



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106233191 A

(43)申请公布日 2016.12.14

(21)申请号 201580006750.2

(22)申请日 2015.01.30

(30)优先权数据

2014900293 2014.01.31 AU

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.08.01

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/AU2015/000041 2015.01.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/113105 EN 2015.08.06

(71)申请人 澳大利亚国立大学

地址 澳大利亚首都直辖区

(72)发明人 李伟明

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204

代理人 王达佐 王艳春

(51)Int.Cl.

G02C 7/02(2006.01)

G02B 1/00(2006.01)

B29D 11/00(2006.01)

G02B 3/00(2006.01)

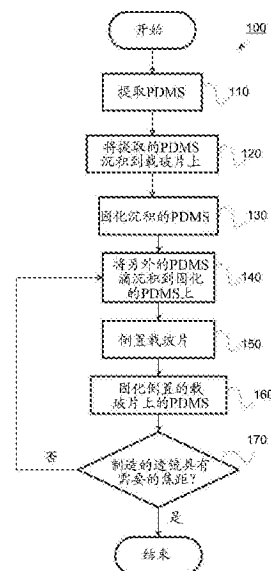
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

使用重力制造透镜

(57)摘要

本申请公开了透镜制作方法(100),该方法使用固化在载玻片(214)上的一滴聚二甲基硅氧烷(PDMS)溶液(210)形成具有弯曲表面(211a)的PDMS支承层(211)。然后另外的PDMS滴(210)沉积在PDMS支承层(211)的弯曲表面(211a)上;然后倒置载玻片以使重力向下拉动未固化的另外的PDMS溶液(210)。然后固化倒置的载玻片上的另外的PDMS溶液(210)。沉积、载玻片倒置以及另外的PDMS滴(210)的固化的每次重复增加附加的PDMS层,改变透镜的形状和焦距。



1. 一种使用重力制造透镜的方法,所述方法包括:

使用针状物在载玻片上形成聚二甲基硅氧烷(PDMS)支承层;所述聚二甲基硅氧烷支承层具有弯曲表面;

使用针状物将另外的聚二甲基硅氧烷沉积在所述载玻片上的所述聚二甲基硅氧烷支承层的弯曲表面上;

倒置所述载玻片;以及

将所述聚二甲基硅氧烷固化在倒置的载玻片上。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述形成所述聚二甲基硅氧烷支承层包括以下步骤:

通过将所述针状物的尖端浸入所述聚二甲基硅氧烷中来提取所述聚二甲基硅氧烷;

将所述针状物上的所述聚二甲基硅氧烷沉积到所述载玻片上;以及

将所述聚二甲基硅氧烷固化在所述载玻片上。

3. 如权利要求1或2所述的方法,包括通过重复以下步骤改变透镜的形状,以减小所述透镜焦距:

使用所述针状物将另外的聚二甲基硅氧烷沉积到所述聚二甲基硅氧烷支承层上;

倒置所述载玻片;以及

将所述聚二甲基硅氧烷固化在所述倒置的载玻片上。

4. 如权利要求2或3所述的方法,当权利要求3从属于权利要求2时,其中,沉积在所述载玻片上的聚二甲基硅氧烷的数量确定所述聚二甲基硅氧烷支承层的尺寸,从而确定所制造的透镜的尺寸。

5. 如权利要求2至4中任一项所述的方法,当权利要求3或4从属于权利要求2时,其中,当所述针状物浸入所述聚二甲基硅氧烷时,所述针状物的尖端处于相对于载玻片的竖直位置。

6. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中,通过将所述针状物保持在所述载玻片之上并使重力拉动所述针状物上的所述聚二甲基硅氧烷,直至一滴所述聚二甲基硅氧烷沉积至所述载玻片上,将所述另外的聚二甲基硅氧烷沉积在所述载玻片上。

7. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中在将所述聚二甲基硅氧烷沉积至所述载玻片上期间或当所述载玻片倒置时,所述载玻片保持相对于地面平行。

8. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中通过将所述载玻片放置在预定温度的烤箱中一段时间来固化所述聚二甲基硅氧烷。

9. 如权利要求8所述的方法,其中,所述一段时间为15分钟,所述预定温度为70℃。

10. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中进行所述载玻片的倒置,以使得所述载玻片的、具有所述聚二甲基硅氧烷的表面面对地面。

11. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中在将所述聚二甲基硅氧烷沉积在所述聚二甲基硅氧烷支承层上的2秒内进行所述载玻片的倒置。

12. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中所制造的透镜为短焦距透镜。

13. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中载玻片为玻璃载玻片。

14. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述制造的透镜适于在物体的光学放大或由光源生成的光的光学校准中使用。

15. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述针状物的尖端具有18规格到21规格之间的尺寸。

16. 如权利要求15所述的方法, 其中通过所述针状物提取的聚二甲基硅氧烷溶液的量在80 $\mu$ l到120 $\mu$ l之间。

## 使用重力制造透镜

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求以澳大利亚国立大学的名义于在先申请日2014年1月31日提交的第2014900293号澳大利亚临时专利申请的权利,其全部内容通过整体引用并入本文。

### 技术领域

[0003] 本发明大体上涉及透镜的制造,具体地,涉及到使用重力无模具制造透镜。

### 背景技术

[0004] 现有制造透镜的方法(例如:软刻蚀、化学处理等)通常包括多个步骤,例如:高温注塑成聚合物、研磨玻璃等。这样的透镜制造技术通过过度使用原材料、化学反应等潜在地浪费了大量原材料。现有技术还依赖模具成形透镜,由于模具中的瑕疵而引起制造的透镜的缺陷并且在制造期间不允许改变透镜的形状。这样的方法只允许生成特定焦距的透镜。

[0005] 因此,需要有可以减少或消除原材料浪费和/或使用模具来制造透镜的方法。

### 发明内容

[0006] 公开了旨在解决上述问题的透镜制造技术。该透镜制造技术使用固化在水平载玻片上的聚二甲硅氧烷(PDMS)溶液滴形成具有弯曲表面的PDMS支承层。然后,另外的PDMS滴沉积在PDMS支承层的弯曲表面上;然后,倒置载玻片以使重力向下拉动未固化的另外的PDMS滴。然后固化另外的倒置的PDMS滴。另外的PDMS滴的沉积、载玻片倒置以及固化的每次重复都增加附加层的PDMS,从而改变透镜的形状和焦距。

[0007] 根据本公开的第一方面,本公开提供了使用重力制造透镜的方法,该方法包括:使用针状物在载玻片上形成聚二甲基硅氧烷(PDMS)支承层,PDMS支承层具有弯曲表面;使用针状物将另外的PDMS沉积到载玻片上的PDMS支承层的弯曲表面上;倒置载玻片;固化倒置的载玻片上的PDMS支承层。

[0008] 本文还公开了本发明的其他方面。

### 附图说明

[0009] 将参照附图描述本发明的至少一个实施方式,在附图中:

[0010] 图1是示出了根据本发明的实施方式的重力辅助的附加透镜制造方法的流程图;

[0011] 图2A至2F示出了图1的方法的框图;

[0012] 图3A至3D是示出了用于测试使用图1的方法制造的四个透镜以及这些透镜的性能的实验设置的框图;以及

[0013] 图4A至图4C是示出了使用图1的方法制造的透镜的准直功能的框图和曲线图。

### 具体实施方式

[0014] 在任意一个或多个附图中参考步骤和/或特征,这些步骤和/或特征具有相同的附

图标记,用于本说明书的目的的那些步骤和/或特征具有相同的功能或操作,除非出现相反意图。

[0015] 公开了本发明的提供结合层次和重力的非模制透镜制造方法的实施方式,该方法有效地利用具有小损耗的原始材料。公开的透镜制造方法还能够在制造期间控制透镜的形状以生成变化焦距的透镜。

[0016] 图1示出了重力辅助的附加透镜制造的方法100的流程图,而图2A至图2F提供了方法100的每个步骤的图示。方法100从步骤110至步骤130开始以在载玻片214(在图2A中示出)上形成聚二甲基硅氧烷(PDMS)支承层211。例如,载玻片214可以为抛光的平面玻璃载玻片,例如盖玻片。

[0017] 在步骤110中,提取一定量的PDMS 210。针状物212(在图2A中示出)通过将针状物212的尖端浸入到PDMS溶液210中来提取少量PDMS溶液210(例如,约 $100\pm 20\mu\text{l}$ )。针状物212的尖端通常是精细的(例如,约18-21规格厚度)并且在浸入PDMS溶液之前和之后,均垂直于载玻片214布置。

