



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101842722 A

(43) 申请公布日 2010. 09. 22

(21) 申请号 200880114547. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 10. 29

G02B 3/14 (2006. 01)

(30) 优先权数据

11/978, 302 2007. 10. 29 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 04. 29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/012263 2008. 10. 29

(87) PCT申请的公布数据

W02009/058294 EN 2009. 05. 07

(71) 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·S·萨瑟兰

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 李玲

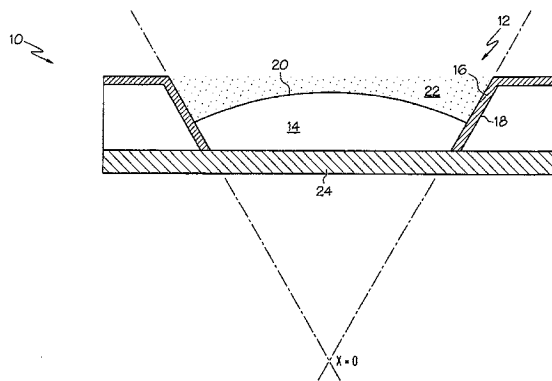
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

流体透镜横向移动

(57) 摘要

根据本发明的一个实施方式,提供了一种用于构建流体透镜的方法。该方法包括建立一种广义侧壁轮廓函数并且将这种广义侧壁轮廓函数转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数。之后,该方法包括:通过在已建立的斜率平坦性度量 ϵ 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,来确定在沿 x 轴的位置范围上透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度。接下来评估透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,以标识经优化的侧壁轮廓。然后,通过形成流体透镜贮存器,构建出流体透镜,该贮存器具有至少一个包括经优化的侧壁轮廓的侧壁。



1. 一种用于构建包括流体透镜贮存器的流体透镜的方法,所述流体透镜贮存器是至少部分地由一个或多个侧壁定义的,所述方法包括:

建立广义侧壁轮廓函数;

将所述广义侧壁轮廓函数转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数,其中,每个透镜侧壁接触角函数是由透镜侧壁接触角与沿 x 轴的目标透镜流体横向移动之间的运算线性度来表征的;

通过在已建立的斜率平坦性度量 ϵ 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,确定在沿 x 轴的位置范围上透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度;

评估透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,以标识经优化的侧壁轮廓;以及

通过形成流体透镜贮存器,构建出流体透镜,所述流体透镜贮存器具有至少一个包括经优化的侧壁轮廓的侧壁。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

所述广义侧壁轮廓函数可以被表达为:

$$f(x) = C_0 + C_1|x| + C_2|x|^2 + C_3|x|^3 + \dots + C_n|x|^n; \text{ 并且}$$

通过改变 C_0, C_1, C_2, C_3, C_n 或其组合,将所述广义侧壁轮廓函数转换成多个透镜侧壁接触角函数。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,

通过设置 $C_0 = 0$,将所述广义侧壁轮廓函数转换成多个透镜侧壁接触角函数。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

通过计算下列方程,来评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性:

$$\left| \frac{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=x_L}}{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0}} \right| \leq \epsilon \text{ 和 } \left| \frac{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=-x_L}}{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0}} \right| \leq \epsilon$$

其中:

$d\theta_{Right}$ 是指待评估的透镜侧壁接触角函数的导数,并且

x_L 是指待评估的透镜侧壁接触角函数的运算线性度。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度被确定,其中沿 x 轴的位置范围包括 $x = 0$ 的位置。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度被确定,其中沿 x 轴的位置范围排除 $x = 0$ 的位置。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,

透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度被确定,其中沿 x 轴的位置范围包括 $x > 0$ 或 $x < 0$ 的位置。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度被确定,其中沿 x 轴的位置范围包括 $x > 0$ 和 $x < 0$ 的位置。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

斜率平坦性度量 ε 定义在评估透镜侧壁接触角函数的导数一致性时可允许的非一致性的范围。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,

斜率平坦性度量 ε 大约是 $\pm 5\%$ 。

11. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,

斜率平坦性度量 ε 是流体透镜的应用的要求的函数。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

所述流体透镜包括:至少部分地保持在流体透镜贮存器之内的电响应透镜流体;以及一个或多个控制电极。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,

所述控制电极被设置成:沿着包括经优化的侧壁轮廓的流体透镜贮存器的侧壁而放置,或者大致平行于包括经优化的侧壁轮廓的流体透镜贮存器的侧壁而延伸。

14. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,

所述流体透镜被配置成使得透镜流体的表面包括:

控制电极处于未加偏压状态时的大致圆柱形的轮廓;以及

控制电极被加上偏压以产生电场进而改变透镜流体的表面的曲率时的斜圆柱形的轮廓。

15. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,

流体透镜贮存器包括 V- 凹槽轮廓、双曲线轮廓、抛物线轮廓、环形轮廓、矩形轮廓、或其它线性和非线性轮廓、或者它们的组合。

16. 一种用于构建流体透镜的方法,所述流体透镜包括至少部分地由一个或多个侧壁定义的流体透镜贮存器、至少部分地保持在流体透镜贮存器之内的电响应透镜流体以及一个或多个控制电极,所述方法包括:

建立广义侧壁轮廓函数;

将所述广义侧壁轮廓函数转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数,其中,每个透镜侧壁接触角函数是由透镜侧壁接触角与沿 x 轴的目标透镜流体横向移动之间的运算线性度来表征的;

通过在已建立的斜率平坦性度量 ε 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,确定在沿 x 轴包括 $x = 0$ 的位置的位置范围上透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度;

评估透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,以标识经优化的侧壁轮廓;以及

通过形成具有包括经优化的侧壁轮廓的至少一个侧壁的流体透镜贮存器并沿着包括经优化的侧壁轮廓的流体透镜贮存器的侧壁放置控制电极,构建出流体透镜。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,

