

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103124920 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 29

(21) 申请号 201180046601. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 09. 27

G02B 26/02 (2006. 01)

(30) 优先权数据

G02C 7/04 (2006. 01)

61/386966 2010. 09. 27 US

G02B 3/14 (2006. 01)

13/245953 2011. 09. 27 US

G02C 7/08 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 03. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/053398 2011. 09. 27

(87) PCT申请的公布数据

W02012/044598 EN 2012. 04. 05

(71) 申请人 庄臣及庄臣视力保护公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 R. B. 普格 D. B. 奥特斯 A. 托纳

E. R. 科尼克 J. D. 里亚尔

S. 斯努克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 徐予红 刘春元

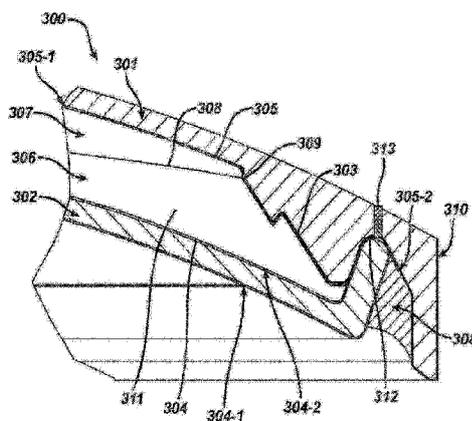
权利要求书2页 说明书11页 附图10页

(54) 发明名称

包括梯度厚度电介质涂层的液体弯月形透镜

(57) 摘要

本发明一般涉及具有弯月壁的弓形液体弯月形透镜。一些具体的实施例包括具有基本上为锥形截头形状的弯月壁的液体弯月形透镜,其具有梯度厚度电介质的部分。其它实施例可包括圆柱形弯月壁。实施例还可包括适于包含在角膜接触镜片中的尺寸和形状的透镜。



1. 一种光学透镜,包括:
前透镜,所述前透镜包括前透镜外表面和前透镜内表面;
后透镜,所述后透镜包括后透镜内表面和后透镜外表面,所述后透镜紧邻所述前透镜定位,使得在所述前透镜内表面和所述后透镜内表面之间形成腔体;
一定体积的盐溶液和油,所述盐溶液和油包含在形成于所述前透镜内表面和所述后透镜内表面之间的腔体内,在所述一定体积的盐溶液和油之间包括弯月面;以及
弯月壁,所述弯月壁包括具有第一电介质厚度的第一部分和具有第二电介质厚度的第二部分,其中所述第一电介质厚度大于所述第二电介质厚度,并且所述第一部分和所述第二部分中的每一个邻接形成于所述盐溶液和油之间的弯月面。
2. 根据权利要求 1 所述的光学透镜,其中所述前透镜和所述后透镜中的至少一者为基本上平坦的。
3. 根据权利要求 1 所述的光学透镜,其中所述前透镜和所述后透镜包括弓形透镜。
4. 根据权利要求 3 所述的光学透镜,还包括在所述弯月壁的至少一部分上的导电涂层。
5. 根据权利要求 4 所述的光学透镜,其中所述一定体积的油少于包含在所述腔体内的所述一定体积的盐溶液。
6. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中所述一定体积的油相比于一定量的盐溶液包含约 66 体积%或更多。
7. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中所述一定体积的油相比于一定量的盐溶液包含约 90 体积%或更少。
8. 根据权利要求 4 所述的光学透镜,其中所述一定体积的油包含的密度约等于所述盐溶液的密度。
9. 根据权利要求 4 所述的光学透镜,其中所述一定体积的油包含的密度在所述盐溶液密度的约 10%内。
10. 根据权利要求 4 所述的光学透镜,其中所述一定体积的油包含的密度在所述盐溶液密度的约 5%内。
11. 根据权利要求 4 所述的光学透镜,其中所述导电涂层从所述腔体内部的区域延伸至所述腔体外部的区域。
12. 根据权利要求 11 所述的光学透镜,其中所述腔体外部的导电涂层的所述区域形成用于向所述液体弯月形透镜提供电势的电端子。
13. 根据权利要求 11 所述的光学透镜,其中所述盐溶液和所述油形成弯月面,并且对所述腔体外部的导电涂层的所述区域施加电势致使所述弯月面沿着所述弯月壁的接触位置发生变化。
14. 根据权利要求 11 所述的光学透镜,其中所述电势包括直流。
15. 根据权利要求 11 所述的光学透镜,其中所述电势包含在约 5.0 伏特至 60.0 伏特之间。
16. 根据权利要求 15 所述的光学透镜,其中所述电势包含约 20.0 伏特。
17. 根据权利要求 15 所述的光学透镜,其中所述电势包含约 5.0 伏特。
18. 根据权利要求 11 所述的光学透镜,其中所述电势包含在约 3.5 伏特至约 7.5 伏特

之间。

19. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中所述前曲面透镜外表面包含不为约 0 的光焦度。

20. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中所述前曲面透镜内表面包含不为约 0 的光焦度。

21. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中所述后曲面透镜外表面包含不为约 0 的光焦度。

22. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中所述后曲面透镜内表面包含不为约 0 的光焦度。

23. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,还包括穿过所述前曲面透镜和所述后曲面透镜中的一者或两者的通道以及填充所述通道的导电材料。

24. 根据权利要求 23 所述的光学透镜,还包括与填充所述通道的所述导电材料电连通的端子。

25. 根据权利要求 24 所述的光学透镜,其中对所述端子施加电势致使所述弯月面的形状发生变化。

26. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,还包括沿着所述前曲面透镜的所述内表面的至少一部分的绝缘体涂层,其中所述绝缘体涂层包含电绝缘体。

27. 根据权利要求 26 所述的光学透镜,其中所述绝缘体包括 Parylene CTM 和 Teflon AF 中的一者。

28. 根据权利要求 26 所述的光学透镜,其中所述绝缘体包括边界区域,以保持所述导电涂层和盐溶液之间的分离,所述盐溶液包含在所述前曲面透镜和所述后曲面透镜之间的所述腔体中。

29. 根据权利要求 5 所述的光学透镜,其中包括所述弯月壁的锥形截头的角度包含在约 30° 和 50° 之间。

30. 根据权利要求 29 所述的光学透镜,还包括邻近所述弯月壁的弯月形锐缘,所述锐缘包括用于包含所述一定体积的盐溶液和油的角度结构。

31. 根据权利要求 30 所述的光学透镜,其中所述锐缘包括径向表面部分。

32. 根据权利要求 31 所述的光学透镜,其中所述径向表面部分包含在 5 微米至 25 微米范围内的半径。

包括梯度厚度电介质涂层的液体弯月形透镜

[0001] 相关专利申请

[0002] 本专利申请要求以下专利申请的优先权：名称为“LIQUID MENISCUSLENS INCLUDING GRADIENT THICKNESS DIELECTRIC COATING”(包括梯度厚度电介质涂层的液体弯月形透镜)并作为于2011年4月27日提交的并且名称为“ARCUATE LIQUID MENISCUS LENS”(弓形液体弯月形透镜)的美国非临时专利申请序列号13/095786的部分申请继续申请的美国临时专利申请序列号61/386966；以及作为部分申请继续申请的于2011年5月31日提交的并且名称为“LENS WITH CONICAL FRUSTUMMENISCUS WALL”(具有锥形截头弯月壁的透镜)的美国非临时性专利申请序列号13/149105,本发明以这两份专利申请每一份的内容为基础,它们以引用方式并入本文。

技术领域

[0003] 本发明一般涉及液体弯月形透镜,更具体地,其包括在弯月壁的部分上的具有梯度厚度电介质涂层的弓形液体弯月形透镜。

背景技术

[0004] 液体弯月形透镜已为各行业中所知。如下文结合图1A和1B更全面地讨论的,已知液体弯月形透镜被设计成圆柱形状,其具有由与直线轴相距固定距离的点形成的周边表面。已知的液体弯月形透镜的设计被限制为具有大致平行于第二内表面的第一内表面并且每个均垂直于柱轴。已知的液体弯月形透镜用途的例子包括诸如电子相机的装置。

[0005] 传统上,眼科装置(诸如角膜接触镜片和眼内透镜)包括生物相容性装置,其具有矫正、美容或治疗的性质。例如,角膜接触镜片可提供以下作用中的一种或多种:视力矫正功能性;美容增强作用;和治疗作用。每种功能由透镜的物理特性提供。将折射性质结合到透镜中的设计可提供视力矫正功能。结合到透镜中的颜料可提供美容增强作用。结合到透镜中的活性剂可提供治疗功能性。

[0006] 最近,已将电子元件结合到角膜接触镜片中。一些元件可包括半导体装置。然而,包括液体弯月形透镜的尺寸、形状和控制方面的物理限制使其难以应用于眼科镜片中。一般来讲,液体弯月形透镜的圆柱形状(有时也称为“冰球”形状)并不有利于可用于人眼环境中的物品形状。

[0007] 此外,曲面液体弯月形透镜包括的物理挑战不一定存在于具有平行侧壁和/或光学窗的传统液体弯月形透镜设计中。

发明内容

[0008] 因此,本发明提供了液体弯月形透镜。一些优选的实施例包括弓形前曲面透镜和弓形后曲面透镜。本发明提供了弯月壁,其具有的物理结构有利于以下中的一者或两者:对包含在透镜内的液体的吸引和排斥以及与另一种液体形成弯月面。

[0009] 根据本发明,第一光学件紧邻第二光学件,在两者之间形成有腔体。优选的实施例

包括紧邻第二弓形光学件的第一弓形光学件,在两者之间形成有腔体。所述腔体内容纳有盐溶液和油。对大致位于第一光学件和第二光学件中之一者或两者的周边区域中的弯月壁施加静电荷将改变形成于容纳在所述腔体内的盐溶液和油之间的弯月面的物理形状。