[0018] PDMS溶液210是高粘性的,因此允许少量的PDMS溶液容易地粘附在针尖上。在该方法中,针状物尖端的厚度决定当针状物被沉浸时接触PDMS溶液210的表面面积,该表面积转而决定被提取的PDMS溶液210的量。因此,针状物尖端的尺寸决定提取的PDMS溶液210的量。

[0019] PDMS溶液210通常通过将PDMS基与固化剂以10:1的比例(以重量测量)混合来得到。PDMS溶液210的混合通常通过使用棉签或其他混合设备实现。允许静置混合的PDMS溶液210,在针状物212浸入PDMS溶液210之前,在搅拌期间去除残余气泡。然后步骤110进行到步骤120。

[0020] 在步骤120中,被提取的PDMS沉积在载玻片上。具有提取的PDMS溶液210的针状物212保持在载玻片214上,以使重力拉动PDMS溶液210,直到一滴PDMS溶液沉积至载玻片214上。在PDMS滴210沉积到载玻片214期间,载玻片214被布置为平行于地面,从而避免沉积的PDMS滴210在载玻片214上滑动。即,载玻片214在沉积过程中大致水平布置。载玻片214是由具有化学惰性且具有低表面粗糙度表面的材料制成,例如玻璃。

[0021] 图2A示出了PDMS溶液210沉积在载玻片214上的示意图。图2中的5个步骤(1)-(5)示出了PDMS溶液210从针状物212的尖端掉落并沉降在载玻片214上。图2B在步骤1-3中示出了使沉积的PDMS滴211的沉降在水平载玻片214上。图2A的图像280示出了PDMS滴210沉积在载玻片214上并且沉降在载玻片214上的摄影图像。步骤120进行到步骤130。

[0022] 在步骤130中,沉积的PDMS 211被固化。水平载玻片214上的沉积PDMS 211放置在预定温度的烤箱中一段时间。例如,烤箱通常设置为以70℃的温度将PDMS 211固化15分钟。但是可使用其他合适的温度和时间段来固化PDMS 211。所固化的PDMS 211可用作随后PDMS层的支承层。然后步骤130进行到步骤140。

[0023] 在步骤140中,将另外的PDMS 210沉积在固化的PDMS上。另外的PDMS滴210沉积在PDMS支承层211的弯曲表面211a上-在图2C中示出。然后步骤140进行到步骤150。

[0024] 在步骤150中,将载玻片214倒置。在另外的PDMS滴210被沉积在PDMS支承层211上之后,为了避免另外的沉积的PDMS滴210溢出到载玻片214上,将载玻片214快速倒置(通常两秒内)(如图2D所示)。当载玻片214倒置时,由于存在于另外的PDMS滴210和弯曲表面211a之间的界面力,另外的PDMS滴210的沉积继续停留在弯曲表面211a上。同时,重力朝向地面

拉动另外的PDMS滴210。这两个力的结合引起另外的PDMS滴210下垂,并且由于重力,任何过量的PDMS 210将从PDMS支承层211掉落。此外,由于另外的PDMS滴210在弯曲表面211a上经受恒力,所制造的透镜呈现增加的曲率(例如降低透镜半径)。因此,可沉积在PDMS支承层211上的另外的PDMS滴210的量取决于弯曲表面面积211a;并且大曲率半径的弯曲表面211a可以支承更多另外的PDMS滴210。

[0025] 图2D还示出了当载玻片214倒置时,另外的PDMS溶液210的下垂。然后步骤150进行到步骤160。

[0026] 在步骤160中,固化倒置的载玻片214上的PDMS。倒置的载玻片214在预先设定温度的烤箱中放置预定的时间段,以固化另外的PDMS滴210。如上文所述,烤箱可在70℃的温度处设置15分钟以固化另外的PDMS 210。步骤160进行步骤170。

[0027] 在步骤170中,检查制造的透镜是否具有要求的焦距。如果是否(NO),则步骤170进行到步骤140,然后重复步骤140到170,以向透镜增加额外的层。否则(YES),方法100完成。