所述广义侧壁轮廓函数可以被表达为:

$$f(x) = C_0 + C_1|x| + C_2|x|^2 + C_3|x|^3 + \dots + C_n|x|^n; \text{ 并且}$$

通过改变 C_0, C_1, C_2, C_3, C_n 或其组合,将所述广义侧壁轮廓函数转换成多个透镜侧壁接

触角函数。

18. 如权利要求 16 所述的方法,其特征在于,
通过计算下列方程,来评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性:

$$\left| \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=x_L} \right| \leq \varepsilon \text{ 和 } \left| \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=-x_L} \right| \leq \varepsilon$$

其中:

$d\theta_{Right}$ 是指待评估的透镜侧壁接触角函数的导数,并且
 x_L 是指待评估的透镜侧壁接触角函数的运算线性度。

19. 一种用于构建包括流体透镜贮存器的流体透镜的方法,所述流体透镜贮存器是至少部分地由一个或多个侧壁定义的,所述方法包括:

建立广义侧壁轮廓函数;

将所述广义侧壁轮廓函数转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数,其中,每个透镜侧壁接触角函数是由下列各组之间的运算线性度来表征的:(i) 透镜侧壁接触角与沿 x 轴的目标透镜流体横向移动之间的运算线性度;(ii) 透镜侧壁接触角与侧壁电极电势之间的运算线性度;或(iii) 透镜侧壁接触角与透镜焦距之间的运算线性度;

通过在已建立的斜率平坦性度量 ε 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,确定在沿 x 轴的位置范围上透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度;

评估透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,以标识经优化的侧壁轮廓;以及

通过形成流体透镜贮存器,构建出流体透镜,所述流体透镜贮存器具有至少一个包括经优化的侧壁轮廓的侧壁。

流体透镜横向移动

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求 2007 年 10 月 29 日提交的题为“Fluid Lens Lateral Shifting”的美国专利申请 11/978,302 的优先权。

背景技术

[0003] 本发明的实施方式涉及用于构建流体透镜的方法,尤其涉及用于优化流体透镜的侧壁轮廓的方法。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个实施方式,提供了一种用于构建流体透镜的方法。该方法包括建立一种广义侧壁轮廓函数并且将这种广义侧壁轮廓函数转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数。每个透镜侧壁接触角函数是由透镜侧壁接触角与沿着 x 轴的目标透镜流体横向移动之间的运算线性度来表征的。之后,该方法包括:通过在已确定的斜率平坦性度量 ϵ 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,确定在沿 x 轴的位置范围上透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度。接下来评估透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,以标识经优化的侧壁轮廓。然后,通过形成流体透镜贮存器,构建出流体透镜,该贮存器具有至少一个侧壁,该侧壁具有经优化的侧壁轮廓。

[0005] 根据本发明的另一个实施方式,该方法包括:通过在已确定的斜率平坦性度量 ϵ 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,确定在沿 x 轴的位置范围(包括 $x = 0$ 的位置)上透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度。

[0006] 根据本发明的另一个实施方式,该方法包括:将这种广义侧壁轮廓函数转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数。每个透镜侧壁接触角函数是由下列各组之间的运算线性度来表征的:(i) 透镜侧壁接触角与沿着 x 轴的目标透镜流体横向移动之间的运算线性度;(ii) 透镜侧壁接触角与侧壁电极电势之间的运算线性度;或(iii) 透镜侧壁接触角与透镜焦距之间的运算线性度。

[0007] 本发明并不限于上文所提供的或本文所描述的其它特定实施方式。预期,通过对所揭示的实施方式作出各种修改和变动,可能得到额外的实施方式。这种修改和变动是允许的,且不背离说明书所描述的和权利要求书所限定的本发明的范围。

附图说明

[0008] 应该相信,结合附图根据下面的描述可以更佳地理解本发明的实施方式,其中:

[0009] 图 1 是流体透镜的横截面图;

[0010] 图 2 是用于描绘流体透镜中的透镜流体横向移动的图示;

[0011] 图 3 是用于描绘不同的侧壁导数对透镜侧壁接触角函数的影响的图示;

[0012] 图 4 是用于描绘运算线性度随侧壁轮廓参数的变化而变化的图示;

[0013] 图 5 是用于描绘透镜侧壁接触角和透镜流体横向移动位置之间的关系图示;

[0014] 图 6 是用于描绘流体透镜的图示 ; 以及

[0015] 图 7 是用于描绘在侧壁轮廓参数变化时透镜曲率半径对运算线性度的影响的图示。

[0016] 附图中阐明的实施方式是示例性的, 并不旨在限制由权利要求书定义的本发明。此外, 根据详细说明可以更完整清晰地理解附图和本发明的各个方面。

具体实施方式

[0017] 首先参照图 1, 流体透镜 10 一般包括流体透镜贮存器 12、电响应透镜流体 14 以及一个或多个控制电极 16。通常, 流体透镜贮存器 12 是至少部分地由一个或多个侧壁 18 来限定的, 而透镜流体 14 则至少部分地被保持在流体透镜贮存器 12 之内。同时, 控制电极 16 可以沿着流体透镜贮存器 12 的至少一个侧壁 18 设置, 或大致平行于该至少一个侧壁 18 而延伸。

[0018] 通常, 流体透镜贮存器 12 包括光学孔径或窗口 24, 用于允许光穿过其中所保持的透镜流体 14 而传播。可以用透镜流体 14 的表面 20 的形状来聚集并操纵穿过透镜 10 的光束。通过将电势施加到沿着贮存器 12 的侧壁 18 而设置的控制电极 16, 可以改变电响应透镜流体 14 的表面 20 的形状。通过独立地调节控制电极 16 的电势, 有可能使透镜流体 14 横向地移动, 由此改变透镜流体 14 的表面 20 的形状以及穿过透镜流体 14 投射的光束的焦点和 / 或方向。例如, 可以配置流体透镜 14 使透镜流体 14 的表面 20 包括大致圆柱的轮廓 (当控制电极 16 处于未加偏压状态时) 以及斜圆柱的轮廓 (当对控制电极 16 加上偏压以产生一电场来改变透镜流体 14 的表面 20 的曲率时)。为了描述本发明的实施方式, 根据透镜流体的最高点 (此处透镜流体表面的斜率等于零) 来标识透镜流体横向位置。

