

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 1/06 G02B 3/12

G02B 15/14

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96195112.5

[45] 授权公告日 2002 年 11 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1094201C

[22] 申请日 1996.5.10 [21] 申请号 96195112.5

[30] 优先权

[32] 1995.5.12 [33] US [31] 08/439,942

[86] 国际申请 PCT/US96/06767 1996.5.10

[87] 国际公布 WO96/35967 英 1996.11.14

[85] 进入国家阶段日期 1997.12.29

[73] 专利权人 PC 透镜公司

地址 美国得克萨斯州 75206 达拉斯

[72] 发明人 雷纳德·A·歇尔查

[56] 参考文献

US4514048 1985.1.1 G02B310

US4913536 1990.1.1 G02B314

审查员 曾楠

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

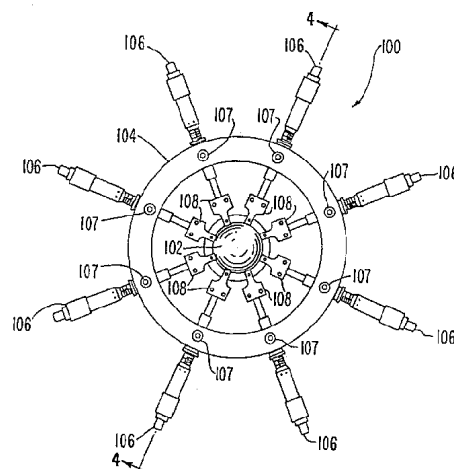
代理人 沈兆南

权利要求书 5 页 说明书 11 页 附图 8 页

[54] 发明名称 微量改变透镜赤道直径的可变焦距透镜

[57] 摘要

一种可变焦距透镜,借助对弹性变形透镜(102、202、302、402、502)的赤道直径进行微量改变来实现。透镜(102、202、302、402、502)可由施加在垂直于光轴平面上的径向张力使其变形。径向张力可由径向作用的机械装置(106)来施加,或由埋入或附在透镜赤道(其直径可通过加热或由电场或磁场的作用而改变)上的环机构(206、306、406、506)来施加。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种可变焦距透镜, 包括

一合成的弹性可变形透镜体, 具有两个透明的横截于光轴的网, 在围绕着所述光轴的弹性可扩张的边缘相遇, 所述网和所述边缘形成一腔室, 所述腔室充有透明流体或可变形的固体介质, 以及, 用于在垂直于所述光轴的平面上扩张所述边缘的扩张装置, 其特征在于, 所述扩张装置在所述透镜的每一子午线上均匀地对所述透镜的边缘施加径向向外的力。

2. 如权利要求1的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述网包括合成聚合物。

3. 如权利要求2的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述合成聚合物是从由聚(对苯二酸--乙二醇酸盐)、聚(异丁烯酸甲脂)、聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、漂白剂、聚(四氟乙烯)和硅酮树脂组成的组中选取。

4. 如权利要求1的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述腔体充有气体。

5. 如权利要求4的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述气体是从由气体、二氧化碳、氮、氦、氩、氙和六氟化硫组成的组中选取。

6. 如权利要求1的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述腔体充有液体。

7. 如权利要求6的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述液体是从由水、水溶性无机和有机物的水溶液、有机液体、水和水混溶性有机液的混合物以及硅油组成的组中选取。

8. 如权利要求7的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述水溶性溶液是从由有着卤素阴离子的水溶性无机盐溶液组成的组中选取。

9. 如权利要求7的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述有机液是从由烃、卤代烃、乙撑二醇或聚乙二醇组成的组中选取。

10. 如权利要求7的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述水和水溶性有机液的混合物是从由水与乙撑二醇或聚乙二醇的混合物组成的组中选取。

11. 如权利要求7的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述液体为硅油。

12. 如权利要求1的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述扩张装置包括连接到所述边缘的张力装置, 用于在所述边缘上从所述光轴径向朝外的方向施加张力。

13. 如权利要求12的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述张力装置包括从所述光轴径向朝外设置的螺钉。

14. 如权利要求12的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述张力装置包括从所述光轴径向朝外设置的螺线管。

15. 如权利要求 12 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述张力装置包括从所述光轴径向向外设置的液压缸。

16. 如权利要求 12 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述张力装置包括从所述光轴径向向外设置的气动缸。

17. 如权利要求 12 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述应力装置包括至少一个凸轮和凸轮从动机构。

18. 如权利要求 12 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述沿径向朝外的方向在所述边缘上施加张力的张力装置包括用于在非径向朝外的方向施加张力的装置, 其可工作的连接到用于使所述张力改变方向以径向朝外地作用在所述边缘上的装置。

19. 如权利要求 18 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述在非径向朝外的方向施加张力的装置从由螺钉、螺线管、液压缸、气动缸和凸轮及其从动机构组成的组中选取。

20. 如权利要求 18 的可变焦距透镜, 其特征在于, 用于使所述张力改变方向以径向朝外地作用在所述边缘上的装置从是由滑轮、曲柄、以有与所述透镜和砧集成一体的边缘法兰组成的组中选取。

21. 如权利要求 1 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述扩张装置包括连接到所述边缘的扩张环。

22. 如权利要求 21 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述环连接到所述边缘上。

23. 如权利要求 21 的可变距透焦镜, 其特征在于, 所述环埋入邻近所述边缘处的所述透镜体。

24. 如权利要求 21 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述环为热膨胀金属环。

25. 如权利要求 24 的可变焦距透镜, 其特征在于, 额外地包括一个处于与所述热膨胀金属环成热传导的电加热元件。

26. 如权利要求 21 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述膨胀环包括至少一个双金属条。

27. 如权利要求 26 的可变焦距透镜, 额外地包括一个处于与所述双金属条成热传导的电加热元件。

28. 如权利要求 21 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述膨胀环包括形状记忆合金。

29. 如权利要求 28 的可变焦距透镜, 额外地包括处于与包括形状记忆合金的所述膨胀环成热传导的电加热元件。

30. 如权利要求 21 的可变焦距透镜, 其特征在于, 所述膨胀环是不连续的, 并备有电极,

以使电流从中流过。

31. 如权利要求 30 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环为线圈形状。

32. 如权利要求 21 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环包括压电材料。

33. 如权利要求 21 的可变焦距透焦镜,其特征在于,所述膨胀环包括磁致伸缩材料。

34. 一种可变焦距透镜,包括一合成弹性变形透明折射体,具有两个光学表面,横切于光轴,以及一个围绕所述光轴并在所述折射面之间延伸的边缘,以及

与所述边缘成整体的扩张装置,用于在一垂直于所述光轴的平面上使所述边缘相对于所述光轴作微量位移,其特征在于,所述扩张装置在所述透镜的每一子午线上均匀地对所述透镜的边缘施加径向向外的力。