[0028] 通过重复步骤140到160的过程,另外的PDMS滴210沉积在PDMS支承层211上。每个增加的层增加制造的透镜的曲率,同时减小制造的透镜的焦距。图2E和图2F示出了一至四层另外的PDMS滴210沉积到PDMS支承层211上。透镜220为具有固化在PDMS支承层211上的单层另外的PDMS溶液210的透镜,透镜230具有固化在PDMS支承层211上的两层另外的PDMS溶液210,透镜240具有固化在PDMS支承层211上的三层另外的PDMS溶液210,以及透镜250具有固化在PDMS支持层211上的四层另外的PDMS溶液210。PDMS支承层211和另外的PDMS滴210的折射率是匹配的,使得制造的透镜的折射率沿着制造的透镜的中心轴没有突变-特别是在PDMS支承层211和另外的PDMS滴210之间,或每个另外的PDMS滴210之间。除了其他像差(如散焦)外,沿着制造的透镜的中心轴的折射率突变可引起大的球面像差,这降低了制造的透镜的成像质量。

[0029] 图3A示出了用于使用方法100测试(制造的透镜(如透镜220、230、240和250)的成像质量的光透射成像系统300的实验设置。成像系统300包括互补的金属氧化物半导体(CMOS)成像传感器310、成像透镜320、具有制造的透镜(例如透镜220、230、240或250)的载玻片214以及图像生成器(即,液晶显示器(LCD)360、或明视野光源390和不透明微米格子线370;或荧光光源390和荧光微球体380)。图像生成器的不同设置允许评估制造的透镜(例如透镜220、230、240、250)在不同成像模式(例如,明视野,荧光)中的性能。分别具有相应焦距 $f_{wlens2}$  344和 $f_{wlens1}$  346的透镜220和250仅作为使用本文公开的方法验证加强的成像性能的示例在图3A中示出。

[0030] CMOS成像传感器310具有3.1兆像素的分辨率,但是其他分辨率也可用于该实验。成像传感器310和透镜320隔开距离312,并且在该实验设置中,成像传感器310和透镜320内置在相机中。 $f_{wlensi}$  326的距离将图像生成器和成像透镜320隔开。

[0031] 具有制造的透镜(例如:透镜220、230、240或250)的载玻片214放置在透镜320和图像生成器之间。制造的透镜(例如:透镜220、230、240或250)的顶点以距离 $S_0$  342远离图像生成器放置,引起位于距载玻片214距离 $S_i$  322处的中间成像平面321。因此,在图像穿过制造的透镜(例如:透镜220、230、240或250)、载玻片214,以及透镜320之后,成像传感器310捕获生成的图像。

[0032] 成像传感器310、透镜320、载玻片214,以及制造的透镜(例如:透镜220、230、240或

250)沿着理论光轴324水平布置,使得生成的图像不以倾斜角度落到传感器310上。

[0033] 图3B示出了使用方法100制造的四个透镜220、230、240以及250。图3C的图像371、374、378和382示出了由成像传感器310对由LCD 360生成的分别穿过透镜220、230、240和250图像进行处理后的图像。图3C的图像372、376、379和384示出了由成像传感器310对由明视野光源390和不透明微米标线370生成的分别穿过透镜220、230、240和250的图像进行处理后的图像。用于该示例的不透明微米标线370的平行格网线彼此以 $10\mu\text{m}$ 的距离隔开。最后,图3D的图像是在由荧光光源390生成的图像穿过荧光微球体380和制造的透镜240以后,由成像传感器310生成的图像。

[0034] 由LCD 360生成的、在图像371、374、378和382中示出的每个捕获的RGB(红、绿或蓝)像素大约 $100\mu\text{m}$ 宽。如图像371、374、378和382所示,基于由图像传感器310分辨的放大的LCD像素,透镜250与其他透镜220、230和240相比具有最大的放大率。与预期的薄透镜近似,制造的透镜(例如透镜220到250)的曲率半径的减少导致焦距成比例降低,引起透镜(例,透镜220到250)的放大率和分辨能力的增长(例如,增大的数值孔径)。因此,高度弯曲的PDMS透镜具有较高的光学放大率和成像分辨率。