[0019] 可以在透镜贮存器 12 之内设置一种补充的但截然不同的流体 22, 以帮助使透镜流体 14 稳定且恰当地控制。例如, 并非限定, 在用电响应油作为透镜流体 14 时, 可以将水基流体 (aqueous-based fluid) 22 装入透镜 10 之内并且设置在透镜 10 的流体贮存器 12 中所保持的油之上。在美国专利 6, 538, 823、6, 778, 328 和 6, 936, 809 中清晰地示出了此类配置。上述专利中有助于理解流体透镜设计的一般概念以及使用电场改变流体透镜光学性质的方式的那些内容被引用在此作为参考。

[0020] 图 2 示出了通过调节电势使透镜流体移动的情况。图 2 描绘了流体透镜的横截面图, 该流体透镜包括 V- 凹槽流体透镜贮存器, 该贮存器具有限定的侧壁轮廓以及电响应透镜流体。在左边 y 轴 (单位是毫米) 上显示侧壁轮廓 SP, 作为 x 轴 (单位是毫米) 上的 x 位置的函数。参照左边的 y 轴和 x 轴, 也显示了 $x = 0.0\text{mm}$ 处的透镜表面 LS1 以及 $x = 0.2\text{mm}$ 处的透镜表面 LS2。此处, 给出透镜流体的透镜曲率半径 R 为 1.0mm , 给出透镜流体的横截面面积 A 为 1.0mm^2 。在沿 x 轴的两个 x 位置处, 呈现透镜流体 : 1) 其中 $x = 0.0\text{mm}$ (LS1) 且控制电极的电势是处于未加偏压状态 ; 以及 2) 其中 $x = 0.2\text{mm}$ (LS2) 且控制电极的电势是加偏压的, 从而使透镜流体沿着 x 轴横向地移动。由此, 对于 $x = +0.2\text{mm}$ 的横向位移, 图 2 示出了透镜流体的表面。图 2 也示出了曲率 CC 的透镜流体中心相对于 x 轴和左边 y 轴的位置, 该位置是沿着 x 轴的透镜流体移动的函数, 也是左边和右边透镜侧壁接触角 LCA 和 RCA (接触角是以沿右边 y 轴的度数给出的) 的函数。可能注意到, 对于对称的侧壁轮廓 (比如 V- 凹槽轮廓) 而言, 左边和右边透镜侧壁接触角是彼此镜像对称的, 这样, 可以表达

为 $\theta_{\text{Left}}(x) = \theta_{\text{Right}}(-x)$ 。因此,为了简化描述,只讨论了单个或右边透镜侧壁接触角及其有关的函数。此外,为了描述和定义本发明,注意到,“电响应的”流体可以是导电流体、导电性有限的极化流体 (poled fluid)、或任何可按本文所描述的方式物理地响应于所加电场的流体。控制电极可以较佳地包括可独立控制的电极以使操作多功能性达到最大。图 3 示出了当 V- 凹槽轮廓侧壁导数 (侧壁斜率“SS”) 从 $x = 0.2$ 变到 $x = 2.0$ 时右边透镜侧壁接触角是如何变化的,右边透镜侧壁接触角是以 y 轴上的度数给出的,且是 x 轴上的横向移动 (单位是毫米) 的函数。从图 3 中明显看到,与具有浅侧壁的 V- 凹槽轮廓相比,具有更陡侧壁的 V- 凹槽轮廓一般产生更大的右边透镜侧壁接触角的变化。根据特定流体透镜聚集和 / 或光束操纵应用的要求,一个 V- 凹槽贮存器轮廓与另一个轮廓相比,可以产生更合适的性能特征。例如,当需要大的透镜流体横向移动时,浅侧壁轮廓可能是较佳的,因为这种应用需要更小的透镜侧壁接触角控制范围。另一个示例是需要高分辨率横向透镜流体定位的示例,陡的侧壁轮廓可能是较佳的,以减小与给定的透镜侧壁接触角的受控变化相关联的透镜流体的横向移动量。

[0021] 因此,根据特定的流体透镜应用的要求,可能期望选择一种流体透镜贮存器,其轮廓最适合于在输入变量 (比如透镜侧壁接触角) 和输出变量 (比如透镜流体横向偏移位置) 之间获得线性关系。这样,为了恰当地适应各种流体透镜应用,流体透镜贮存器可以包括各种轮廓中的一个或多个,这包括但不限于 V- 凹槽轮廓、双曲线轮廓、抛物线轮廓、环形轮廓、矩形轮廓、或其它线性和非线性轮廓、或者它们的组合。

[0022] 本文所描述的侧壁轮廓优化方案有助于确保提供合适的贮存器轮廓,并且产生在透镜侧壁接触角和透镜流体横向偏移之间的线性响应。另外,通过消除由非线性响应所表征的轮廓一般所需要的查询表或其它专用电路或编程,本文所描述的侧壁轮廓优化方案可以允许简化外部控制电子设备。如本文中所使用的那样,与侧壁轮廓有关的术语“最佳的”、“经优化的”和“优化”并不要求标识和 / 或并入以及在流体透镜中应用完美的或甚至可能最佳的侧壁轮廓。而是,应该将与侧壁轮廓有关的术语“最佳的”、“经优化的”和“优化”简单地理解成意指一种具有至少某种运算线性度的侧壁轮廓。