35. 如权利要求 34 的可变焦距透镜,其特征在于,所述扩张装置包括连接到所述边缘的膨胀环。

36. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述环连接到所述边缘。

37. 如权利要求 34 的可变焦距透镜,其特征在于,所述环埋入靠近所述边缘的所述透镜体;

38. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述环是热膨胀金属环。

39. 如权利要求 38 的可变焦距透镜,其特征在于,额外地包括一个处于所述热膨胀金属环成热传导关系的电加热元件。

40. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环包括至少一个双金属条。

41. 如权利要求 40 的可变焦距透镜,其特征在于,额外地包括一个处于与所述双金属条成热传导关系的电加热元件。

42. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述可膨胀环包括形状记忆合金。

43. 如权利要求 42 的可变焦距透镜,额外地包括一个处于与所述包括形状记忆合金的所述可扩张圈成热传导关系的电加热元件。

44. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环是不连续的,并备有用于使电流从中通过的电极。

45. 如权利要求 44 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环为线圈形状。

46. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环包括压电材料。

47. 如权利要求 35 的可变焦距透镜,其特征在于,所述膨胀环包括磁致伸缩材料。

48. 一种增大弹性变形透镜的光学能力的方法,包括

提供一合成的弹性可变形透明折射体，具有两个横切于光轴的光学折射表面和一围绕所述光轴并在所述折射表面之间延伸的边缘，所述边缘在初始自然状态下有着自然松驰的赤道直径，以及

通过使所述的自然赤道直径在垂直于所述光轴的平面上增加不超过 5%的数量来增大所述边缘的所述赤道直径。

49. 如权利要求 48 的方法，其特征在于，所述折射体为充有流体的囊状物。

50. 如权利要求 49 的方法，其特征在于，所述充有流体的气球 状物是气袋。

51. 如权利要求 48 的方法，其特征在于，所述折射体为固体弹性材料。

52. 如权利要求 48 的方法，其特征在于，所述折射体是从由双凸面、平凸面、双凹面、平凹面、平面-平面和弯月面透镜组成的组中选取的一种透镜。

53. 如权利要求 48 的方法，其特征在于，所述赤道直径通过在所述垂直于所述光轴的平面上施加一从所述光轴径向朝外的力来增大。

54. 如权利要求 53 的方法，其特征在于，所述力是由连接到所述所射体的所述边缘上的螺钉来施加。

55. 如权利要求 53 的方法，其特征在于，所述力是由连接到所述折射体的所述边缘上的螺线管来施加。

56. 如权利要求 53 的方法，其特征在于，所述力是由连接到所述折射体的所述边缘上的液压缸来施加。

57. 如权利要求 53 的方法，其特征在于，所述力是由连接到所述折射体的所述边缘上的气动缸来施加。

58. 权利要求 53 的方法，其特征在于，所述力是由紧固到所述折射体的所述边缘上的膨胀环来施加。

59. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环连接于所述折射体的所述边缘。

60. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环埋入邻近所述折射体的所述边缘的所述折射体中。

61. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环是一种热膨胀金属环。

62. 权利要求 58 的方发，其特征在于，所述膨胀环包括至少一个双金属条。

63. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环包括一个形状记忆合金。

64. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环是由电加热元件加热。

65. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环是由流经其中的电流加热。

66. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环是由电磁感应加热。

67. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环是由电磁辐射加热。

68. 权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环包括磁致伸缩材料，所述环是通过暴露于磁场而扩张的；

69. 如权利要求 58 的方法，其特征在于，所述膨胀环包括压电材料，所述环是通过暴露于电场而扩张的；

70. 如权利要求 69 的方法，其特征在于，所述电场由与所述压电材料接触的电极来施加。

微量改变透镜赤道直径的可变焦距透镜

技术领域

本发明涉及可变焦距透镜，特别是涉及弹性变形透镜，其光学能力可通过其赤道直径的微量变化而改变。

背景技术

可变焦距透镜和透镜系统已被广泛地使用，因为它们为应用光学领域中经常出现的问题提供了方便的解决方法。例如，装用这种透镜的光学系统可以在距离透镜的像平面上以可变的焦距形成物体的聚焦距，而不必改变透镜与像平面之间的距离。它们也可以用于提供可变放大倍数的光学系统而不必更换镜片。

已经设计出各种类型的可变焦距透镜。但是，在诸如照相机、望远镜、双筒望远镜和显微镜之类的光学仪器中，目前使用最广的设计是多元透镜，其中，通过沿光轴改变一个或多个元件的内部间隔来改变焦距。

分一类可变焦距透镜是依靠改变单个透镜元件的折射率，通过改变折射表面的曲率来改变透镜材料的折射率来实现。

这种采用单个元件的可变焦距透镜的另一种类型使用一充满流体的腔室，其由曲率可变的柔性薄膜形成。在授予 Gordon 的 1,269,422 号美国专利揭示了一种眼镜镜片，其包括一对光学表面，例如系由周缘接在一起的薄玻璃组成，形成一个充有透明液体的腔室。每一镜片装在一个框架上，其可通过打紧一个正切螺丝，以减小框架的圆周而变得较小。据揭示，这种拧紧可增加镜片的折射率。

可变焦距透镜的另一设计使用了具有柔性壁的充有流体的腔室，其中柔性壁的曲率可通过调节腔室中的流体量来改变。这种透镜可以包括一单个气球状物或囊状物，由透明材料制成，被适当折射率的液体胀大。其他有着柔性折射表面的结构，其曲率通过改变透镜体内流体的体积和或压力来调节，也已经被设计出来。例如在授予 Wright 的 3,598,479 号美国专利和授予 Barnea 的 4,913,536 号美国专利中都揭示了。

其他可变焦距透镜使用弹性变形材料，由各种周围环绕结构所变形，以改变光学表面的曲率。例如在授予 Imataki 等人的 4,783,155 号美国专利授予 Ikemori 的 4,784,479 号美国专利，授予 Baba 等人的 4,802,746 号美国专利以及授予 Suda 的 4,859,041 号美国专利中都提示了这种透镜。

在授予Ford等人的4,444,471号美国专利中也揭示了一种可变焦距的弹性坐形透镜,Ford揭示了通过将镜片径向拉伸一定数量,使光学表面的曲率减小,使透镜的折射率降低,以改变弹性双凸镜的焦距。但是,Ford没有讨论或揭示在径向拉伸仅为其直径的百分之几时的弹性透镜的光学能力的变化情况。