[0010] 本发明包括在弯月壁的部分上具有梯度厚度电介质涂层的液体弯月形透镜。在当前实施例中,弯月壁形成为基本上包括锥形截头的形状。

附图说明

[0011] 图 1A 示出了处于第一状态的圆柱形液体弯月形透镜的现有技术例子。

[0012] 图 1B 示出了处于第二状态的圆柱形液体弯月形透镜的现有技术例子。

[0013] 图 2 示出了根据本发明的一些实施例的示例性液体弯月形透镜的切面剖面轮廓。

[0014] 图 3 示出了根据本发明的一些实施例的示例性弓形液体弯月形透镜的一部分的横截面。

[0015] 图 4 示出了弓形液体弯月形透镜的附加示例性方面。

[0016] 图 5 示出了根据本发明的一些实施例的弓形液体弯月形透镜内的弯月壁元件。

[0017] 图 6 示出了根据本发明的一些实施例的具有梯度厚度电介质涂层的弯月壁的俯视截面图。

[0018] 图 7 示出了根据本发明的一些实施例的具有梯度厚度电介质涂层的弯月壁的俯视图,其显示出液体弯月面的位置。

[0019] 图 8 示出了根据本发明的一些实施例的示例性弓形液体弯月形透镜的一部分的透视图,其显示出液体弯月面在具有梯度厚度电介质涂层的弯月壁上的位置。

[0020] 图 9 示出了根据本发明的一些实施例的示例性弓形液体弯月形透镜的一部分的横截面,其显示出液体弯月面在弯月壁上的不同位置。

具体实施方式

[0021] 本发明提供了一种液体弯月形透镜,其具有限定液体弯月形透镜的弯月腔体的前曲面透镜和后曲面透镜中的至少一者。一些优选实施例包括具有弓形表面的前曲面透镜和后曲面透镜中的一者或两者。其它实施例包括相对平坦的前曲面透镜和后曲面透镜中的一者或两者,沿着弯月壁具有梯度厚度电介质涂层。

[0022] 术语

[0023] 在针对本发明的说明书和权利要求中,所使用的各个术语定义如下:

[0024] 接触角:油/盐溶液界面(也称为液体弯月边界)接触弯月壁的角度。就线性弯月壁而言,接触角为在液体弯月边界接触弯月壁时,在弯月壁和相切于液体弯月边界的线之间测量的角度。就曲面弯月壁而言,接触角为相切于弯月壁的线和液体弯月边界接触时,在两者之间测量的角度。

[0025] 透镜:如本文所用,透镜是指具有前表面和后表面的制品,其在光学上透射预定范围波长的辐射(以举例的方式,可见光)。透镜可包括基本上平坦的前表面和后表面中的一者或两者或者为弓形形状的前表面和后表面中的一者或两者。

[0026] 液体弯月边界:介于盐溶液和油之间的弓形表面界面。一般来讲,该表面将形成在一侧上为凹面而在另一侧上为凸面的透镜。

[0027] 弯月腔体：位于弓形液体弯月形透镜内、介于前曲面透镜和后曲面透镜之间的空间，其中容纳有油和盐溶液。

[0028] 弯月壁：前曲面透镜内部上的特定区域，使得其位于弯月腔体内，而液体弯月边界沿弯月腔体运动。

[0029] 光学区域：如本文所用，是指眼科镜片的佩戴者通过其观看的眼科镜片的区域。

[0030] 锐缘：前曲面透镜件或后曲面透镜件任一者的内表面的几何结构，其足以包含光学件上两种预定流体接触线的位置。锐缘通常为外角而非内角。以流体为基准点，其为大于 180 度的角度。

[0031] 现在参见图 1A，该图为描述现有技术透镜 100 的剖视图，其中油 101 和盐溶液 102 包含在圆柱体 110 内。圆柱体 110 包括两个光学材料板 106。每个板 106 包括基本上平坦的内表面 113-114。圆柱体 110 包括基本上旋转对称的内表面。在一些现有技术实施例中，一个或多个表面可包括疏水性涂层。电极 105 也包括在该圆柱体的周边上或围绕该圆柱体的周边。在紧邻电极 105 处也可使用电绝缘体。

[0032] 根据现有技术，内表面 113-114 中的每个为基本上平坦的或平面的。在盐溶液 102A 和油 101 之间限定界面表面 112A。如图 1A 所示，界面 112A 的形状与盐溶液 102A 和油 101 的折射率性质相结合，以接收穿过第一内表面 113 的入射光 108 并提供穿过第二内表面 114 的发散光 109。介于油 101 和盐溶液 102 之间的界面表面形状可因对电极 105 施加电势而发生改变。

[0033] 图 1A 示出了在 100 所示的现有技术透镜的透视图。

[0034] 现在参见图 1B，其示出了处于增能状态的现有技术透镜 100。通过在整个电极 115 上施加电压 114 完成增能状态。介于油 101 和盐溶液 102 之间的界面表面 112B 的形状因对电极 115 施加电势而发生改变。如图 1B 中所示出，穿过油 101 和盐溶液 102B 的入射光 108B 聚焦为会聚光图案 111。

[0035] 现在参见图 2，其为具有前曲面透镜 201 和后曲面透镜 202 的液体弯月形透镜 200 的剖视图。在各个实施例中，前曲面透镜 201 和后曲面透镜 202 可包括弓形透镜或基本上平坦的透镜。在一些优选实施例中，前曲面透镜 201 和后曲面透镜 202 彼此紧邻定位并在两者之间形成腔体 210。前曲面透镜 201 包括凹面弓形内透镜表面 203 和凸面弓形外透镜表面 204。凹面弓形内透镜表面 203 可具有一个或多个涂层（图 2 中未示出）。涂层可包含例如导电材料或电绝缘材料、疏水性材料或亲水性材料中的一种或多种。凹面弓形内透镜表面 203 和涂层的一者或两者与包含在腔体 210 内的油 208 形成液体连通和光学连通。

[0036] 后曲面透镜 202 包括凸面弓形内透镜表面 205 和凹面弓形外透镜表面 206。凸面弓形内透镜表面 205 可具有一个或多个涂层（图 2 中未示出）。涂层可包含例如导电材料或电绝缘材料、疏水性材料或亲水性材料中的一种或多种。凸面弓形内透镜表面 205 和涂层中的至少一者与包含在腔体 210 内的盐溶液 207 形成液体连通和光学连通。盐溶液 207 包含离子导电性一种或多种盐或其它组分，并且因此可受电荷吸引或排斥。

[0037] 根据本发明，导电涂层 209 沿着前曲面透镜 201 和后曲面透镜 202 中的一者或两者的周边的至少一部分定位。导电涂层 209 可包含金或银并且优选为生物相容性的。对导电涂层 209 施加电势致使盐溶液 207 中的离子导电性盐或其它组分受到吸引或排斥。

[0038] 前曲面透镜 201 具有与穿过凹面弓形内透镜表面 203 和凸面弓形外透镜表面 204

的光相关的光焦度。该光焦度可为 0, 或者可为正焦度或负焦度。在一些优选的实施例中, 光焦度为通常存在于矫正性角膜接触镜片中的焦度, 例如作为非限制性例子介于 -8.0 和 +8.0 屈光度之间的焦度。

[0039] 后曲面透镜 202 具有与穿过凸面弓形内透镜表面 205 和凹面弓形外透镜表面 206 的光相关的光焦度。该光焦度可为 0, 或者可为正焦度或负焦度。在一些实施例中, 光焦度为通常存在于矫正性角膜接触镜片中的焦度, 例如作为非限制性例子介于 -8.0 和 +8.0 屈光度之间的焦度。光轴 212 穿过后曲面透镜 202 和前曲面透镜 201 形成。

[0040] 多个实施例还可包括与形成于盐溶液 207 和油 208 之间的液体弯月面 211 的形状变化相关联的光焦度变化。在一些实施例中, 光焦度变化可相对较小, 例如其变化介于 0 至 2.0 屈光度之间。在其它实施例中, 与液体弯月面的形状变化相关联的光焦度变化可为至多约 30 或更高的屈光度。一般来讲, 与液体弯月面 211 的形状变化相关联的更大光焦度变化与相对厚度增加的透镜厚度 213 相关联。

[0041] 根据本发明的一些实施例, 例如可包括在诸如角膜接触镜片的眼科镜片中的那些实施例, 弓形液体弯月形透镜 200 的横切透镜厚度 213 将为至多约 1,000 微米厚。相对更薄的透镜 200 的示例性透镜厚度 213 可为至多约 200 微米厚。优选的实施例可包括具有约 600 微米厚的透镜厚度 213 的液体弯月形透镜 200。一般来讲, 前曲面透镜 201 的横切厚度可介于约 35 微米至约 200 微米之间, 并且后曲面透镜 202 的横切厚度也可介于约 35 微米和 200 微米之间。通常, 横截面轮廓在透镜 200 中的不同位置处包括限定的厚度变化。

[0042] 根据本发明, 聚合光焦度为前曲面透镜 201、后曲面透镜 202、以及形成于油 208 和盐溶液 207 之间的液体弯月面 211 的光焦度的聚合。在一些实施例中, 透镜 200 的光焦度还将包括介于前曲面透镜 201、后曲面透镜 202、油 208 和盐溶液 207 中的一者或多者之间的折射率差。

[0043] 在包括结合到角膜接触镜片中的弓形液体弯月形透镜 200 的那些实施例中, 还期望的是, 当角膜接触镜片配戴者移动时, 盐水 207 和油 208 在弓形液体弯月形透镜 200 内的相对位置保持稳定。一般来讲, 优选的是在佩戴者移动时防止油 208 相对于盐水 207 浮动和移动。因此, 油 208 和盐溶液 207 的组合优选经选择具有相同或相似的密度。此外, 油 208 和盐溶液 207 优选具有相对低的混溶性, 使得盐溶液 207 与油 208 将不混合。