[0023] 本发明的实施方式一般涉及构建包括经优化的侧壁轮廓的流体透镜的方法。根据构建流体透镜的一个方法,建立了一个广义侧壁轮廓函数。例如,可以将这种广义侧壁轮廓函数表达为:

$$[0024] \quad f(x) = C_0 + C_1|x| + C_2|x|^2 + C_3|x|^3 + \dots + C_n|x|^n$$

[0025] 接下来可以将这种广义侧壁轮廓函数 $f(x)$ 转换成由侧壁轮廓参数的不同组合定义的多个透镜侧壁接触角函数 $f(x_1), f(x_2), \dots$ 。更具体地讲,通过改变系数 C_0, C_1, C_2, C_3, C_n , 可以将这种广义侧壁轮廓函数 $f(x)$ 转换成多个透镜侧壁接触角函数 $f(x_1), f(x_2), \dots$ 。另外,通过设置 $C_0 = 0$, 可以将这种广义侧壁轮廓函数 $f(x)$ 转换成多个透镜侧壁接触角函数 $f(x_1), f(x_2), \dots$, 因为 C_0 用作为恒定的偏移项,且通常对透镜侧壁接触角没有影响。

[0026] 从上述广义侧壁轮廓函数 $f(x)$ 中推出的每个透镜侧壁接触角函数 $f(x_1), f(x_2), \dots$ 都将由透镜侧壁接触角和沿 x 轴的目标透镜流体横向移动之间的给定的运算线性度来表征。根据该方法,通过在已确定的斜率平坦性度量 ϵ 之内评估每个透镜侧壁接触角函数的导数一致性,在沿 x 轴的位置范围上对每个透镜侧壁接触角函数确定运算线性度。

[0027] 特别是,可以通过使用下面的方程来评估导数一致性:

$$[0028] \quad \left| \frac{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=x_L}}{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0}} \right| \leq \varepsilon \text{ 和 } \left| \frac{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0} - \frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=-x_L}}{\frac{d\theta_{Right}}{dx} \Big|_{x=0}} \right| \leq \varepsilon$$

[0029] 在这些方程中, $d\theta_{Right}$ 是指待评估的右边透镜侧壁接触角函数的导数,而 x_L 是指待评估的透镜侧壁接触角函数的运算线性度。斜率平坦性度量 ε 可以定义在评估透镜侧壁接触角函数的导数一致性时非一致性的可允许的范围。一般是在任何相对小的值处建立斜率平坦性度量 ε 。例如,根据一个实施方式,斜率平坦性度量 ε 大约是 $\pm 5\%$ 。然而,因为斜率平坦性度量 ε 是流体透镜的应用要求的函数,所以可以预期,根据特定的流体透镜应用的要求,可以在任何其它值处建立斜率平坦性度量 ε 。

[0030] 在已确定透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度之后,该方法还包括评估这些运算线性度以识别经优化的侧壁轮廓。一般但非必然,识别经优化的侧壁轮廓为这样一种,即将所述侧壁轮廓配置成针对特定的流体透镜应用产生期望的性能特征。这通常是包括最大运算线性度的侧壁轮廓,从而提供在透镜侧壁接触角和透镜流体横向移动之间最宽的线性关系。

[0031] 一旦识别了用于特定流体透镜应用的经优化的侧壁轮廓,则该方法包括:通过形成具有至少一个侧壁(包括经优化的侧壁轮廓)的流体透镜贮存器,来构建流体透镜。由此,构建了这样一种流体透镜,即将所述流体透镜配置成在透镜侧壁接触角和透镜流体横向移动之间产生线性关系,并且产生特定流体透镜应用的期望的性能特征。

[0032] 根据一个实施方式,确定透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,其中沿 x 轴的位置范围包括 $x = 0$ 的位置。然而,根据另一个实施方式,确定各个运算线性度,其中沿 x 轴的位置范围排除了 $x = 0$ 的位置。另外,确定透镜侧壁接触角函数的各个运算线性度,其中沿 x 轴的位置范围包括 $x > 0$ 或 $x < 0$ 的位置。

[0033] 进一步参照图 4-6,可以证明所描述的侧壁轮廓优化过程。图 4 示出了以探索运算线性度 x_L 为目标而执行的仿真。更具体地讲,这些仿真的目标是探索侧壁轮廓参数 C_2 和 C_3 的值的范围,同时保持 $C_1 = 0$,因为透镜侧壁接触角函数的导数仅随着 C_1 值增大而增大;这些仿真的目标还有评估右边透镜侧壁接触角函数运算线性度 x_L 。同样,此处,透镜曲率半径 R 被设为等于 1.0mm ,且横截面面积 A 等于 1.0mm^2 。另外,斜率平坦性度量 ε 等于 $\pm 5\%$ 。

[0034] 图 4 示出了对于 C_2 和 C_3 的某些值而言右边透镜侧壁接触角函数导数在 $x = 0$ 处达到了零。此外,图 4 示出了对于在 $C_2 = 0.8, C_3 = 0$ 和 $C_2 = 0, C_3 = 1.5$ 之间形成线条的 C_2 和 C_3 值的范围而言运算线性度是最大的($x_L = 0.20\text{mm}$)。运算线性度中偶尔可见的不规则性是因仿真期间所引入的小横截面面积离散化误差的影响而导致的。应该很明显,这些误差不会使作为 C_2 和 C_3 的函数的运算线性度 x_L 的一般趋势变模糊。

[0035] 图 5 示出了作为图 4 所示仿真的横向移动(在 x 轴上且单位是毫米)的函数的右边透镜侧壁接触角导数(在 y 轴上且单位是度/毫米),以证实右边透镜侧壁接触角函数在 $x = 0$ 附近是零。更具体地讲,在图 5 中,针对数 C_1, C_2, C_3 侧壁轮廓(其中线性度 $x_L = 0.20\text{mm}$),画出了右边透镜侧壁接触角函数导数(如图 4 中菱形所示)。这些图示出了透镜