授予Baba等人的4,712,882号美国专利揭示了一种可变焦距透镜,包括一透明弹性圆柱体,有一径向变化的折射率,其中,通过径向扩展圆柱体使光学能力下降,由此使透镜处于径向张力下。透镜的径向扩张由环绕透镜圆柱体并与之结合的压电元件来实现。Baba揭示了这种径向扩张也减少了圆柱体端部光学折射表面的正曲率,或引起了负曲率的增加。在Baba的可变焦距透镜中,径向扩展通常是沿圆柱体整个轴线不均匀地进行的。

其他产生可变焦距透镜的方法包括控制做透镜的材料的折射率。例如,在由液晶构成的透镜中,流过液晶的电流变化可产生光学能力能够变化的透镜。其他晶体,其折射率可借助电动或机械方法加以连续改变,也可以用于制造可变焦距透镜。

这些构成可变焦距透镜的以前的方法有着各自特有的缺陷。例如,在多元透镜系统中、移动透镜元件需要较大、较重和较精密构造的机械透镜槽、轨道相连接机构。在用具有可变折射率的材料做成的透镜中,为了保持合适的光学清晰度,其尺寸不得受到限制。迄今已提示的任何采用充有流体的气球状物或囊状物的可变焦距透镜都需要贮存器和装置,以使流体流入和流出透镜,这导致不切实际的复杂性。而且,为产生连续可变的透镜散光,已有的透镜必须倾斜或有特殊的形状。

所以,一直需要有一种方法来产生可变焦距透镜,使透镜的球形和散光光学能力可以改变。而无需大的机械运动机构、特殊形状、改变材料的折射率或使用带贮存器的气球状透镜。

发明内容

本发明设计出一种弹性变形的可变焦距透镜,其中,通过将镜片径向拉伸至其直径的百分之几来改变光学能力。透镜包括一个透明弹性体,有着两个相对的光学折射表面,与光轴横切,以及一个围绕光轴边缘并在折射面之间延伸,以及用于使弹性体的边缘在垂直于光轴的平面上扩展不超过其自然直径约5%数量的装置。本发明还包括一种通过在垂直于透镜光轴的平面上扩展透镜的边缘不超过其自然直径约5%数量以增加弹性变形的透镜的光学能力的方法。

由此,本发明的一个目的是提出一种可变焦距透镜。

本发明进一步目的是提出一种可变焦距透镜,其光学能力借助弹性变形透镜的赤道直径的微量变化而改变。

进一步的目的是提出一种通过使弹性变形透镜的赤道直径有微量增加而形成可变焦距透镜的方法。

进一步的目的是提出一种通过使弹性变形透镜的赤道直径有微量减少而形成可变焦距透镜的方法。

进一步的目的是提出一种形成可变焦距透镜的方法，其中在给定的子午线处的散光能力是借助在透镜的不同子午线上的赤道直径有微量变化而改变。

进一步的目的是提出一种形成可变焦距透镜的方法，其中，借助电气装置使透镜片的赤道直径有微量变化。

本发明的进一步目的是提出一种形成可变焦距透的方法，其中，借助磁力装置使透镜的赤道直径有微量变化。

本发明的进一步目的是提出一种形成可变焦距透镜的方法，其中，磁致伸缩装置使透镜的赤道直径有微量变化。

本发明的进一步目的是提出一种形成可变焦距透镜的方法、其中，借助热装置使透镜的赤道直径有微量变化。

本发明的进一步目的是提出一种形成可变焦距透镜的方法、其中，借助机械装置使透镜的赤道直径有微量变化。

本发明的进一步目的是提出一种形成可变焦距透镜的方法，其中，借助化学装置使透镜的赤道直径有微量变化。

本发明的进一步目的是提出一种可变焦距散光透镜。

本发明的进一步目的将通过下面的叙述而变得显而易见。

附图说明

图 1 表示本发明的实验性可变焦距透镜的正视图，用于说明其工作原理；

图 2 表示图 1 可变焦距透镜的正面截面图，沿图 3 中 2-2 线作出；

图 3 表示图 1 可变焦距透镜片的侧视图；

图 4 表示图 1 可变焦镜片的侧面截面图，沿图 1 中 4-4 线作出；

图 5 表示本发明另一实施例的正视图、其结合了一个金属环，由作为致动装置的电加热元件加热；

图 6 表示图 5 所示可变焦距透镜沿 6-6 线所作的横向截面图；

图 7 表示本发明的可变焦距透镜的另一实施例的正视图，其径向拉伸装置包括调节螺丝用于改变透镜的焦距；

图 8 表示图 7 可变焦距透镜沿 8-8 线所作的横向截面图；

图 9 表示本发明的可变焦距透镜的另一实施例的正视图，其中径向作用的电动螺线管用了改变透镜的焦距；

图 10 表示本发明的可变焦距透镜的另一实施例的正视图，其中热膨胀金属环埋在弹性体透镜的边缘；

图 11 表示图 10 可变焦距透镜沿 11-11 线所作的横向截面图；

图 12a、12b 和 12c 表示如实施例所述对本发明的三种气球状透镜进行试验所取得的实验结果。

具体实施方式

本发明基于这一发现，即当弹性变形光学透镜的边缘在垂直于光轴的平面上径向微量扩展时、其光学表面的曲率会发生变化。自然，假定这种弹性透镜的径向拉伸会导致透镜的中央厚度减小，同时导致光学折射表面的曲率半径增大，结果使得透镜的光学能力下降。确实，正如 Ford 的 4,444,471 号美国专利所讲解和说明的，当拉伸过大时，可以观察到弹性体透镜光学能力有所下降。但是、非常惊奇的是，恰恰与人们所预见和与 Ford 所建议的相反，当弹性变形透镜的径向拉伸为其直径的百分之几时，其光学能力实际上增加了，并且非常明显。现已发现，使弹性变形透镜的赤道直径在垂直于光轴的平面上微量扩展，但不超过透镜自然直径的约 5%，则镜片的边缘区域的透镜曲率变平，而中央区域的曲率变大，结果导致了透镜中央区域的光学能力的增大。

这样，本发明包括一种增加透镜光学能力的方法，其包括一透明的弹性变形透镜体，具有两个折射表面，其横切于光轴，以及一个边缘其围绕着光轴，并使透镜体的边缘在垂直于光轴的平面上扩展，但其扩展量不超过其自然直径的约 5%。本发明还包括一种弹性变形透镜，其光学能力可借助由其赤道直径的微量变化而改变。这种透镜包括一弹性变形透明透镜，其有两个光学折射表面，横切于光轴，以及一个边缘，其围绕着光轴，并有着使透镜的边缘扩展不超过其自然直径约 5% 的装置。