[0044] 在一些优选的实施例中, 包含在腔体 210 内的一定体积的盐溶液 207 多于包含在腔体 210 内的一定体积的油 208。此外, 一些优选的实施例包括基本上与后曲面透镜 202 的整个内表面 205 接触的盐溶液 207。一些实施例可包括一定体积的油 208, 该一定体积的油相比于一定量的盐溶液 207 可为约 66 体积%或更多。一些附加实施例可包括弓形液体弯月形透镜, 其中一定体积的油 208 相比于一定量的盐溶液 207 为约 90 体积%或更少。

[0045] 现在参见图 3, 其示出了弓形液体弯月形透镜 300 的边缘部分的剖面图。如上所述, 弓形液体弯月形透镜 300 包括组合的前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 元件。前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 可由一种或多种至少部分透明的材料形成。在一些实施例中, 前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者包括通常光学透明的塑料, 例如以下中的一种或多种: PMMA、Zeonor 和 TPX。

[0046] 例如, 可通过以下中的一种或多种方法形成前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者: 单点金刚石车削车床加工; 注塑; 数字微镜器件自由成形。

[0047] 前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者可包括导电涂层 303, 如图所示, 该导电涂层 303 沿着周边部分从 309 延伸至 310。在一些优选的实施例中, 导电涂层 303 包含金。可通过溅镀方法、气相沉积或其它已知的方法来施用金。作为非限制性例子, 可供选择的导电涂层 303 可包含铝、镍和铟锡氧化物。一般来讲, 导电涂层 303 将施用到前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者的周边区域。

[0048] 在本发明的一些实施例中, 后曲面透镜 302 具有施用到特定区域的导电涂层 304。例如, 可从第一边界 304-1 至第二边界 304-2 涂覆围绕后曲面透镜 302 的周边的部分。例如, 可通过溅镀方法或气相沉积来施加金涂层。在一些实施例中, 可使用掩模以预定图案围绕前曲面透镜 301 或后曲面透镜 302 的一个或多个周边部分施用金或其它导电材料。可使用多种方法来施用可供选择的导电材料, 并且使其覆盖后曲面透镜 302 的不同区域。

[0049] 在一些实施例中, 可通过导电填料材料例如导电环氧树脂来填充导电流通路径, 例如后曲面透镜 302 中的一个或多个孔或狭缝。导电填料可提供电通信至前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者的内表面上的导电涂层。

[0050] 在本发明的另一方面, 前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者可由多种不同的材料形成, 其中通常位于前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 的中心区域中的光学区域 (未示出) 可包含光学透明材料, 并且周边区域可包括含有导电材料的不透光区域。该不透光区域还可包括控制电路和能源中的一者或多者。

[0051] 在另一个方面, 在一些实施例中, 将绝缘体涂层 305 施加到前曲面透镜 301。作为非限制性例子, 可将绝缘体涂层 305 施加在从第一区 305-1 延伸至第二区 305-2 的区域中。绝缘体可包括例如 Parylene CTM、Teflon AF 或其它具有多种电特性和机械特性以及电阻的材料。

[0052] 在一些具体的实施例中, 绝缘体涂层 305 形成边界区域, 以保持导电涂层 303 和盐溶液 306 之间的分离, 该盐溶液包含在前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 之间的腔体中。因此, 一些实施例包括绝缘体涂层 305, 其被图案化并定位在前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者的一个或多个区域中, 以防止带正电的导体 303 与带负电的盐溶液 306 接触, 其中导体 303 与盐溶液 306 的接触将造成电路短路。实施例可包括带正电的盐溶液 306 和带负电的导体 303。

[0053] 其它实施例可允许导体 303 和盐溶液 306 之间发生短路, 作为与透镜 300 工作相关联的电路的重置功能。例如, 短路状态可平衡施加到透镜的电势, 并致使盐溶液 306 和油 307 回到默认位置。

[0054] 一些优选的实施例包括导体 303, 它从腔体 311 内部上的区域 309 延伸至腔体 311 外部的区域 310。其它实施例可包括穿过前曲面透镜或后曲面透镜的通道 312, 其可填充有导电材料 313, 例如防水导电环氧树脂。导电材料 313 可形成或连接到腔体外部的电端子。可向该端子施加电势并通过通道 312 中的导电材料 313 传导至涂层。

[0055] 绝缘体涂层 305 的厚度可作为透镜性能参数而变化。根据本发明, 包括盐溶液 306 和导体 303 的带电组分通常容纳在绝缘体涂层 305 的任一侧上。本发明提供了绝缘体涂层 305 厚度与在盐溶液 306 和导体 303 之间的电场之间的间接关系, 其中盐溶液 306 与导体 303 保持相隔越远, 则其电场将越弱。

[0056] 一般来讲, 本发明提供了电场强度可随着绝缘体涂层 305 的厚度增加而显著降

低。电场越接近时,则通常将能够得到越多的能量以移动球形液体弯月边界 308。当盐溶液 306 和导体 303 之间的距离增大时,盐溶液 306 与导体涂层 303 的静电荷相隔越远,因此就越难以移动球形液体弯月形边界 308。相反,绝缘体涂层 305 越薄,透镜就越容易受到绝缘体涂层 305 中的缺陷的影响。一般来讲,绝缘体涂层 305 中的即使相对较小的洞也将造成电路短路,并且透镜将不以电润湿方式发挥作用。

[0057] 在一些实施例中,期望包括密度与同样包含在透镜 300 内的油 307 的密度大致相同的盐溶液 306。例如,盐溶液 306 包含的密度可优选在油 307 的密度的 10% 内,并且更优选地,盐溶液 306 包含的密度将在油密度的 5% 内,并且最优选在约 1% 内或更小。在一些实施例中,可通过调节盐溶液 306 中的盐或其它组分的浓度来调节盐溶液 306 的密度。

[0058] 根据本发明,弓形液体弯月形透镜 300 将通过限制油 307 相对于前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 的运动来提供更稳定的光学性能。使油 307 相对于弓形前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 中的一者或两者的运动保持稳定的一种方法是使油 307 和盐溶液 306 保持相对一致的密度。此外,与传统的柱面透镜设计相比,由于前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 两者的内表面均为曲面设计,使得盐溶液 306 层的相对深度或厚度有所减小。在这种情形下,作用在腔体内流体上的界面力对于维持平静的液体弯月边界 308 可具有相对较大的贡献。因此,在这种情况下,密度匹配要求可变得更加宽松。在一些实施例中,流体层的相对薄度进一步支持液体透镜边界 308。

[0059] 在一些优选的实施例中,与提供相对较高折射率的油 307 相比,盐溶液 306 提供较低的折射率。然而,在一些实施例中,可能包括与油 307 相比折射率更高的盐溶液 306,在这种情况下油提供相对更低的折射率。

[0060] 可使用粘合剂 314 来将前曲面透镜 301 和后曲面透镜 302 固定在彼此紧邻的位置,从而在两者之间保持油 307 和盐溶液 306。粘合剂 314 用作密封件,使得盐溶液 306 或油 307 不从曲面液体弯月形透镜 300 中渗漏。

[0061] 现在参见图 4,其示出了曲面液体弯月形透镜 400,其中在盐溶液 406 和油 407 之间具有液体弯月边界 401。根据一些优选的实施例,由在 402 和 403 之间延伸的弓形壁中的第一角度转折将弯月壁 405 限定在前曲面透镜 404 中。当沿着一个或多个导电涂层或导电材料 408 施加和移除电势时,液体弯月边界 401 将沿着弯月壁 405 上下运动。

[0062] 在一些优选的实施例中,导电涂层 408 将从保存盐溶液 406 和油 407 的腔体 409 内部的区域延伸至包含盐溶液 406 和油 407 的腔体 409 外部的区域。在此类实施例中,导电涂层 408 可为电势的管道,所述管道被施加到腔体 409 外部的点的导电涂层 408 至在腔体 409 内且与盐溶液 406 接触的导电涂层 408 的区域。

[0063] 现在参见图 5,其示出了弓形液体弯月形透镜 500 的边缘部分的剖视图,该透镜具有前曲面透镜 501 和后曲面透镜 502。弓形液体弯月形透镜 500 可包含盐溶液 503 和油 504。弓形液体弯月形透镜 500 的几何形状以及盐溶液 503 和油 504 的特性有利于在盐溶液 503 和油 504 之间形成液体弯月边界 505。

[0064] 一般来讲,液体弯月形透镜可被视为具有以下中的一者或多者的电容器:导电涂层、绝缘体涂层、通路、以及存在于或穿过前曲面透镜 501 和后曲面透镜 502 的材料。根据本发明,响应于对前曲面透镜 501 和后曲面透镜 502 中的一者或两者的至少一部分的表面施加电势,液体弯月边界 505 的形状,以及因此液体弯月边界 505 和前曲面透镜 501 之间的

接触角发生变化。

[0065] 根据本发明,通过导电涂层或材料施加于盐溶液 503 的电势的变化使液体弯月边界 505 沿着弯月壁 506 的位置发生变化。该运动发生在第一锐缘 506-1 和第二锐缘 506-2 之间。

[0066] 在优选的实施例中,当将第一量级的电势(例如,与未通电状态或静息状态相关的电压和电流)施加到透镜时,液体弯月边界 505 将位于第一锐缘 506-1 处或接近第一锐缘 506-1。

[0067] 施加第二量级的电势(有时称为第一通电状态)可使液体弯月边界 505 沿着弯月壁 506 大致向第二锐缘 506-2 的方向运动,从而致使液体弯月边界的形状发生变化。

[0068] 用于在第一通电状态与第二通电状态之间转换的施加电压可包括例如介于约 5 伏特至约 60 伏特之间的直流电压。在其它实施例中,也可使用交流电压。

[0069] 在一些实施例中,弯月壁 506 将为平滑表面,该表面与绝缘体涂层厚度有关。平滑弯月壁 506 表面可最小化绝缘体涂层中的缺陷。此外,因为当透镜通电或断电时表面纹理的随机不规则性可能造成不稳定的流体运动,并且因此引起不稳定的或无法预测的弯月面运动,所以平滑弯月壁 506 是优选的。在一些优选的实施例中,平滑弯月壁包含沿着弯月壁 506 的在约 1.25 纳米至 5.00 纳米范围内的峰谷测量值。