侧壁接触角导数的相对平坦性,这意味着在右边透镜侧壁接触角和目标透镜流体横向移动位置 x 之间存在线性关系。尽管图 5 中的每条曲线基本上是平坦的,但是 $x = 0$ 处的导数的值改变了超过 40%。这种导数变化为流体透镜的设计者提供了在选择侧壁轮廓方面的额外的自由度,因为如上面的 V- 凹槽轮廓所示,可以调节该导数以优化最大流体透镜调谐范围和 / 或横向放置准确度。

[0036] 此外,图 6 示出了在轴如同图 2 中那样的情况下右边透镜侧壁接触角和目标透镜流体横向移动位置 x 之间的线性关系。更具体地讲,图 6 绘出了用于选定的轮廓 (其中 $f(x)$ ($C_1 = 0$ 、 $C_2 = 0.8$ 和 $C_3 = 0.2$)) 的侧壁轮廓 (SP) 以及左边和右边透镜侧壁接触角 (LCA 和 RCA)。将左边和右边透镜侧壁接触角均绘制成是透镜流体横向位移的函数, x 轴上的单位是毫米。此处,同样,将透镜流体的曲率半径 R 设置成等于 1.0mm ,将透镜流体的横截面积 A 设置成等于 1.0mm^2 。

[0037] 图 7 示出了为了探索透镜曲率半径 R 的变化对最佳侧壁轮廓和运算线性度的影响而执行的仿真,同时假定了横截面积 A 保持恒定。这种透镜曲率半径 R 的变化可能对如下流体透镜应用是重要的:其中在焦点和透镜流体横向移动值的范围上均需要光束聚集和透镜流体横向移动。更具体地讲,图 7 示出了当调节侧壁轮廓参数 C_2 和 C_3 且 $C_1 = 0$ 且横截面积 $A = 1.0\text{mm}^2$ 时透镜曲率半径 R 的三个不同值的运算线性度 x_L 。这些仿真揭示了当曲率半径 R 增大时,运算线性度也增大 (从 $R = 0.75\text{mm}$ 时的 $x_L = 0.1\text{mm}$ 增大到 $R = 1.25\text{mm}$ 时的 $x_L = 0.3\text{mm}$)。这些结果显示了,如果更大的运算线性度是期望的,则可能需要具有更大曲率半径 (比如更长的焦距) 的透镜流体。

[0038] C_2 和 C_3 值的定义域的大小 (其中针对给定的曲率半径 R 值,获得运算线性度) 也随着 R 增大而增大。此外,图 7 的内容揭示了有限的一组 C_2 和 C_3 值,其中运算线性度是最大的,不管所选的透镜曲率半径 R 值是多少。这在图 7 中 $R = 0.75\text{mm}$ 到 $R = 1.25\text{mm}$ 的范围内得到证明。可以执行额外的仿真,以探索涉及更高阶项的侧壁轮廓 $f(x)$ 的优化。图 7 指示了如果将侧壁轮廓 $f(x)$ 阶数限制到 $n = 2$,则在 $x = 0$ 附近线性透镜侧壁接触角函数的期望轮廓将是 $C_1 = 0$ 、 $C_2 = 0.8$ 。

[0039] 除了在透镜侧壁接触角和透镜流体横向移动位置之间产生线性关系以外,也可以用根据本发明的侧壁轮廓优化来补偿流体透镜中可能存在的其它非线性来源。例如,在施加到电响应透镜流体的控制电极电势与所得的透镜侧壁接触角之间,可能存在非线性传递函数。另一个示例是在透镜侧壁接触角和透镜焦距之间可能存在非线性传递函数的示例,这可能是通过透镜曲率半径 R 的变化而实现的。

[0040] 这种补偿方案的使用通过将所有非线性响应复杂性重新引导至用于构建包括本文所描述的最佳侧壁的流体透镜的方法中,就可以简化流体透镜。此外,通过标准的大规模生产制造技术就可以很容易地且准确地构造非线性侧壁轮廓,比如但不限于,侧壁轮廓的注入成型、冲压、压纹、蚀刻、或它们的组合。

[0041] 注意到,在本文中,以特定方式“配置”本发明的部件,或以特定方式“配置”而实施特定性质或功能等引述都是结构性的引述,而非关于预定用途的引述。更具体地讲,本文所引述的对组件进行“配置”的方式是指该组件的现有的物理条件,并且被视为该组件的结构性特征的明确引述。

[0042] 注意到,在本文中,像“较佳地”、“共同地”和“典型地”等术语并不旨在限制本发

明的范围或暗指某些特征对于本发明的结构和功能而言是关键性的、必不可少的或很重要的。相反,这些术语仅仅旨在标识本发明实施方式的特定方面,或强调本发明特定实施方式中可能使用或不使用的备选或额外的特征。

[0043] 为了描述并限定本发明,注意到,本文用“基本上”、“大约”等术语来表示任何定量比较、值、测量、或其它表示的固有的不确定性。本文还用“基本上”、“大约”等术语来表示某一定量表示在不导致所讨论主题的基本功能产生变化的情况下可能与所陈述的参考值有偏离的程度。

[0044] 上文已详细描述了本发明并且参照了具体的实施方式,很明显,在不背离权利要求书所限定的本发明的范围的情况下各种修改和变更都是可能的。更具体地讲,尽管本发明的一些方面可以被标识为较佳的、特别有优势的或期望的,但是可以预期,本发明并不必然限定于本发明的这些较佳方面。

[0045] 注意到,下列一个或多个权利要求使用了术语“其中”作为过渡短语。为了限定本发明,注意到,该术语是作为一种广泛的过渡短语(用该过渡短语来引入一系列结构特征的引述)而被引入权利要求中的,并且应该以与更常使用的广泛的术语“包括”相同的方式来进行解释。