[0035] 图像372、376、379和384示出了由成像传感器310放大的和处理的、具有每格 $10\mu\text{m}$ 的不透明微米标线370的显微镜校准载玻片。与图像371、374、378和382类似,这些图像示出了基于由成像传感器310处理的不透明微米标线370的放大的图像,透镜250与其他透镜220、230和240相比具有最高的放大率和最大的分辨能力。

[0036] 在另一实验中, $1\mu\text{m}$ 荧光微球用作点分布函数(PSF)以测量由透镜240提供的图像分辨率。图3D示出了由图像传感器310处理的横截面光强度图形和二维光强度图像。上述横截面光强度图形和二维光强度图像是来自由荧光光源390照亮的 $1\mu\text{m}$ 荧光微球在穿过制造的透镜240之后,落到成像传感器310上的图像。如图3D的图像所示,基于由艾里斑的半最大值全宽度(FWHM)限定的曲线拟合值和PSF,透镜240能够分辨具有 $2.5\text{FWHM}$ 的图像。

[0037] 透镜制造方法100的优势是制造方法的简易性和再现性。透镜制造方法100还可最小化现有透镜制造方法中由于使用的模具不对称或变形而通常存在的缺点。此外,使用方法100制作的透镜可以通过增加PDMS层成型以实现 $10\text{mm}$ 到 $5\text{mm}$ 的焦距(即,分别为透镜220到250),导致显著不同的光学放大率。不同放大率的透镜可以被用于不同目的,例如成像和校准。

[0038] 图3C中示出的透镜220和230在成像应用中尤其有用,而透镜240和250在光校准应用中有用。通常,利用沉积在PDMS支承层211上的三个或更多层另外的PDMS溶液210制造的透镜更适用于校准,这是由于这种透镜具有更短焦距。

[0039] 图4A示出了共焦光学测量设置以确定透镜240能够校准/重定向从单个发光二极管(LED)430发出的光。连接到光探测器(未示出)的光纤434被用于测量由具有和不具有透镜240的LED 430发出的二维光强分布,以分别生成图4B和4C中示出的图像。图4B示出了沿垂直轴光强不同的光(由没有附加透镜240的LED 430生成)。相反,图4示出了在穿过透镜240之后由LED 430生成的光沿垂直轴具有几乎均匀的照明。