本发明可用于传统透镜形状的所有弹性变形透镜，即双凸的、双凹的、平凸的、平凹的、凹凸的或双平的透镜，不论折射表面是球面的、非球面的、柱面的、复曲面的或诸如此类的。也即，本发明扩展到正的、负的和零能力的所有类型和厚度的透镜、包括那些由同质光学材料、系数逐渐变化的光学材料（GRIN 透镜）制成的透镜，各种形状和壁厚的充有流体的透镜，无论壁厚不变或可变，菲涅耳透镜，以及衍射光学元件（DOE）。

按照本发明，弹性变形透镜的焦距或光学能力由其赤道直径的微量变化来改变。典型地，弹性变形透镜安装在一槽中，其一开始施加足够的张力以支撑透镜并使其稳定在支座上或稳妥的位置上。从事安装并施加张力的元件通常位于透镜的边缘或赤道上，并在方向垂直于透镜光轴的平面上施加张力。通常最初的稳定张力较小，并不会使透镜的自然形状产生明显的变形。在本申请中，透镜的这种很少或没有张应力的状态称为透镜的自然状态。为了改变透镜的焦距或光学能力，将径向张力增大到使透镜的赤道直径的稍有增加的值，即其自然直径的5%，最好是其自然径的2-3%。当赤道直径发生这一微量增加时，透镜的一个或两个光学折射面则以独特的方式变化。折射表面在边缘附近变得平坦，同时在透镜的中央区域曲线随之变得更陡，即中央区域立即紧围着光轴。结果是，只要对赤道直径有微量增大，则透镜的中央区域的光学能力会增加，而不像预料的那样会减小。这样，缩短了透镜中央区域的焦距。

本发明的弹性变形透镜可由任何合适的光学材料构成，其应能经受大小足以表现出本发明的透镜的光学能力变化的弹性变形。该材料通常必须对该透镜准备用于聚焦的波长体现出透光性。这样，准备用于光谱的可见光区域的透镜通常必须在可见波长区域体现出透光性，而准备用于红外波长的透镜必须对红外辐射体现出透光性，但不必对可见光辐射体现出透光性，显然，若打算用于非临界的用途中，则透镜的某种程度的辐射散射和光学缺陷是可以容许的。但一般来说，材料应在有关的波长区域尽可能地体现出透光性。

用于按照本发明的透镜的弹性变形透镜元件可由固体弹性材料制成，做成自然的透镜元件形状。例如，固体弹性材料透镜可由合成聚合物制成，如硅橡胶、聚乙烯、聚丙烯、改性聚苯乙烯、透明聚氨酯弹性体等。技术人员认为所用的材料应表现出所希望的高透光性，即在感兴趣的波长处，表现出低的光学吸收性和低的光散射性。不同弹性体光学材料的特性是熟知的，或可以测量的。结果，使用者在为特定的透镜用途选择合适的材料时不会有困难。这些透镜可以用传统方法模制或浇铸成双凸面、平凸面、双凹面、平凹面、平面-平面或弯月面透镜等，透镜也可以通过把光学表面合到透明弹性体上来实现，用传统的工艺对材料进行加工，如通过冷却使其硬化并在这种状态下对其进行加工。

用于本发明的透镜体也可以是充有流体或充有凝胶的囊状物或气球状物。这类透镜可借助用透明材料制所的气球状物或囊状物来构成，例如，对苯二酸乙二醇酯，并用流体材料充入气囊，例如液体或气体，或透明的低散射性变形凝胶。用于填入气囊的合适材料包括水、水溶性无机和有机物的水溶液、有机液、水和水混溶性有机液的混合物以及硅油。有机液和可溶性无机盐含有卤素，如氯、溴和碘，呈共价结合或离子形式，可非常用地作为高折射

率的填充材料。而水和水混溶性有机化合物，如甘油和聚乙二醇的混合物也是非常有用的填充材料。

然后，利用连接到透镜边缘用来在通过透镜体的平面上施加径向向外的张力的装置，将气球状物或囊状物安装在光轴位置上并悬挂其上。当施加较低的张力时，透镜在安装装置内呈稳定形状，即处于稳定态，在本申请中定义为透镜的自然状态。在充有流体或凝胶的透镜体的边缘，进一步施加径向张力，使透镜体边缘扩张到 5%，引起光学表面经历本发明所述形状的特性变化，由此增大透镜中心区域的曲率，并增大了透镜的光学能力。

任何能够在透镜边缘或赤道上产生径向张力的方法或过程都可用来改变按照本发明的弹性变形透镜的光学能力。用于施加张力的装置本身不需在对应于透镜光轴的正径向方向上施加张力。施加在透镜边缘上的所有张力的合力足以增大透镜的边缘直径。

由此，施加到透镜边缘使其赤道直径扩张的力可由简单机械装置来施加，如径向螺丝、液压缸或气动缸、电磁铁、机械凸轮和凸轮从动机械，如虹膜机构之类所采用的机械。这些机构可以用传统方法紧固在透镜边缘，如夹紧、粘结等。产生张力的机构应能围绕透镜边缘施加方向朝外的径向力。尽管透镜体的张力必须在垂直于光轴的平面上向外施加，但作为张力来源的机械装置可位于透镜形成径向扩展的该平面以外的其他地方。然而，张力来源通常位于透镜附近，直接地或是通过机械耦合元件对透镜体施加向外的径向力，这些耦合元件把致动元件产生的力转换成作用在透镜体上向外的径向力。尤其是，致动元件可以平行于光轴工作，由张力发生器的轴向运动产生的张力可由腱、滑轮、曲柄等转换成向外的径向张力而作用在透镜体上。在最佳实施例中，透镜体的径向张力可通过提供一从透镜体边缘径向延伸的柔性法兰并在平行于光轴的方向将法兰移过一直径略大于透镜边缘的圆形砧来产生。柔性法兰上的轴向拉力被转换成透镜体边缘上的径向张力，其可增大透镜的直径并由此增加透镜的光学能力。

按照本发明推荐的一种可变焦距透镜包括一弹性变形透镜体，其有一用金属或其他材料做的致动环，连接到透镜体的边缘或埋入靠近其边缘的透镜体中。致动环由可根据其物理或化学环境的变化而扩张其直径的材料构成，由此改变致动环平面上透镜体的直径。若采用金属致动环，该环的直径可通过加热来膨胀。由此扩张了透镜体的边缘并增大透镜的光学能力。该致动环可由传统的加热方法来加热。例如，可将一电热元件置于该金属环附近或围绕着它，通过热传导来加热。在这种安排中，致动环的温度可通过调整加热元件中的电流来加以控制或者致动环可由其本身内部的电流来加热。通过在致动环中插入一段绝缘段并在致动环的导电部分两端经电极加上电流，或是用外部交变电磁场的电磁感应在金属环中产生涡电

