和第二电极位于相同的第二透明基板上,降低了第一透明基板的制备工艺要求,成本低,第一电极位于中间隔断上,有利于固定透镜光轴位置,结构简单。

## 附图说明

[0024] 图 1 是本发明优选实施例结构图;

[0025] 以上的图中有:1、第一透明基板,2、第二液体,3、障壁,4、绝缘层,5、第二透明基板,6、第一液体,7、第一液面,8、第一电极,9、第二电极。

## 具体实施方式

[0026] 图 1 所示为本发明优选实施例结构图,主要包括:第二透明基板 5,可采用玻璃、透明树脂等材料,第二透明基板 5 上需要镀上导电膜,形成第二电极 9,也可以选用具有导电性的基板,通过刻蚀形成每个液体透镜单元的第二电极 9,例如 ITO 玻璃等。在第二透明基板 5 上制作绝缘层 4,绝缘层 4 选用绝缘的材料,如透明树脂材料 su8 等,或是在第二透明基板 5 上利用模板印制网孔。在绝缘层 4 上制作障壁 3,可以利用金属网孔形成障壁 3,障壁 3 可以直接作为第二电极 8,例如银、铁、铜网孔等,或者利用 SU-8 等材料经紫外曝光形成此障壁 3,再在障壁 3 上半部分镀上导电膜,有导电膜的部分为第一电极 8,无导电膜的部分为绝缘层 4。障壁 3 可以制成矩形、梯形等形状,也可以是没有尖角的圆弧形。在障壁 3 之间灌注第一液体 6,第一液体 6 可以选用介电常数小、表面自由能小的液体,例如二甲基硅氧烷、正己烷、异辛烷、十六烷、正癸醇等,第二液体 2 覆盖在第一液体 6 上,第二液体 2 可以选用介电常数大、表面自由能大的液体,例如丙三醇、乙二醇等,也可以第一液体 6 选用介电常数大、表面自由能大的液体,而第二液体 2 选用介电常数小、表面自由能小的液体。第一透明基板 1 位于第二液体 2 上,第一透明基板 1 可采用玻璃、透明树脂等材料。在第一电极 8 上还可以覆盖疏水层,例如,聚四氟乙烯,cytop 等材料,以减小液体界面运动的迟滞性。但是与电润湿器件不同,此处疏水层无需完整包覆第一电极 8,当在第一电极 8 和第二电极 9 之间施加电压时,第一液面 7 会发生移动,从而实现透镜动态调节焦距,例如第一电极 8 接地,第二电极 9 接正电压,第一电极 8 和第二电极 9 之间产生非均匀电场,第一液体 6 和第二液体 2 在非均匀电场下产生介电泳力,介电泳力作用介电常数大的液体,如第二液体 2,向场强梯度大的地方流动,同时第一液面 7 发生形变,即在第一电极 8 的表面发生移动。由于电场强度集中第一电极 8 周围,液体界面处恰好能获得较高的场强,从而在较低的电压下液体就能运动。

[0027] 还可以在第二透明基板 5 覆盖导电膜形成第三电极(图 1 中省略未画出),例如透明导电薄膜 ITO,该导电膜与第二液体 2 接触,通过在三个电极同时施加电压,可以动态的改变电场强度分布,从而有效控制第一液面 7 的移动。

[0028] 图 1 中液体单透镜单元为旋转对称结构,液体透镜阵列排列方式可以是行列矩阵

式排列、或品字状排列、或蜂窝状排列。另外,在第二电极 9 上增加薄膜晶体管阵列,每个液体透镜单元内第一液体和第二液体的交界面可以单独调整,即液体透镜单元的焦距可单独调整。

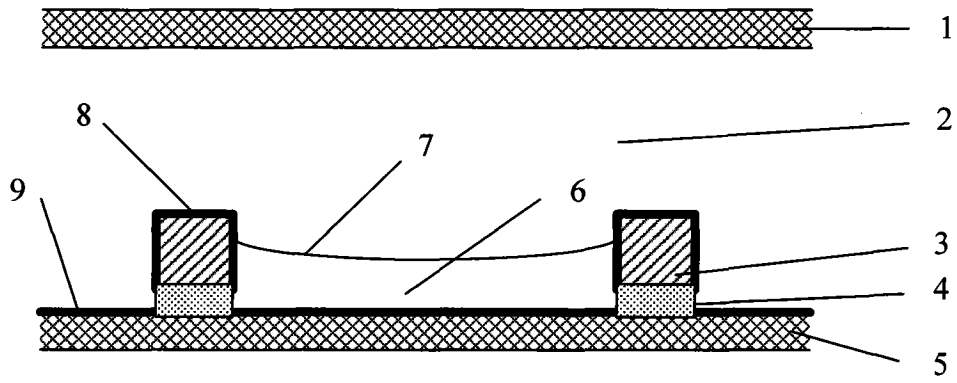


图 1