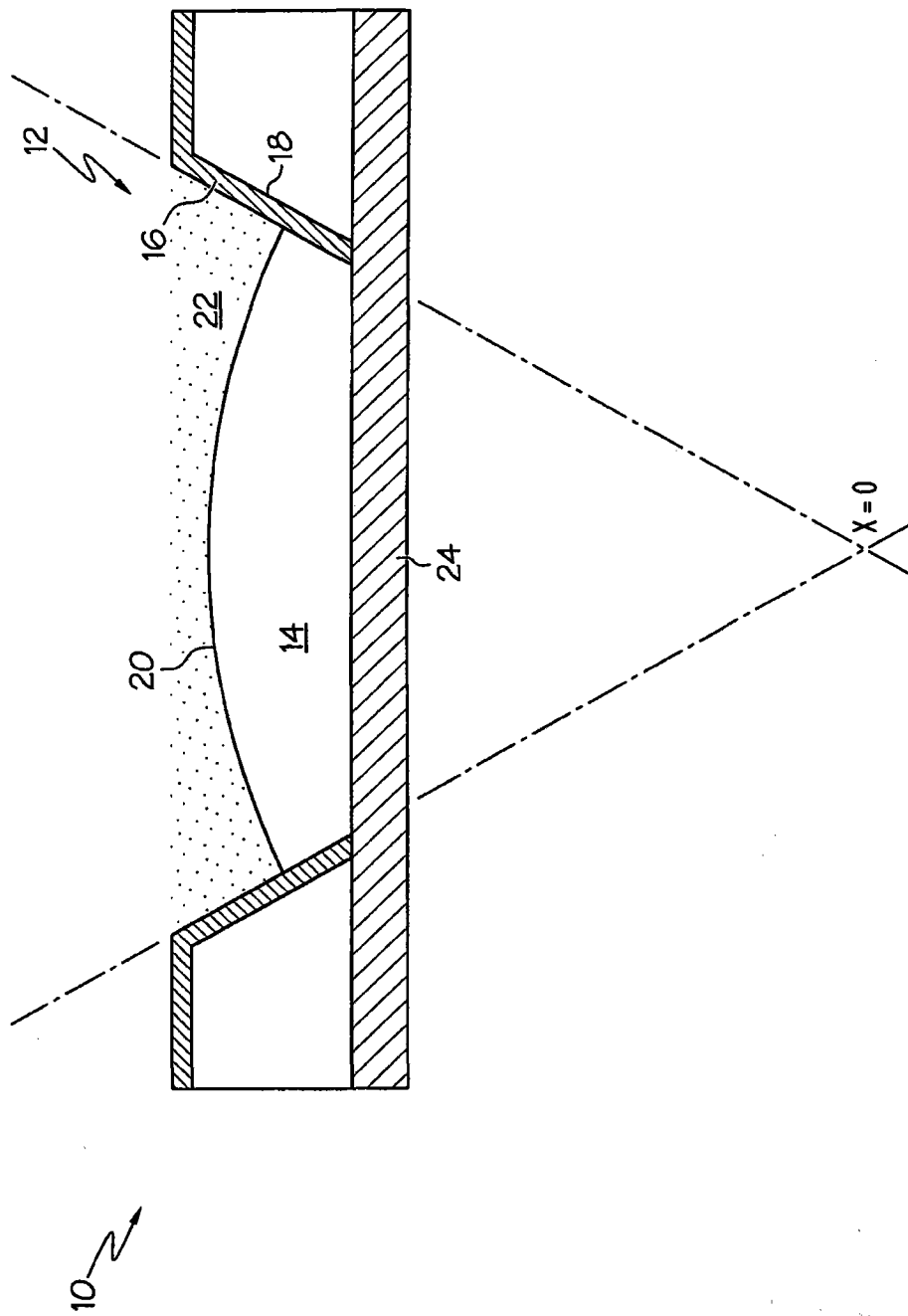


图 1

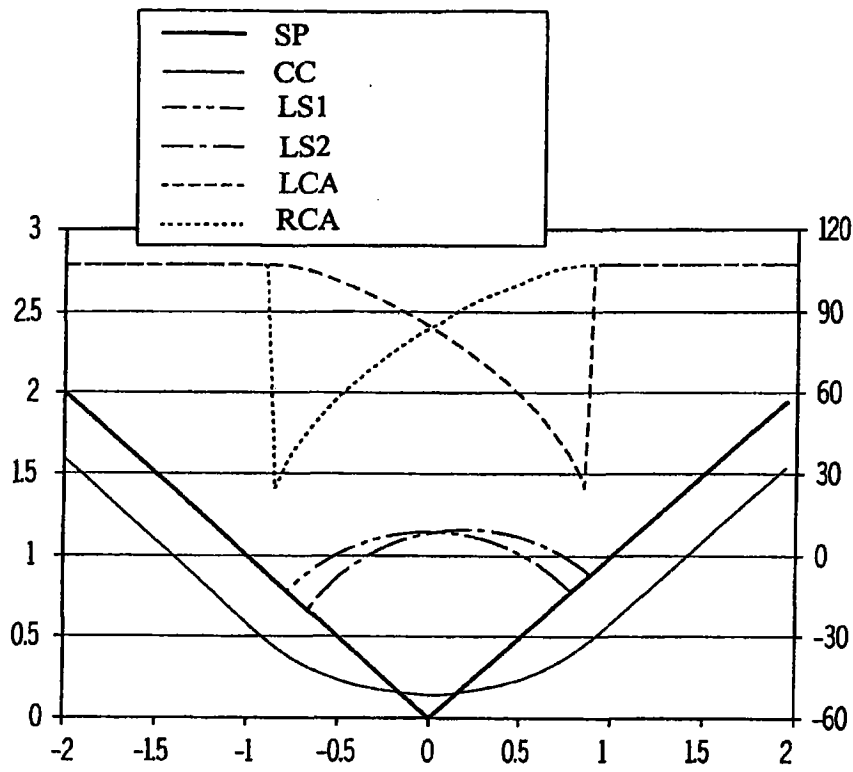


图 2