[0070] 在另一个方面,在一些实施例中,期望弯月壁 506 为疏水性的,在这种情况下,所限定的纹理例如纳米纹理化表面可结合到弓形液体弯月形透镜的设计中。

[0071] 在另一个方面,在一些实施例中,弯月壁 506 可相对于透镜的光轴成角度。该角度范围可为 0° (或与光轴平行)至 90° 或接近 90° (或与光轴垂直)。如图所示,并且在一些优选的实施例中,弯月壁 506 角度通常介于约 30° 和 50° 之间,以使弓形液体弯月形透镜根据当前介于液体弯月边界 505 和涂覆有绝缘体的涂层的弯月壁 506 之间的接触角来发挥作用。因不同材料的使用或因不同光学目的,例如望远视力,弯月壁 506 的角度可接近 0° 或 90° 。

[0072] 根据本发明,弯月壁 506 的角度可经设计用以适应在施加规定电压时沿弯月壁 506 运动的量级。在一些实施例中,随着弯月壁 506 角度的增加,改变透镜焦度的能力通常在给定透镜尺寸和电压参数内降低。此外,如果弯月壁 506 相对于光轴为 0° 或接近 0° ,则液体弯月边界 505 将几乎直线前进至前光学件中。弯月壁角度是可被定制以提供各种透镜性能上的效果的多个参数之一。

[0073] 在一些优选的实施例中,弯月壁 506 的长度为大约 0.265mm。然而,在各种设计中,弯月壁 506 的角度与整个透镜的尺寸一起将自然地影响弯月壁 506 的长度。

[0074] 一般认为,如果油 504 接触后曲面透镜 502,则弓形液体弯月形透镜 500 将失灵。因此,在优选的实施例中,弯月壁 506 经设计用以使介于第一锐缘 506-1 和后曲面透镜 502 之间在其最近点有 50 微米的最小间隙。在其它实施例中,虽然随着间隙的减小,透镜失效的风险增加,但最小间隙可小于 50 微米。在其它实施例中,可增加间隙以降低透镜失效风险,但整个透镜厚度也将增加,这可能是不期望的。

[0075] 在本发明的一些优选实施例的另一个方面中,液体弯月边界 505 随弯月壁 506 行进的行为可使用杨氏方程式进行推测。虽然杨氏方程式定义了液滴在干燥表面上所引起的力平衡,并且假设为完全平坦表面,但基本性能仍可应用于在弓形液体弯月形透镜 500 内

产生的电润湿透镜环境。

[0076] 例如,当透镜处于未通电状态时,可将第一量级的电能施加于透镜。在施加第一量级电能的过程中,达到了油 504 和盐溶液 503 之间的界面能平衡。这样的状态在本文中可称为液体弯月边界 505。油 504 和弯月壁 506 以及盐溶液 503 和弯月壁 506 在液体弯月边界 505 和弯月壁 506 之间形成平衡接触角。当改变施加到弓形液体弯月形透镜 500 的电压量级时,界面能平衡将发生改变,从而导致液体弯月边界 505 和弯月壁 506 之间的接触角相应地改变。

[0077] 在弓形液体弯月形透镜 500 的设计和功中,液体弯月边界 505 与涂覆有绝缘体的弯月壁 506 所成的接触角是重要因素,不仅由于其在液体弯月边界 505 运动中对于杨氏方程的作用,而且因为该接触角与其它弓形液体弯月形透镜 500 的结构结合用于限制弯月面运动。

[0078] 弯月壁 506 两端的中断部分,例如锐缘 506-1 和 506-2,用作液体弯月面 505 运动的边界,因为其需要所施加电势显著变化以实现液体弯月面接触角的充分变化,从而移动液态弯月边界 505 通过其中一个锐缘。作为非限制性例子,在一些实施例中,液体弯月边界 505 与弯月壁 506 的接触角在 15° 至 40° 的范围内,而液体弯月边界 505 与超出第二锐缘 506-2 的步位 507 的接触角可能在 90° 至 130° 的范围内,并且在一些优选的实施例中为约 110° 。

[0079] 可向透镜施加电压,从而导致液体弯月边界 505 沿着弯月壁 506 朝第二锐缘 506-2 运动。液体弯月边界 505 与涂覆有绝缘体的弯月壁 506 之间的自然接触角将致使液体弯月边界 505 在第二锐缘 506-2 处停止,除非提供显著更高的电压。

[0080] 在弯月壁 506 的一个末端,第一锐缘 506-1 通常限定一个界限,液体弯月边界 505 通常不会超过该界限移动。在一些实施例中,第一锐缘 506-1 被构造为锐边。在其它优选的实施例中,第一锐缘 506-1 具有限定的小径向表面,其在制造时具有缺陷的可能性较小。导电性、绝缘体和其它可能的所需涂层可能无法均匀并且可预见地沉积在锐边上,然而限定的小径向表面半径边缘可更可靠地涂覆。

[0081] 在一些实施例中,第一锐缘 506-1 被构造成约 90° 的角度并具有约 10 微米的限定半径。该锐缘也可被制造成具有小于 90° 的角度。在一些实施例中,具有大于 90° 角度的锐缘可用于增加锐缘的坚固性,但该设计可能占据更多的透镜空间。

[0082] 在各个实施例中,锐缘 506-1 和 / 或 506-2 的限定半径可在 5 微米至 50 微米的范围内。可使用较大的限定半径来改善涂层的可靠性,但代价是在透镜设计的紧密度容限中占据更多的空间。在这方面,正如在许多其它透镜设计领域中,需在易于制造、透镜功能最佳化以及尺寸最小化之间作出权衡。可使用各种变量来制造实用、可靠的弓形液体弯月形透镜 500。

[0083] 在一些实施例中,可在两个相邻锐缘之间的侧壁上结合改善的表面光洁度使用更大的锐缘半径。在一些实施例中,可能期望从第一半径(锐缘)到第二半径(锐缘)的表面是平滑的且没有中断部分,其中这有助于使用相同的工具切割用于形成锐缘的模具。锐缘中所包含的半径可被切割成模具表面,其中模具表面半径大于锐缘半径。其中模具表面是包括一个或多个锐缘和一个侧壁连续表面。较大的工具半径通常可与相应切割的更平滑的表面光洁度相关。

[0084] 第二锐缘 506-2 包括经设计用以当电压施加到弓形液体弯月形透镜 500 时限制油的运动的结构。在一些实施例中,第二锐缘 506-2 也可包括通常尖的末端,或在其它实施例中,第二锐缘 506-2 可包括介于 5 和 25 微米之间,更优选 10 微米的限定半径。10 微米半径表现与锐缘一样良好,并且可使用单点金刚石车削车床加工或注塑工艺制造。

[0085] 延伸到前曲面透镜 501 光学区 508 的起点的垂直或几乎垂直步位 507 可包括在第二锐缘 506-2 与弯月壁 506 相对的一侧上。在一些实施例中,步位 507 的高度为 120 微米,但也可能在 50 至 200 微米的范围内。

[0086] 在一些实施例中,步位 507 可与光轴成约 5° 的角度。在其它实施例中,步位 507 的角度可低至 1° 或 2° ,或可成大于 5° 的角度。与光轴成较小角度的步位 507 将通常用作更有效的弯月面运动限制物,因为其需要液体弯月边界 505 接触角的更大变化,以将弯月壁 506 移开到步位 507 上。从步位 507 至光学区 508 起始处过渡的半径为 25 微米。较大的半径将在透镜设计中不必要地占据更多的空间。如果需要获得空间,较小的半径是可接受的并且可被实施。在该领域以及其它透镜领域中,使用限定半径而非理论锐缘的决定,部分地基于透镜元件可能转换为注塑工艺。步位 507 和光学区 508 起始处之间的弯曲在注塑工艺期间将改善塑性流,并且导致透镜具有最佳强度和应力处理特性。

[0087] 现在参见图 6,俯视截面图显示了具有电介质涂层 602 的弯月壁 601。电介质涂层 602 的厚度围绕弯月壁 601 的周围变化。在此示例性图中,电介质涂层 602 包括在点 603 处沿 y 轴的第一厚度,所述第一厚度大于在点 604 处沿垂直 x 轴的第二厚度。电介质涂层 602 的厚度在最厚点 603 和最薄点 604 之间形成梯度。图 6 着重突出电介质涂层 602,并且未按比例绘制。电介质涂层 602 下的弯月壁 601 上的导电涂层未在图 6 中示出。

[0088] 根据本发明,矫正散光所必需的柱镜度、轴和光焦度可使用围绕弯月壁 601 周围的梯度厚度电介质涂层 602 在液体弯月形透镜中产生。当向透镜施加一定量级的电势时,相对于较厚电介质涂层区域(例如,点 603),在较薄电介质涂层区域(例如,点 604)盐溶液被更强地吸向弯月壁 601,在较厚电介质涂层区域盐溶液朝弯月壁 601 的吸引较弱。在一些优选实施例中,盐溶液沿着一个轴例如图 6 中的 x 轴强烈地吸向弯月壁 601,并且沿着第二垂直轴例如图 6 中的 y 轴相对较弱地吸向弯月壁 601,这将致使液体弯月边界移动并且弯月形腔体内的油呈现能够矫正散光的复曲面形状。