流。金属致动环也可以用以外部辐射源直接加在其上的辐射热来加热，即红外辐射。可扩张的金属致动环的温度的连续变化产生按照本发明的透镜的光学能力的连续变化。此外，还有可能通过用被加热或冷却到预定温度时会改变其直径的形状记忆金属来做致动环，实现在一预定温度时其光学能力有较快的变化。若致动环由磁致收缩金属制成，则其直径可在受到磁场作用时改变。致动环也可以由压电材料制成，在加上电场时，会改变其直径，例如，一个矩形截面的致动环，由压电陶瓷制成，电极在环的相对侧，以加上电场。

致动环也可以包括双金属元件，布置成在改变温度时在透镜体的边缘施加向外的力。显然，这种元件可布置成在升高或降低温度时增加透镜的赤道直径。

致动环可包括根据化学环境变化而改变其尺寸的材料，由此增大透镜体的尺寸。

附图中表示本发明的可变焦距透镜的一些实施例。

图 1-4 表示用于评价和说明本发明的透镜和方法的实验装置 100。一个双凸面的弹性变形透镜 102，例如由透明囊状物形成的透镜，具有一壁 114 和围绕着赤道的边沿 110，充有水 112，安装在刚性安装环内 104。图 1 表示该装置的正视图，而图 2 表示从透镜 102 的边缘或赤道 1 平面所作的正面截面图。图 3 表示从垂直于图 1 所示的线 4-4 看的装置 100 的侧视图，而图 4 表示沿图 1 所示的线 4-4 所作的横截面。安装环 104 支撑着 8 个千分尺，有着不转动的心轴，用固定螺钉等固定在安装环 104 上。千分尺 106 的心轴布置成顶针转动时径向移入和移出。每一千分尺的内端是一压板 108，牢固地压紧透镜 102 的边缘 110。整个装置 100 可用一未画出的传统安装装置安装在一未画出的光学平台上，以评价增加透镜 102 的赤道直径的产生的焦距变化。一旦透镜 102 被压紧在装置 100 的中心位置，则可调节千分尺，以在透镜边缘或法兰 110 处产生最初的稳定张力，以建立初始条件。在评价增加赤道直径的作用时，用传统方法测量透镜初始条件时的焦距。然后，千分尺 106 调节到使透镜 102 的边缘凸缘 110 均匀地向外微量位移，并重新测定焦距。对于这种装置中的弹性变形透镜，已发现在赤道直径增大到约 5% 时，透镜的光学能力增大了。

其他用于施加径向张力并使赤道直径有微量增大的装置，也可用于按照本发明的可变焦距透镜。

本发明的另一种可变焦距透镜 200 如图 5 和图 6 所示。一弹性变形透镜 202 有一环形的电阻加热线圈 206，埋入透镜边沿 204 近赤道 205 处。线圈 206 可由流经其中的电流加热，由此增大了其直径，随之增大了透镜的赤道直径。图 5 是表示具有一埋入其中作为可控制热源的加热线圈 206 的透镜 202 的正视图。图 6 表示图 5 沿图 5 所示的线 5-5 布置的透镜的侧面截面图。

本发明的可变焦距透镜的一个实施例 500 如图 10 和图 11 所示。本发明的该实施例使用一埋入透镜 502 的边沿 504 或连接在其上的金属环 506。当金属环 506 被加热时则扩张，由此增大了透镜 502 的赤道直径，并增大了其光学能力。金属环 506 可由图 5 和图 6 所示类型的一个靠近的加热线圈来加热。该金属环也可以由其他装置加热。例如，金属环可由铁磁材料制成，透镜可由载有交变电流的线圈环绕，通过电磁感应加热金属环。金属环也可以由辐射能加热。

本发明的另一实施例如图 7 和图 8 所示，其中使径向直径增大的径向张力由张力螺钉施加，其在砧面上拉伸弹性变形透镜的边缘。在该装置中 300，弹性变形透镜 302 由一靠调节螺钉 310 推动的压紧环 308 安装在张力槽 304 中。调节螺钉 310 可经初始调节，为透镜 302 提供一初始稳定张力。然后，通过拧紧调节螺钉 310，透镜 302 的边缘 312 被拉伸，超过环形砧 306，由此增大了透镜 302 的赤道径向直径。结果是，当赤道直径增大百分之几时，则增大了光学能力。

图 9 表示本发明的实施例 400，其中弹性变形透镜 402 由紧固到螺线管 406 上的压板 408 固定。螺线管 406 则安装到未画出的任何传统的支撑结构上。当螺线管 406 致动时，透镜 402 的赤道直径增大，由此增大了透镜的光学能力。

本发明的弹性变形焦距透镜的赤道环可以是一压电材料，施加电压时则扩张，或者是磁致伸缩环，放在磁场中会扩张。也可以使用受热时会改变其直径的双金属环。该环也可以是由在特定转变温度时会改变直径的形状记忆合金制成。该环不必连续地围绕着透镜的整个周沿，而且可由两段或多段组成。只要各段的组合作用在其大小由于例如加热而改变时能使透镜的赤道直径有变化就足够了。通常，任何材料，如金属、塑料、复合材料等都可使用，只要其直径能通过施加某种程度的输入而加以改变就行了，这样，其直径可由机械调节改变的任何环都适用于本发明的可变焦距透镜。最好是，这种环应绕透镜的赤道提供均匀的张力，以产生受力均匀的透镜。甚至其直径可由暴露于某些化学环境而改变的材料制成的环，例如其机械尺寸由于环境的 pH 值有变化而随之改变的聚合物，也可以用于本发明的可变焦距透镜中。

本领域的技术人员会理解，使本发明透镜的赤道直径有变化的张力环可埋入透镜本身，最好是在透镜赤道附近，或可以是在透镜外部，并由合适的手段如用夹紧、粘结等方法紧固到透镜的赤道上。

本发明的方法也可用于生产可变焦距散光透镜。通过使弹性变形透镜的赤道直径的不同子午线有不同程度的微量改变，能够控制不同子午线上的透镜的光学能力。

如上所讨论的，用于本发明的可变焦距透镜的张力环可以安装、连接到、埋入或做成气球状或柔性弹性变形透镜的赤道直径的整体部分。该环只需有足够的刚性，就可以在透镜的赤道上施加一个力，以产生微量位移。这些材料是熟知的，并包括合适的金属、双金属元件、形状记忆金属、合金、陶瓷、合成树脂、玻璃材料、瓷器、玻璃纤维、硼纤维、碳纤维、铝纤维、复合材料等。