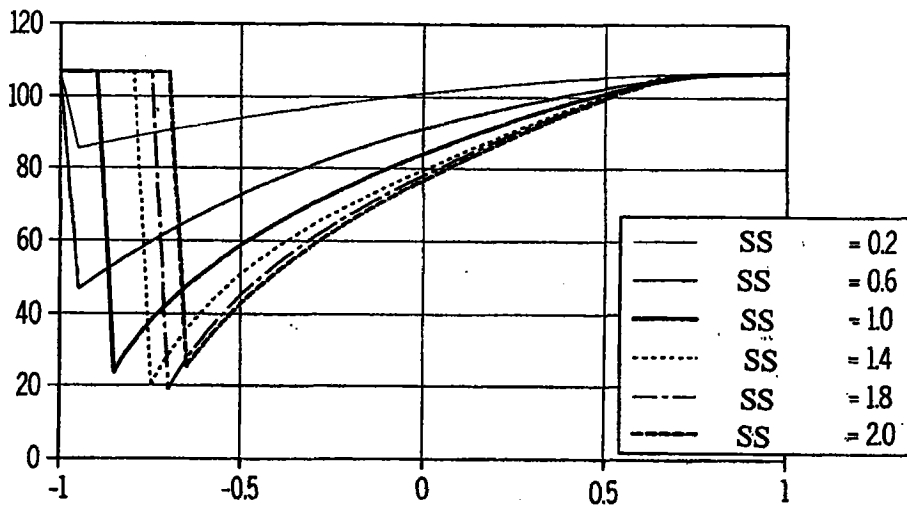


图 3

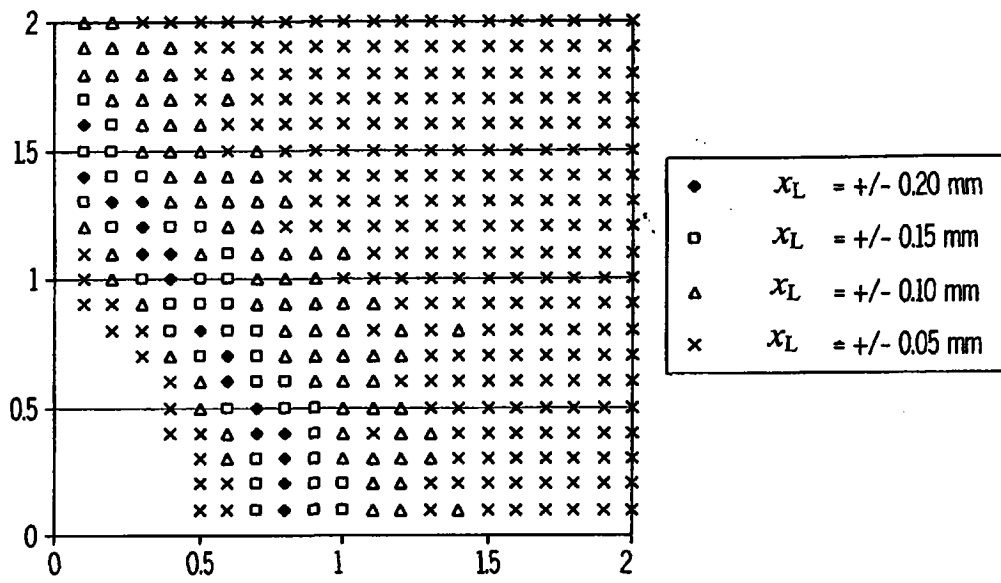


图 4

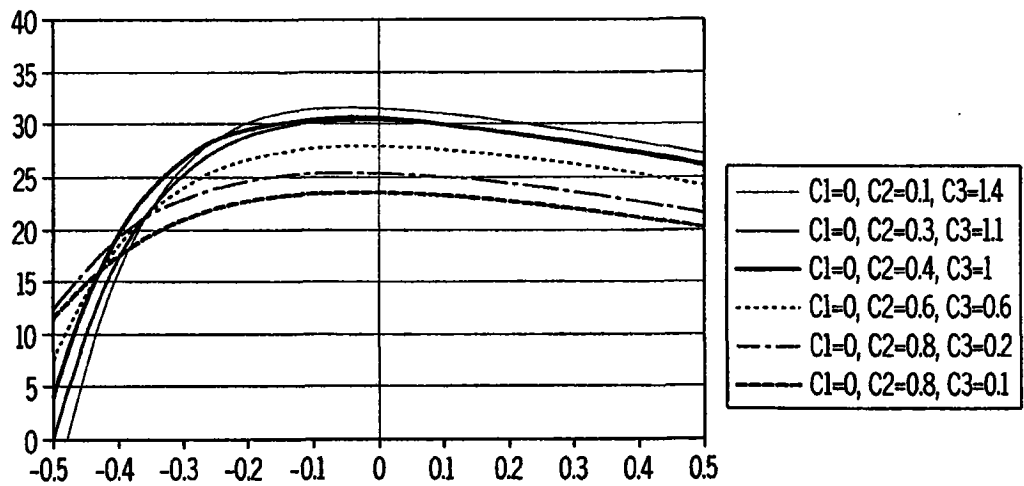