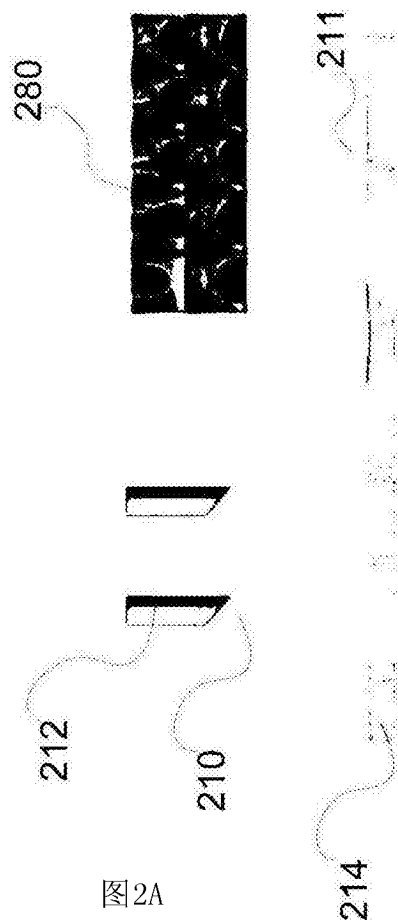
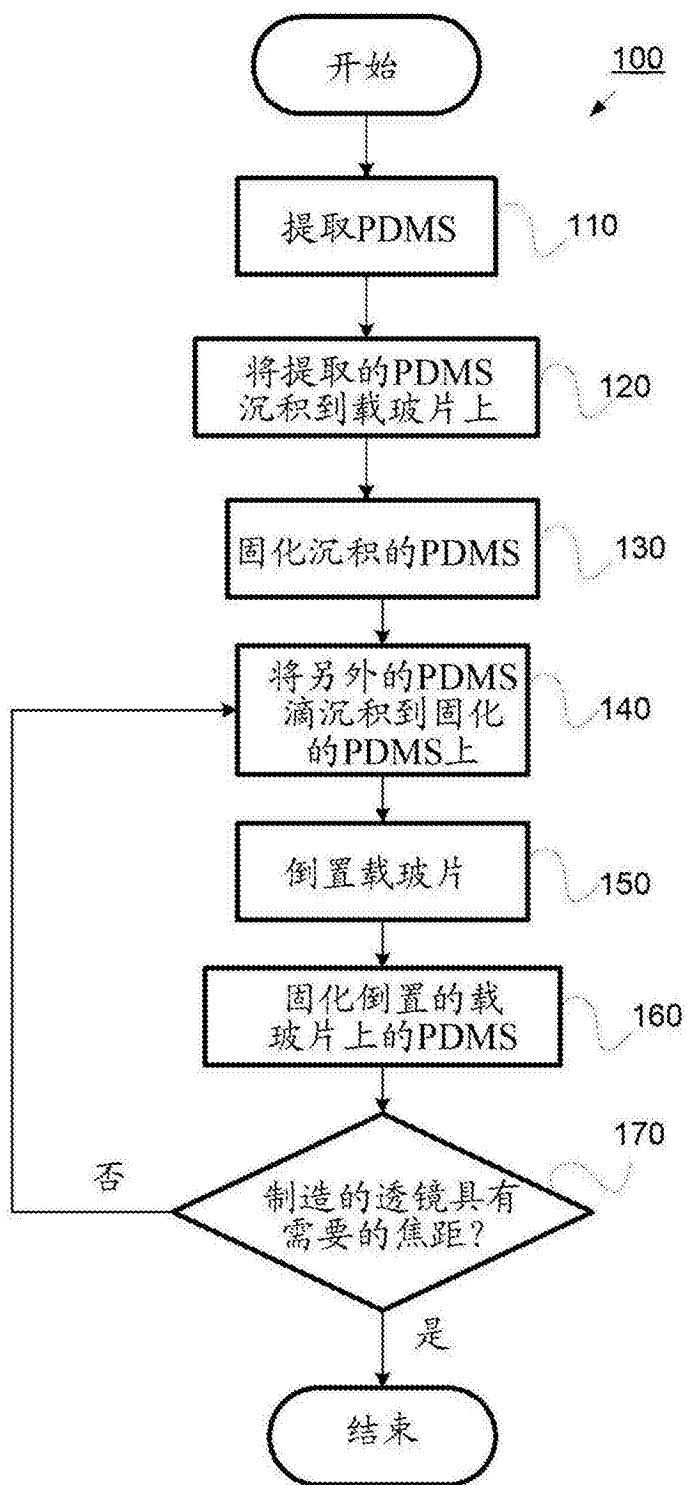
[0040] 工业实用性

[0041] 所述的布置适用于透镜制造工业。

[0042] 上文仅描述了本发明的一些实施方式,并且能够在不脱离本发明的精神和范围的

情况下对其做出改进和/或变化,实施方式为说明性的而不是限制性的。

[0043] 在该说明书的上下文中,词“包括”是指“主要包括但未必仅包括”或者“具有”或者“包含”,并且不是“仅由...组成”。词“包括(comprising)”的变型,如“包括(comprise)”和“包括(comprises)”相应地具有变化的含义。