本发明的可变焦距透镜可用适合于所用材料的任何传统的技术来制造，如机械加工、注射成型、真空成型、压力成型、热塑、压缩成型、压印等。

例子

本例说明弹性变形透镜的光学能力的变化情况，这种变化是通过使透镜的赤道直径作微量变化而达到的。

图 1-4 所示的这类实验装置被制造用来测量对以该装置中进行测试的弹性变形透镜的赤道直径作微量变化所达到的光学能力的变化。

三个透明的塑性、聚氯乙烯气球状物，是由杨氏模量为 2.4-4.1GPa、折射系数为 1.50-1.55 的聚氯乙烯构成。通过加热密封，把气球状物制成两个由聚氯乙烯材料做成的网，厚度约 0.5mm，同时，留下 3mm 宽的边缘，从透镜的赤道围绕气球状物的向外径向延伸。然后气球状物被充入水并加以密封。气球状物被分别编号为 1、2 和 3，其尺寸列于下面的表 1 中。厚度在沿光轴的前后方向测量。

表 1

透镜编号	赤道直径(mm)	厚度(mm)
1	30.4	11.5
2	28.7	12.6
3	27.6	15.0

该装置基本上与图 1-4 所示相同。透镜安装在该装置上，其赤道边缘被紧夹到八个等距对置的带非转动心轴的千分尺的心轴上(L.S. Starrett Co., Athol, MA)。安装环位于精密光具座上(型号 L-360-N, Gaertner Scientific, Chicago, IL)，用双弧测角计确保气球状透镜的赤道平面垂直于光具座的观察轴。来自安装在光学具座上的准直仪的平行准直光线通过一有着 9.5mm 开口的隔膜，然后通过测试透镜，用一位于光轴上的显微镜观察图像。测试镜片的初始直径通过调节千分尺确定，直至观察到清晰的图像。然后，转动千分尺，使心轴向外移动，增量为 0.127mm， $\pm 0.005\text{mm}$ 。测试透镜的有效焦距是对应于赤道直径的每个增量而加以测

定的，其精度达到 ± 0.12 屈光度，正如从节点位置测定的那样。赤道直径持续增加直到有进一步的增量产生，在有效光学能力范围内约为 1 屈光度的增量。然后向内转动千分尺，增量为 0.127mm，同时测量有效光学能力，直到气球状透镜回到其初始赤道直径。每个透镜经三个拉伸和放松循环测试。赤道直径的微小增量 ($< 2\%$) 所带来的有效光学能力的增加是完全可逆和可再现的。

对三个镜片的测试结果如下面表 2 所示：

表 2

透镜编号	赤道直径变化 (mm)	平均主光学能力 (屈光度)	标准偏差 (屈光度)
1	0	14.4	0.3
	0.254	17.0	0.8
	0.508	19.0	0.7
	0.762	20.7	0.2
	1.016	21.5	0.3
	1.524	22.0	0.3
	1.016	20.7	0.4
	0.762	19.8	0.8
	0.508	18.2	0.5
	0.254	15.9	0.7
	0	13.4	0.1
2	0	13.6	0.2
	0.254	16.8	0.1
	0.508	19.8	0.2
	0.762	21.6	0.3
	1.016	23.0	0.8
	1.524	23.9	0.5
	1.016	22.2	0.9
	0.762	20.5	1.1
	0.508	18.1	0.5
	0.254	15.7	0.3
	0	13.8	0.1

	0.254	15.7	0.3
	0	13.8	0.1
3	0	13.7	0.5
	0.254	16.7	0.9
	0.508	18.5	0.3
	0.762	20.1	0.1
	1.016	20.6	0.7
	1.524	21.1	0.8
	1.016	19.2	0.2
	0.762	18.2	0.6
	0.508	16.9	0.5
	0.254	15.0	0.5
	0	13.7	0.5

实验结果在图 12a、图 12b 和图 12c 中以图形表示。在这些图中，当透镜被拉伸时得到的数据点由圆点指出，当透镜被放松时得到的那些数据点由方块指出。这些结果表明，光学能力的改变对于赤道直径的微量改变而言是显著的和线性的。

现已充分讨论了本发明，应理解也可以以其他特定形式或变化来实施本发明，而不背离其精神或基本特性。所以，上述实施例应被认为在各方面都是示意的而非限制性的，发明的范围由所附的权利要求书指出，远非上述说明，在权利要求书同等意义和范围内的任何改变都被包括在权利要求内。