图 5

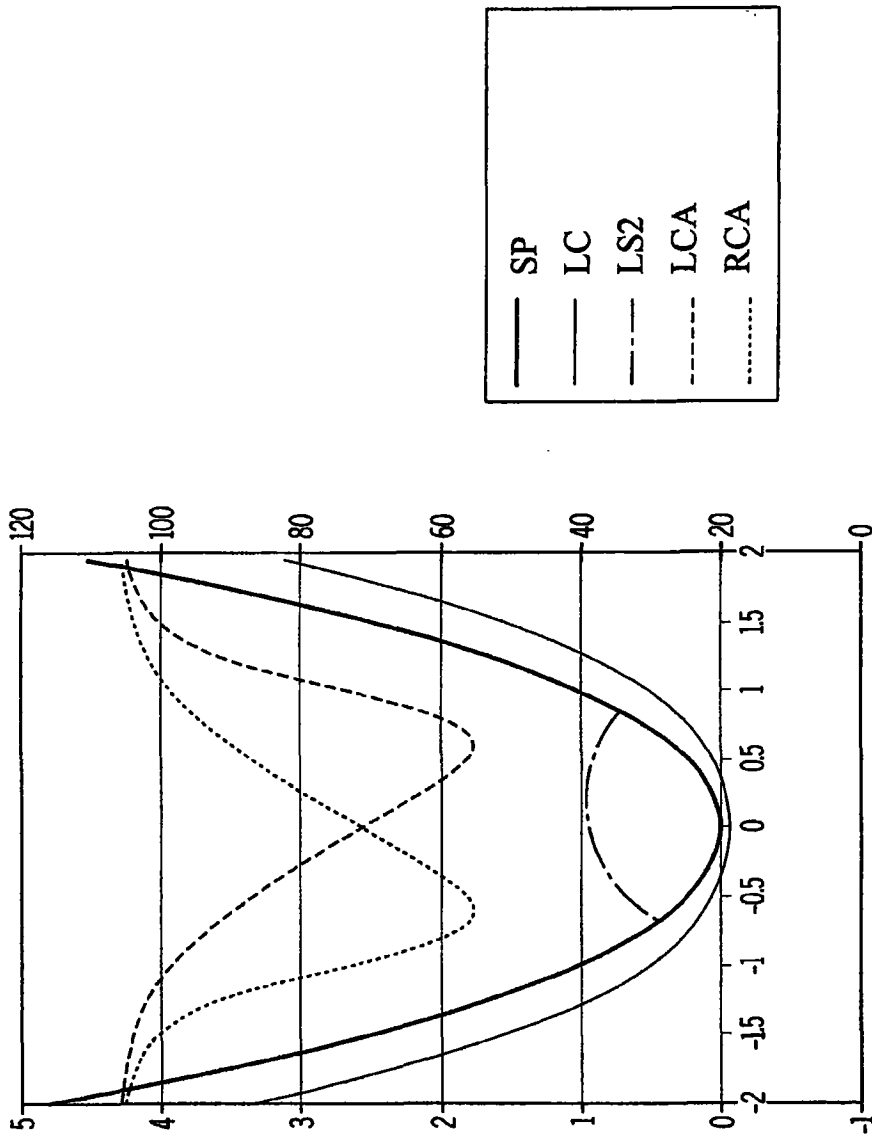


图 6

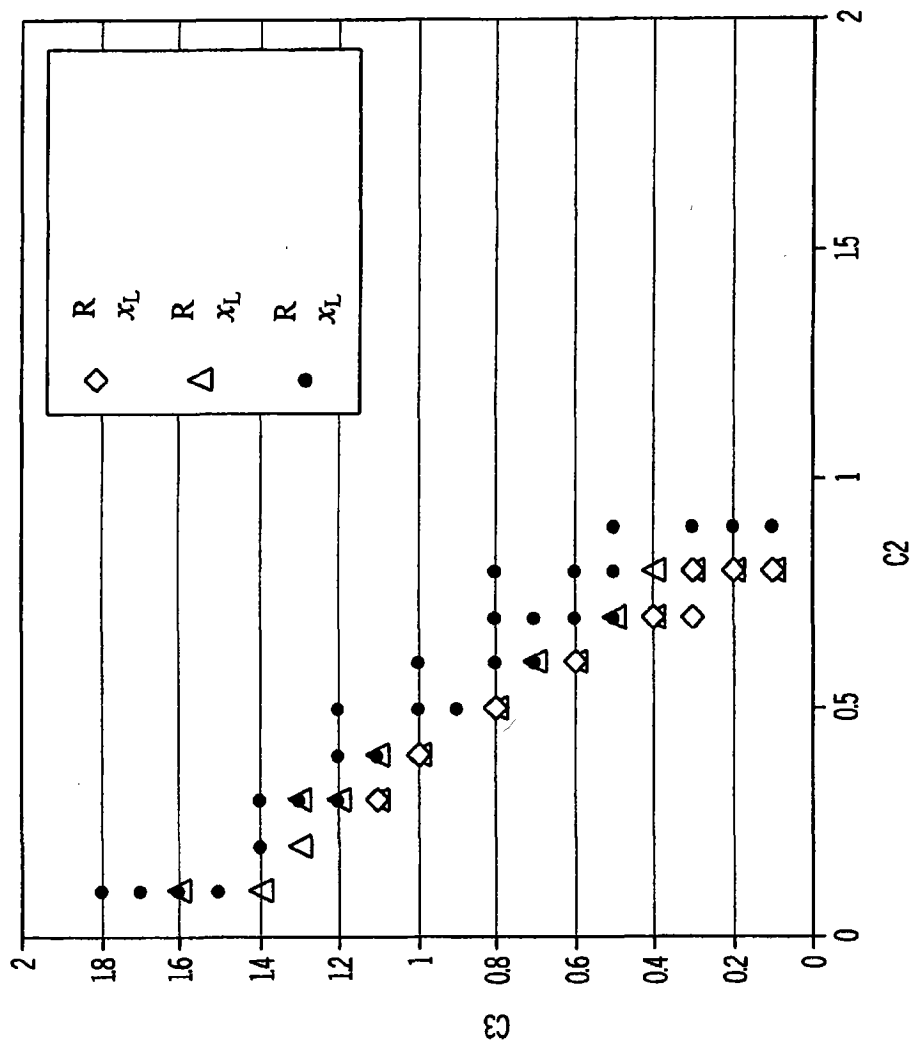


图 7