[0089] 由电介质涂层 602 形成的特定梯度厚度以及其在弓形液体弯月形透镜内的弯月壁 601 上形成时所处的轴可以变化,以获得用于矫正散光的特有柱镜度和轴的组合。散光透镜的柱镜度受围绕弯月壁 601 周围所形成的电介质涂层 602 所处的最小厚度和最大厚度以及厚度梯度的影响。散光矫正所需的轴参数由弯月壁 601 上的电介质涂层 602 的最小点和最大点的位置控制,在图 6 中分别用点 604 和点 603 表示该最小点和最大点。具有梯度厚度电介质涂层的液体弯月形透镜可通过多种透镜稳定方法进行设计,以在用于散光矫正的眼睛上保持恰当的透镜轴取向。可使用例如压载(ballasting)或更先进的加速稳定设计的技术来实现稳定。稳定技术可在弓形液体弯月形透镜内实施,或在包封弓形液体弯月形透镜的透镜中实施。

[0090] 在当前实施例中,当向透镜施加第一量级的电势时,液体弯月边界移动到第一状态,在该状态中可实现特定的远视光焦度与散光矫正的结合。可施加第二相对更大量级的电势,以将液体弯月边界移动到第二状态,从而导致近视矫正连同散光矫正。

[0091] 在其它实施例中,可由透镜组合件内(例如以非限制性例子的方式,在包封弓形液体弯月形透镜的透镜内)的附加光学组件提供远视焦距矫正,而在弓形液体弯月形透镜内仅矫正近视和散光。

[0092] 现在参见图 7,该俯视正交视图示出了包括第一锐缘 702 和第二锐缘 703 的弯月壁 701。该图包括液体弯月边界 704 的位置和光学区 707。在该示例性图中,电介质涂层如图 6 所示沿 x 轴最薄时,盐溶液朝弯月壁 701 的吸引最强,并且液体弯月边界 704 已移动到点 706,通常位于第二锐缘 703 处或最接近第二锐缘 703。电介质涂层如图 6 所示沿 y 轴最厚时,盐溶液朝弯月壁 701 的吸引最弱,并且液体弯月边界 704 处于点 705 处,通常更靠近第一锐缘 702。电介质涂层从最薄区域到最厚区域的梯度导致液体弯月边界 704 的位置在弯月壁 701 上从通常更接近第二锐缘 703 的点 706 到通常更接近第一锐缘 702 的点 705 渐变。

[0093] 现在参见图 8,其示出了弓形液体弯月形透镜 800 的一部分的透视图,该透镜包括弯月壁 801、第一锐缘 802、第二锐缘 803、步位 805 和光学区 806。弯月壁 801 上液体弯月边界的位置如线条 804 所示。图 8 的透视图示出了电介质涂层在点 807a 和 807b 处最薄时液体弯月边界 804 通常位于第二锐缘 803 处或最接近第二锐缘 803,并且电介质涂层在点 808a 和 808b 处最厚时(尽管在该透视图 808b 不直接可见)液体弯月边界 804 通常更靠近第一锐缘 802。图 8 的透视图示出了液体弯月边界 804 在弯月壁 808a 上的其中一个最高点与弯月壁 807a 和 807b 上的两个最低点之间的梯度斜率。液体弯月边界 804 的相对一半,尽管在图 8 中不完全可见,但将是点 807a 和 807b 之间可见部分的镜像。

[0094] 现在参见图 9,其示出了弓形液体弯月形透镜 900 的边缘部分的剖视图,该透镜具有前曲面透镜 901、后曲面透镜 902、盐溶液 903 和油 904。液体弯月边界 905 位于盐溶液 903 和油 904 之间,其与弯月壁 906 上的前曲面透镜 901 接触。当施加第一量级的电势时,例如当透镜处于未通电状态或静息状态时,液体弯月边界 905 在第一锐缘 907 处或接近第一锐缘 907 与弯月壁 906 接触,而如图 6、7 和 8 中所述,通过围绕弯月壁周围的梯度厚度电介质涂层施加第二量级的电势时,液体弯月边界 905 移动,从而根据电介质涂层的厚度在不同位置处产生沿弯月壁 906 的接触点。电介质涂层最厚并且盐溶液 903 朝弯月壁 906 的吸引最弱时,液体弯月边界 905 将具有例如朝通常更接近第一锐缘 907 的点 908 通常更有限的运动。在电介质涂层最薄的区域,盐溶液 903 朝弯月壁 906 上的电介质涂层下的导体的较强吸引将导致液体弯月边界 905 例如朝通常更接近第二锐缘 910 的点 909 的运动更大。

[0095] 围绕弯月壁周围的梯度厚度电介质涂层可由多种技术来形成,例如以非限制性例子的方式,使用百叶窗式掩模工艺施加电介质材料以获得所需的梯度厚度,施加过量的电介质材料并使用金刚石车削工艺移除电介质材料以形成所需的梯度厚度,施加过量的电介质材料并使用激光消融电介质材料以形成所需的梯度厚度,以及使用电介质材料填充前曲面透镜然后插入不对称的外模以形成所需的梯度厚度。仅在电介质涂层覆盖弯月壁时才需要电介质涂层内的梯度厚度。其上可存在电介质涂层的其它透镜区域不需要涂层内的梯度厚度,尽管在这些区域中的梯度厚度将不会对弓形液体弯月形透镜的功能造成不利影响。

[0096] 沉积梯度厚度电介质的另一种方式包括在所需的表面上形成热梯度,使得聚对二甲苯的冷凝/沉积可按梯度方式变化。

[0097] 在本发明的实施例中,其上存在梯度厚度电介质涂层的弯月壁通常形成锥形截头的形状,该锥形截头的横截面显示弯月壁呈线性。透镜的例子包括 2010 年 6 月 29 日提交的并且名称为“LENS WITH CONICAL FRUSTUMMENISCUS WALL”(具有锥形截头弯月壁的透镜)的美国专利申请序列号 61,359,548 中所述的线性弯月壁,该专利申请以引用方式并入本文。在一些实施例中,梯度厚度电介质涂层可包括在具有不同形状和设计的弯月壁上,例如以非限制性例子的方式,凸面圆环段弯月壁、凹面圆环段弯月壁、复合线性凸面弯月壁、多凸面弯月壁、多凹面弯月壁、多段线性弯月壁以及具有微通道的壁。

[0098] 虽然本发明已结合特定实施例进行了描述,但本领域的技术人员应当理解在不脱离本发明范围的前提下可作出各种变化,或使用等效物代替其元件。此外,在不脱离本发明范围的前提下,可根据本发明的教导内容进行许多修改,以适应具体情况或材料。