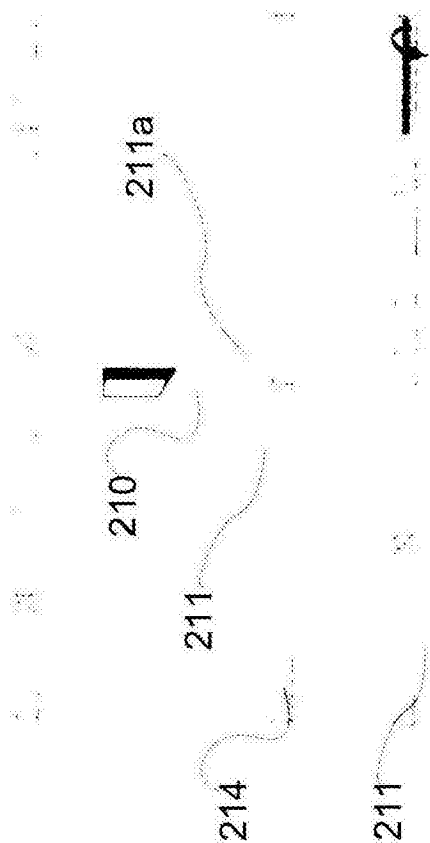


图2C

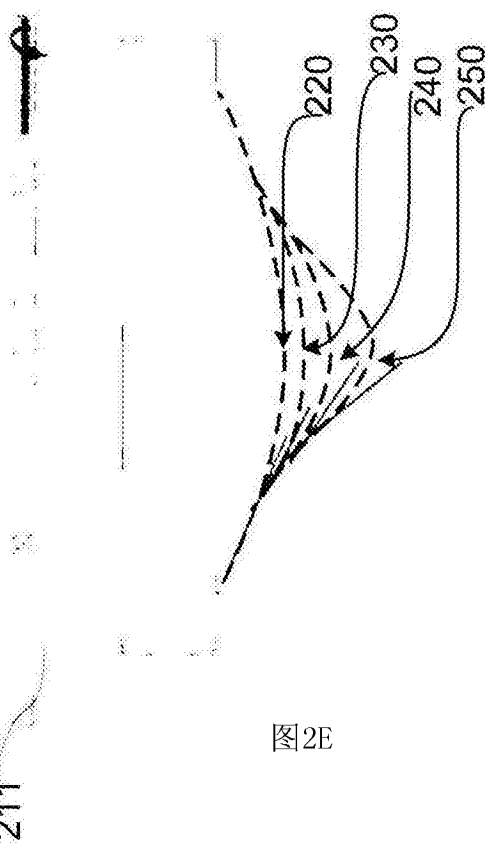


图2D

图2E

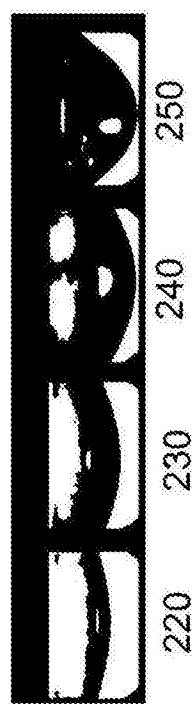


图2F

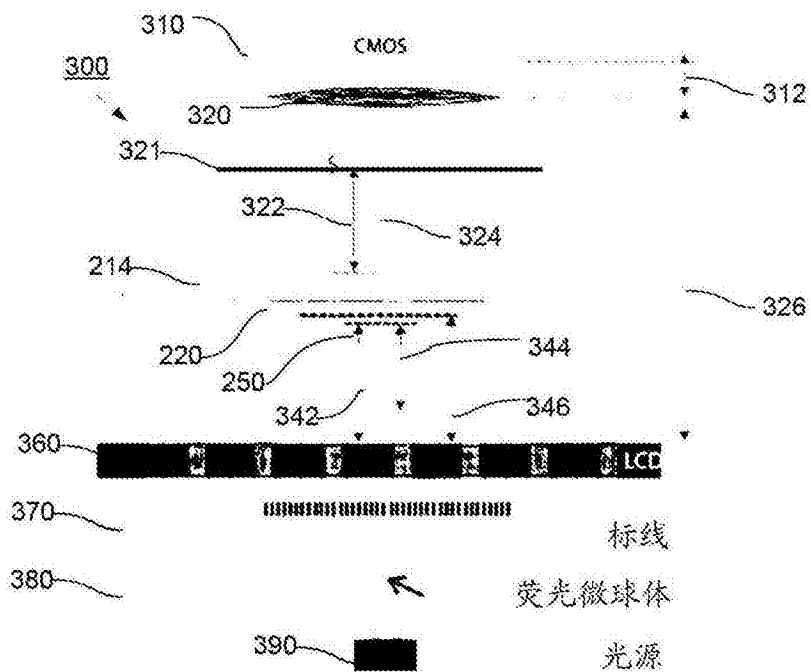


图3A

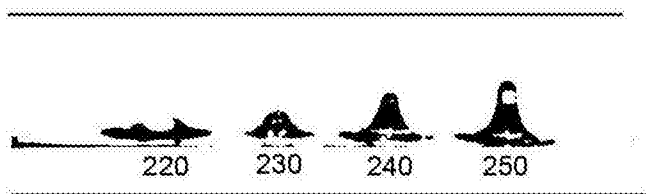