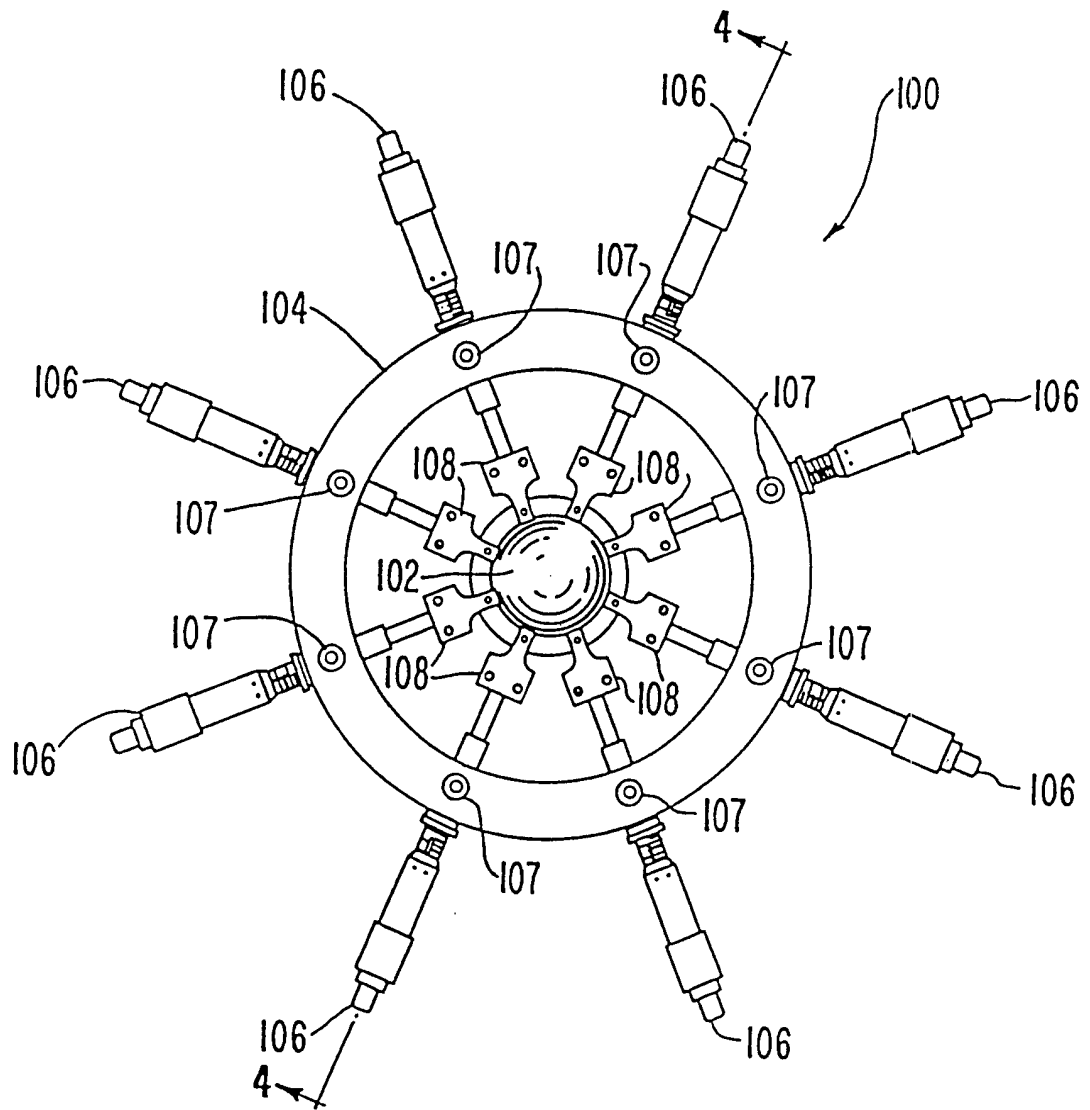


图 1

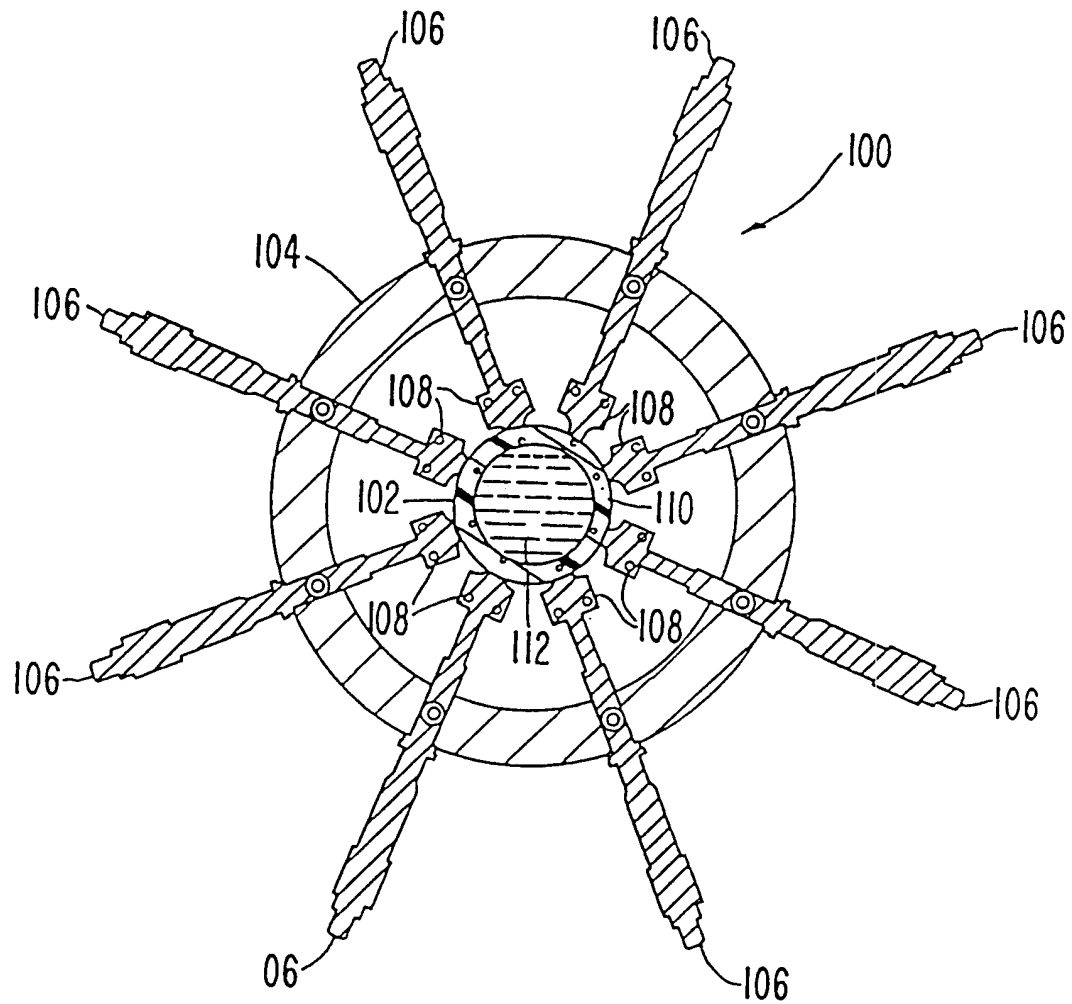


图 2

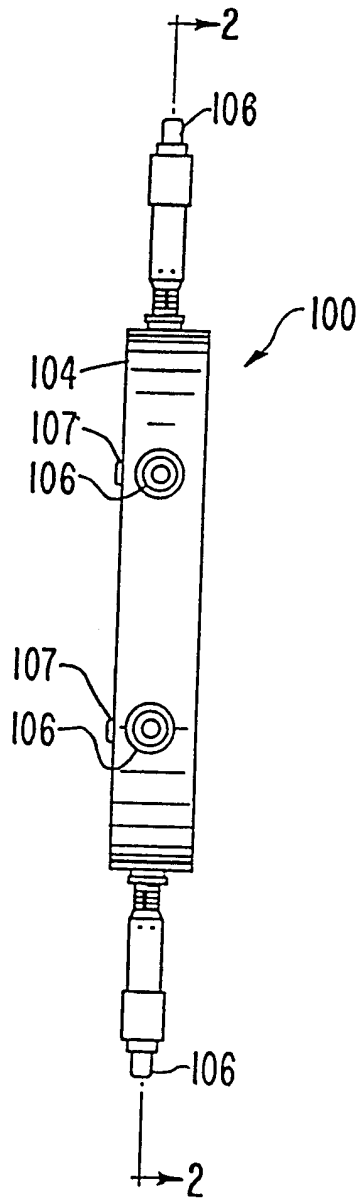


图 3

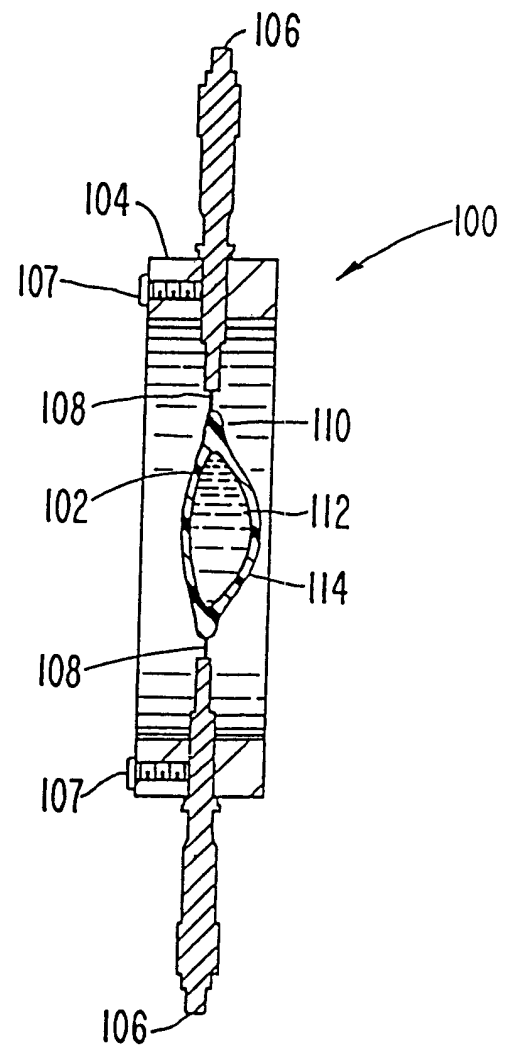


图 4