[0099] 因此,旨在使本发明不受限于作为执行本发明的最佳方式公开的具体实施例,而是本发明将包括落入所附权利要求书的范围和实质的所有实施例。

现有技术

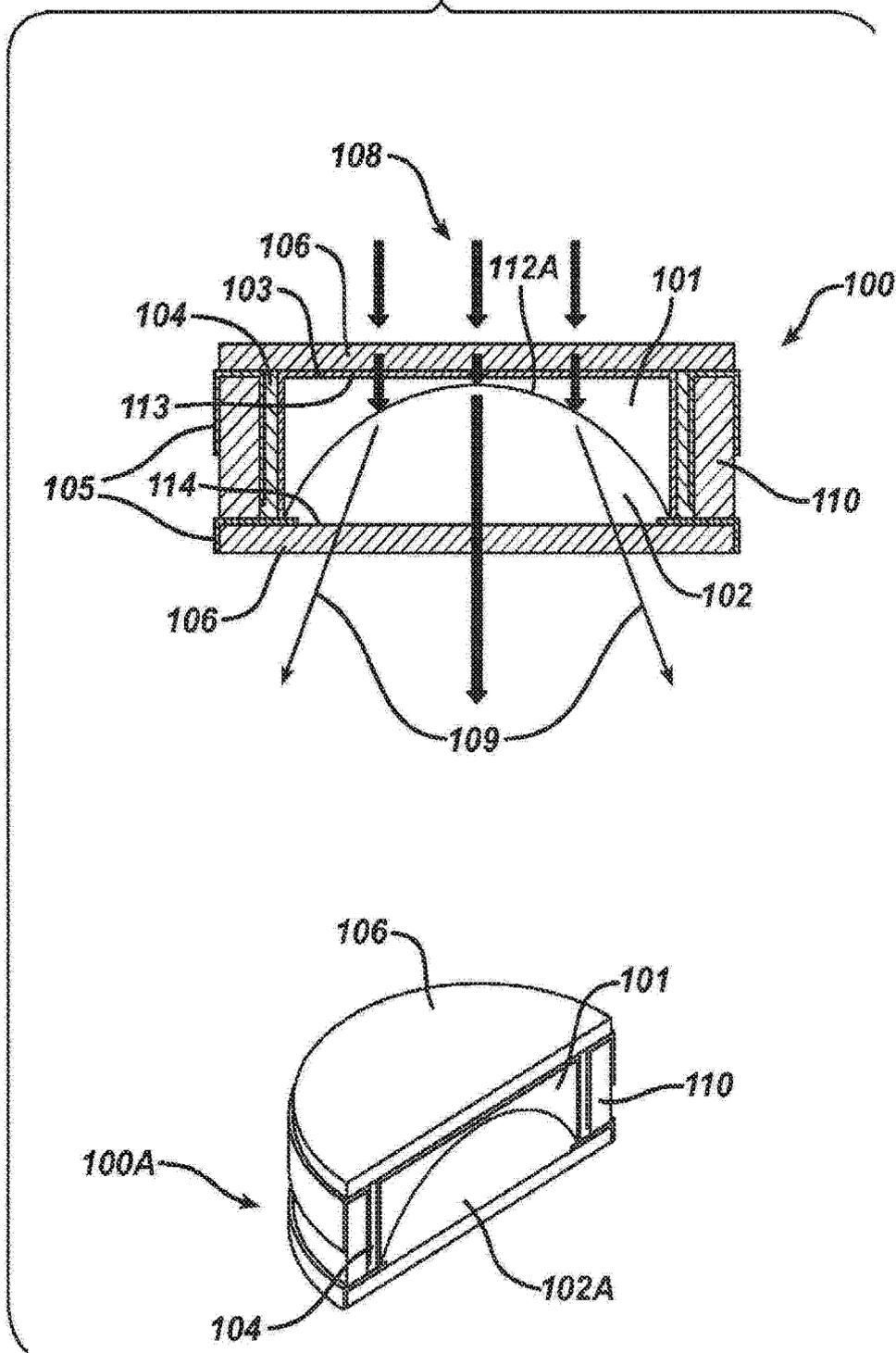


图 1A

现有技术

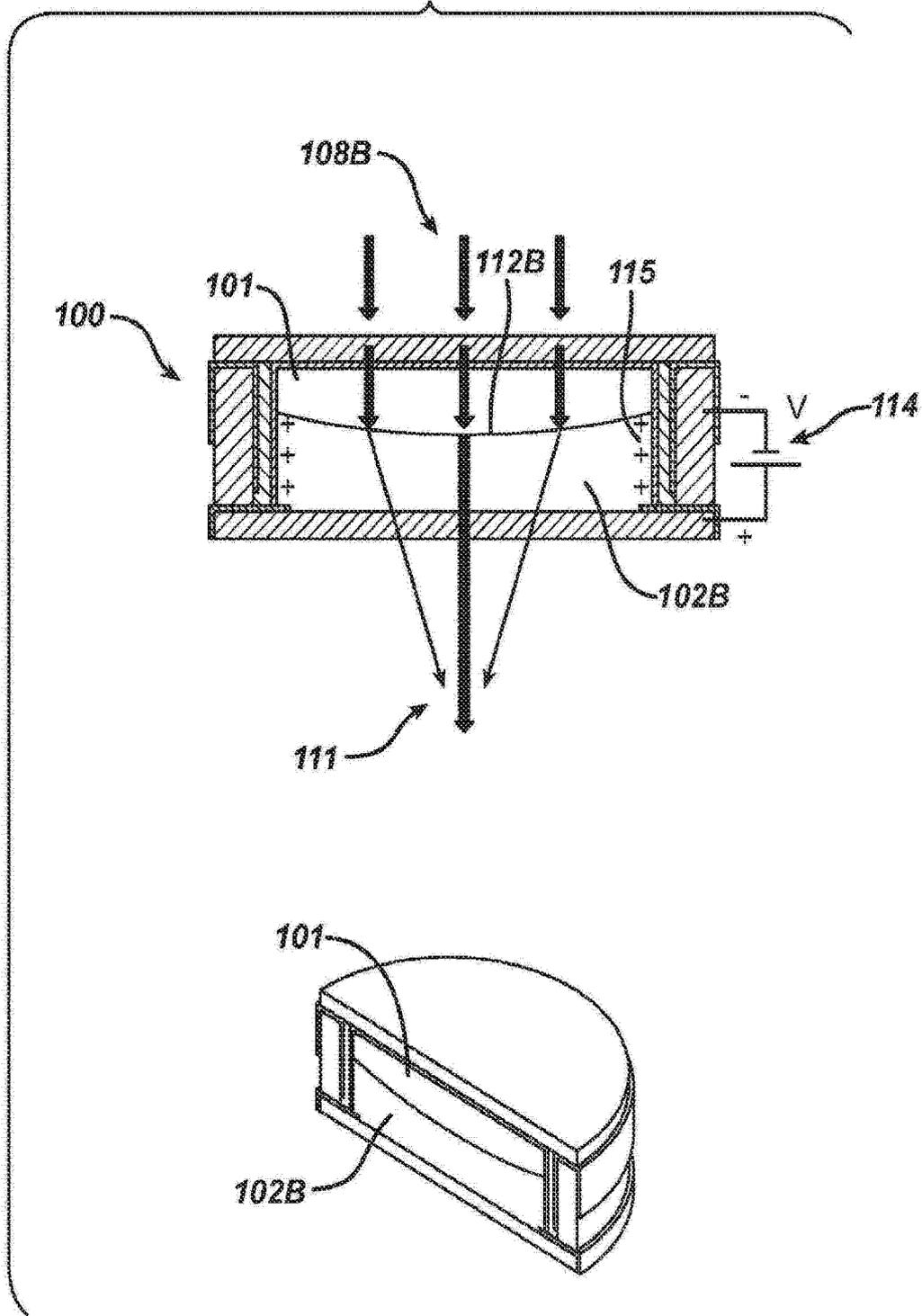


图 1B