图3B

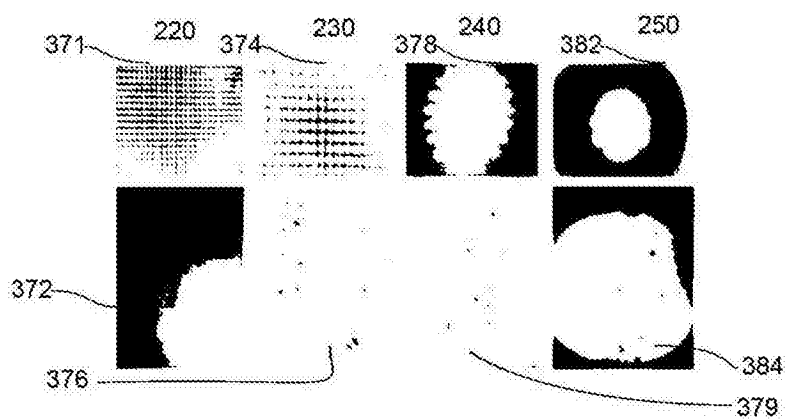


图3C



图3D

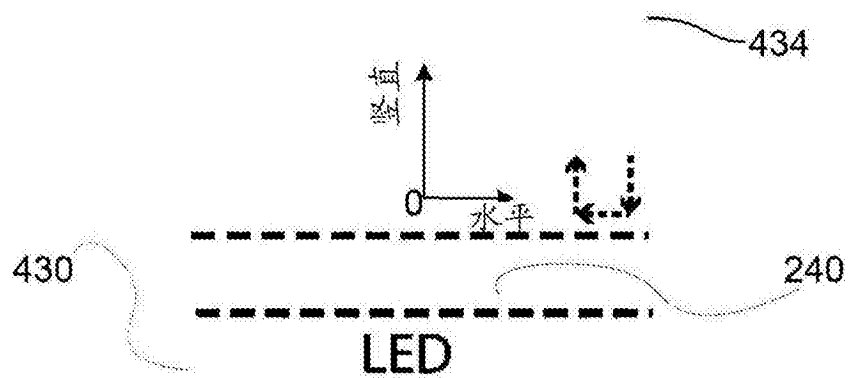


图4A

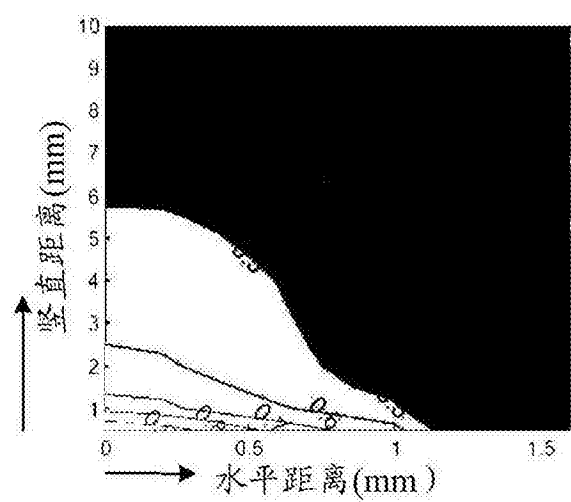


图4B

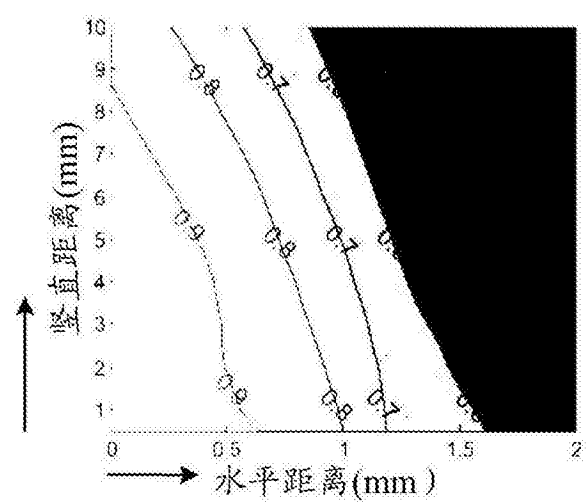


图4C