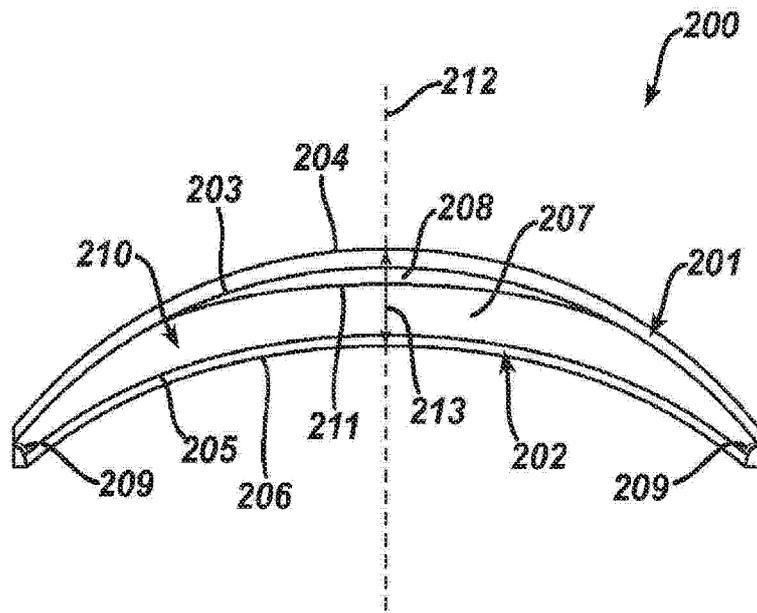


图 2

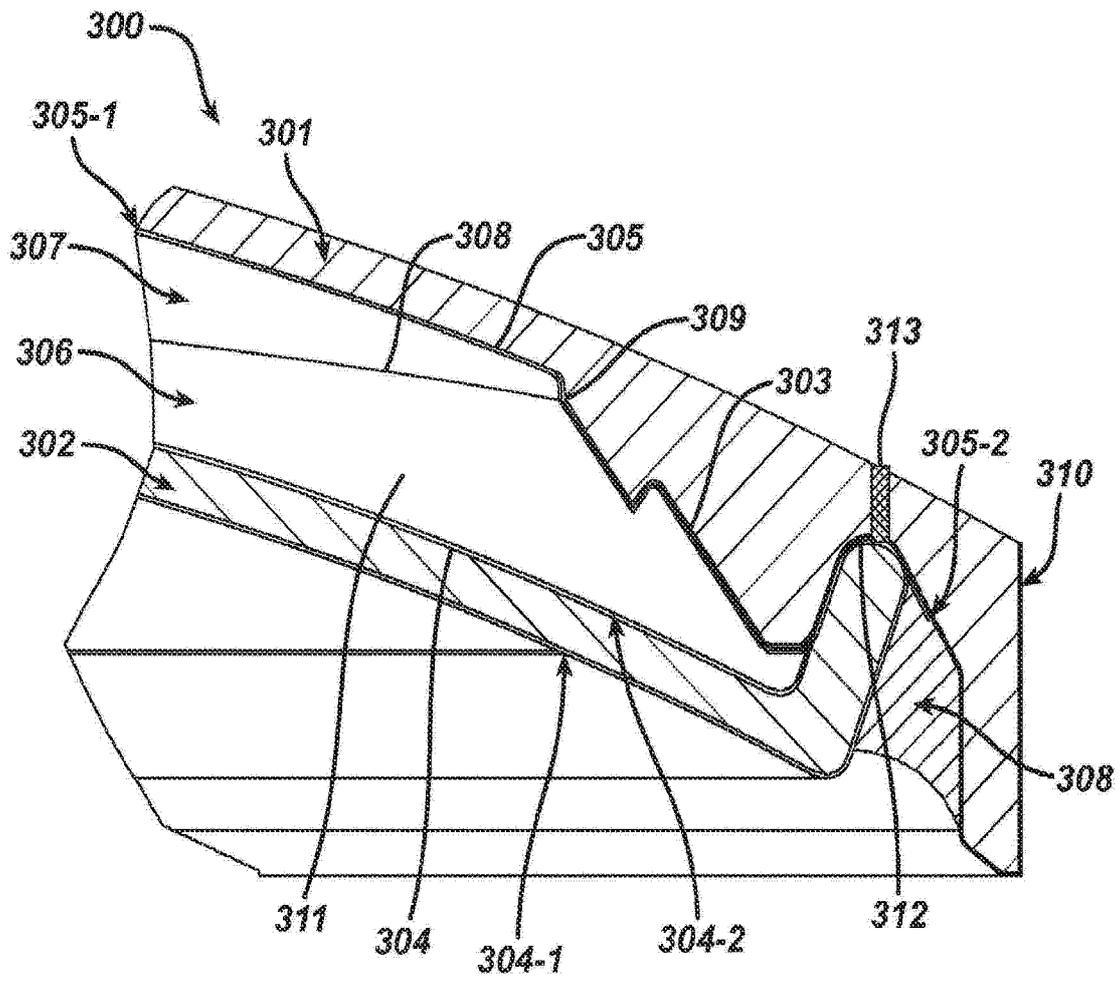


图 3

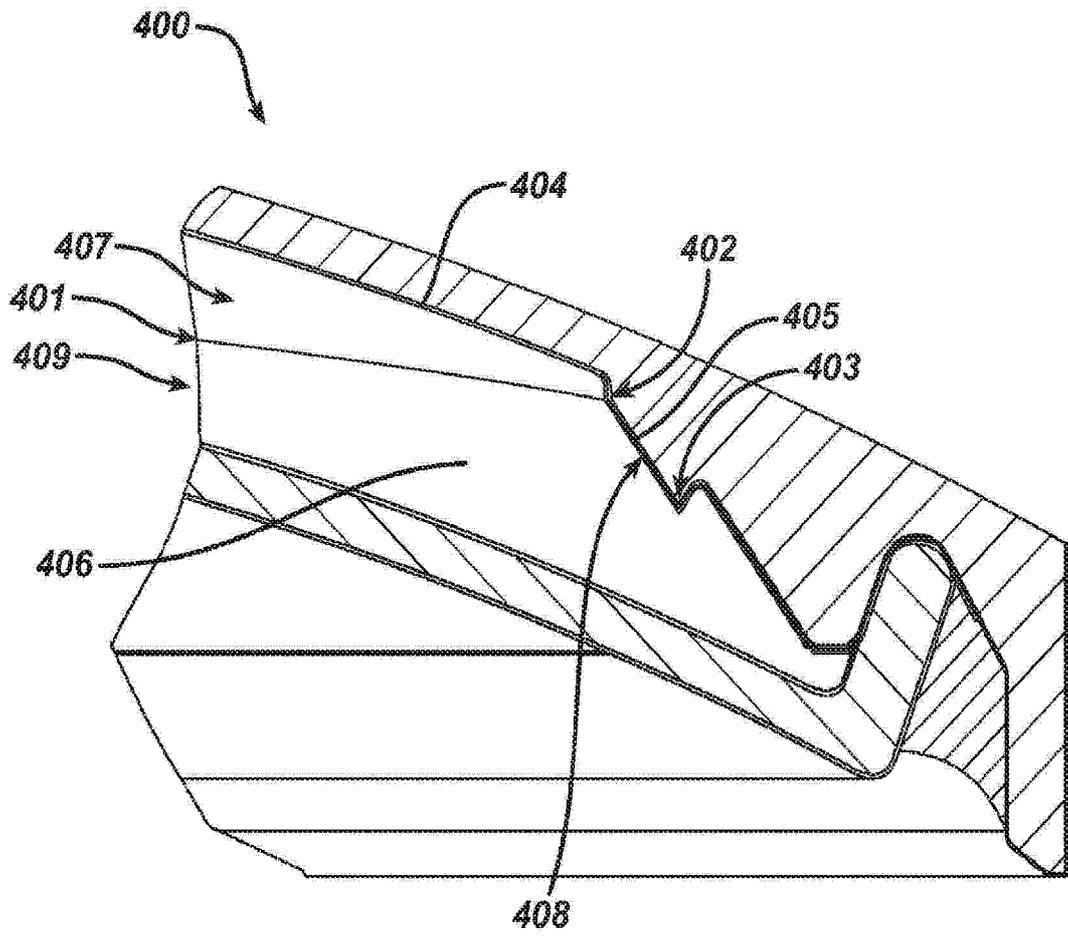


图 4

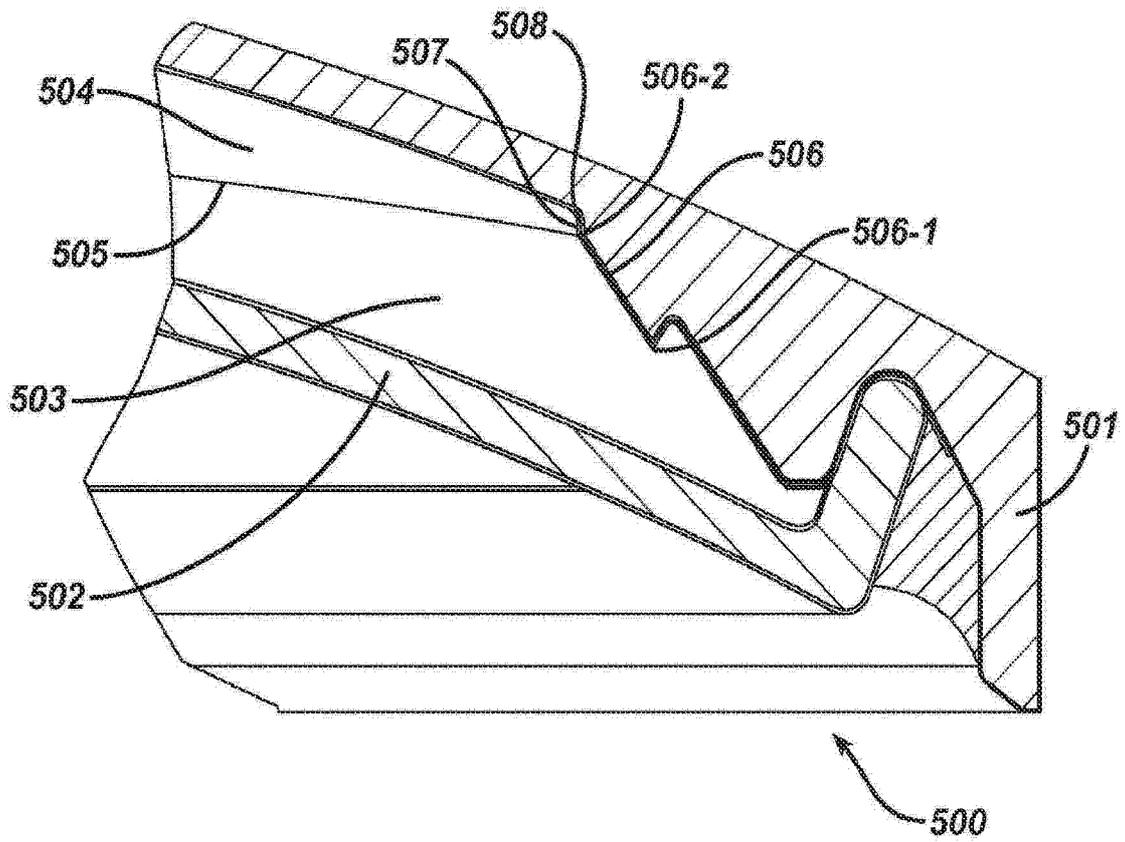


图 5

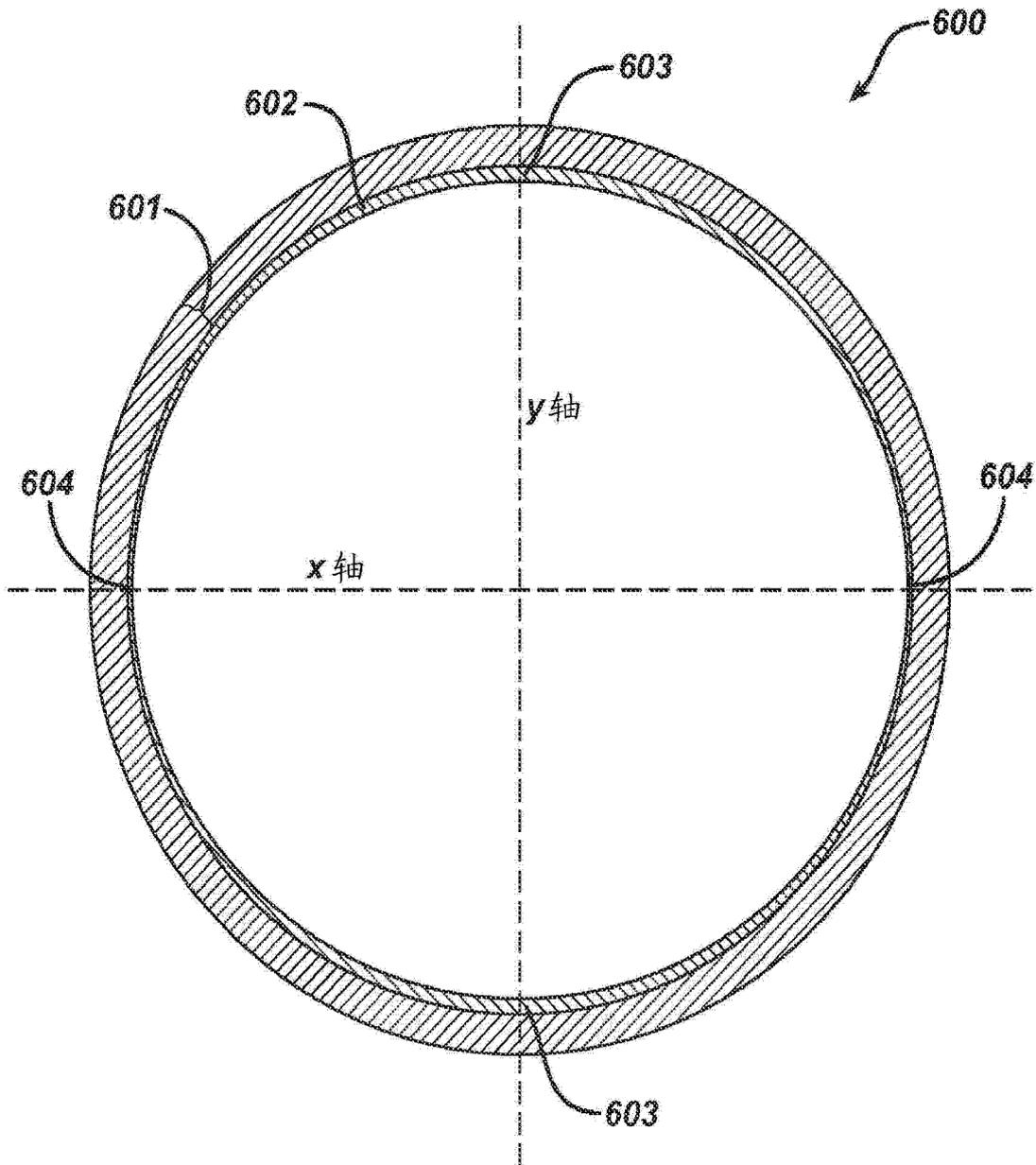


图 6

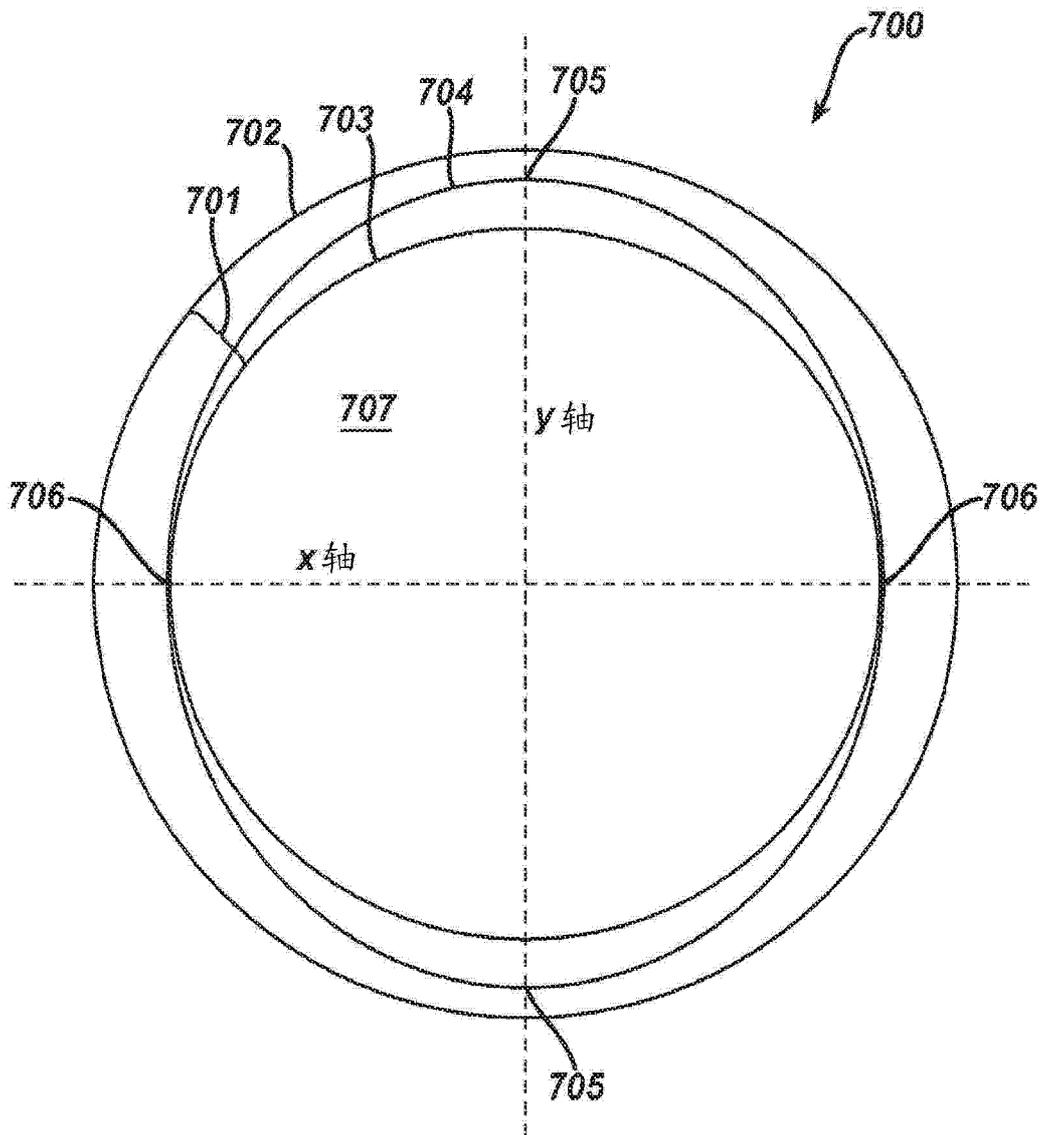


图 7

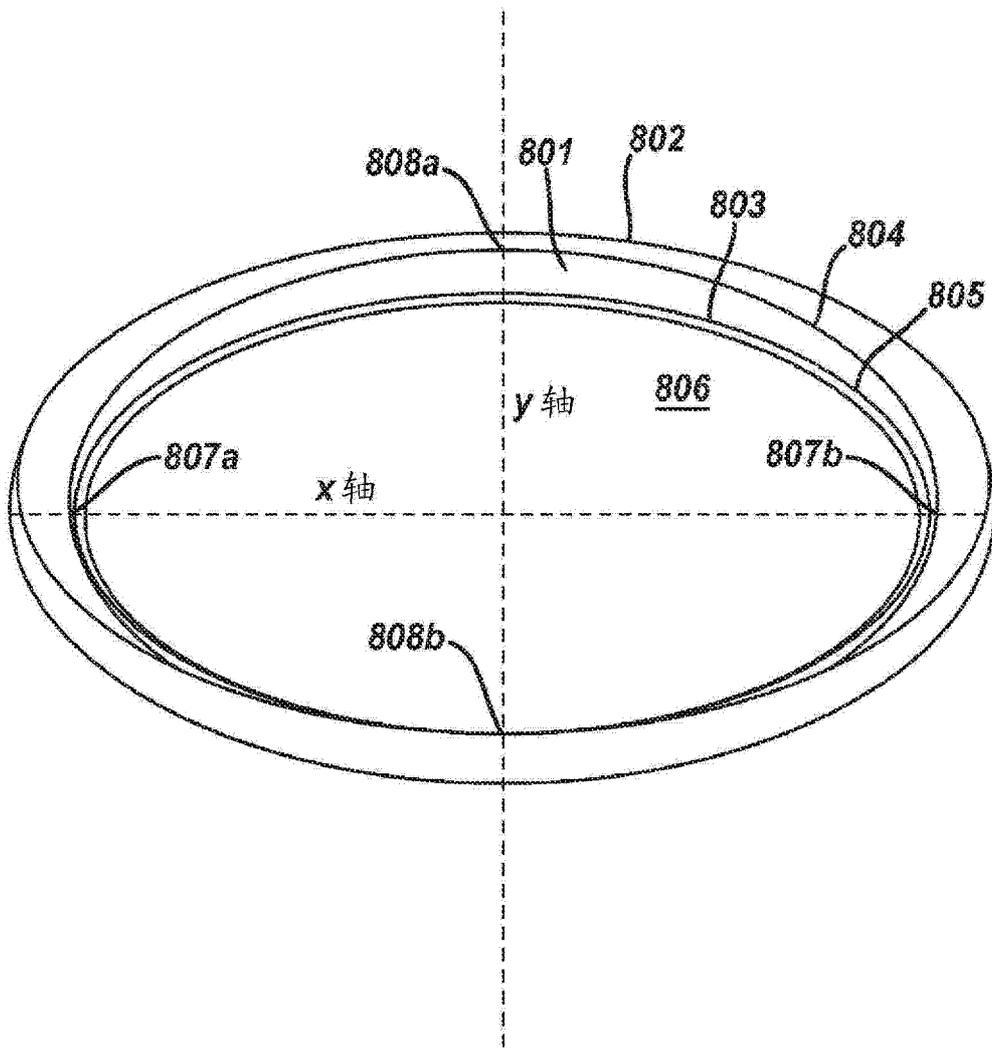


图 8

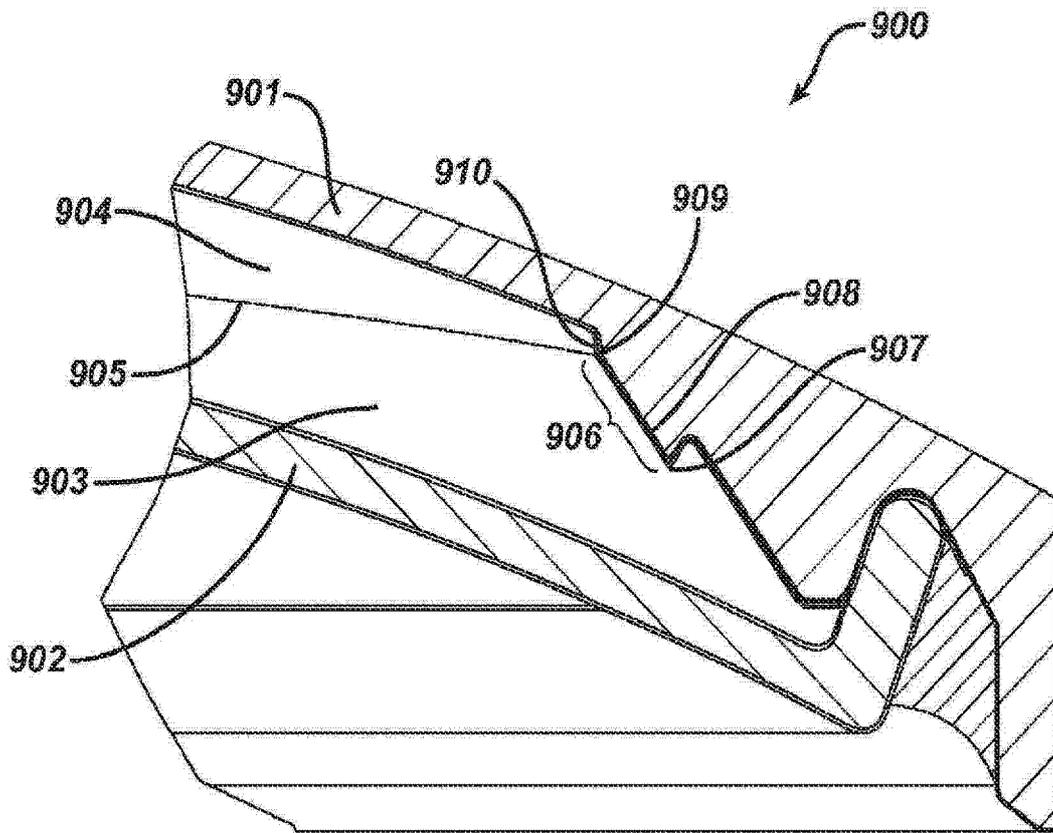


图 9