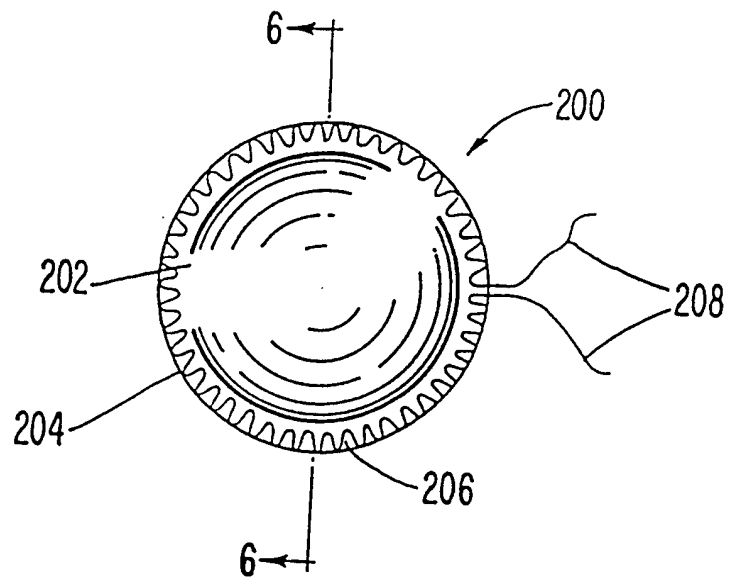


图 5

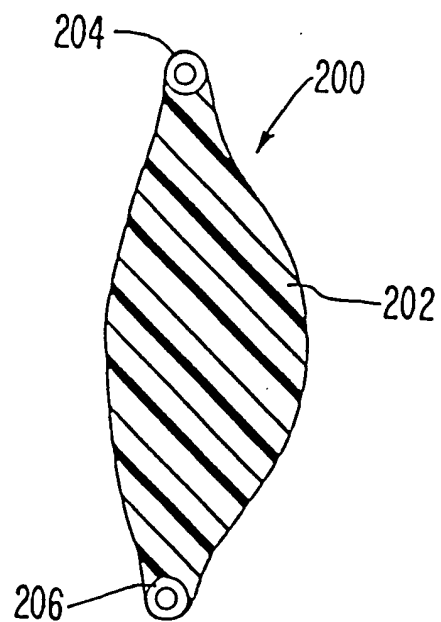


图 6

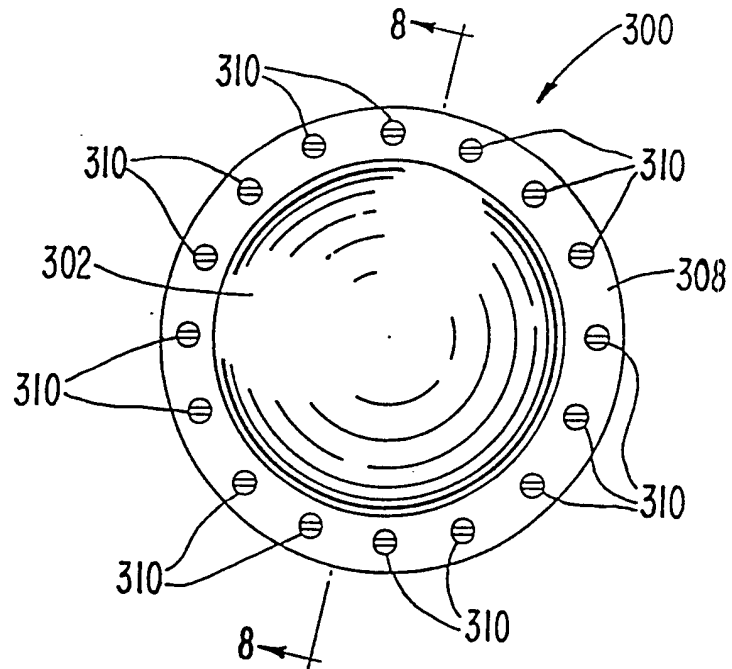


图 7

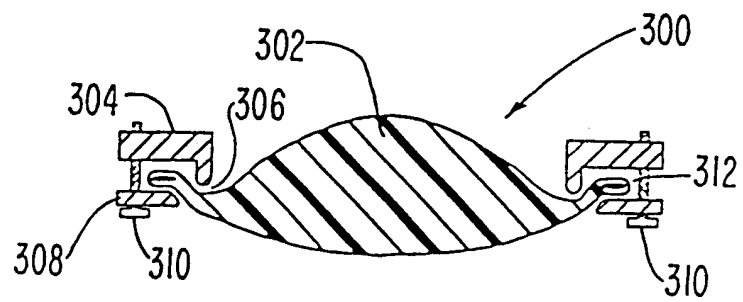


图 8

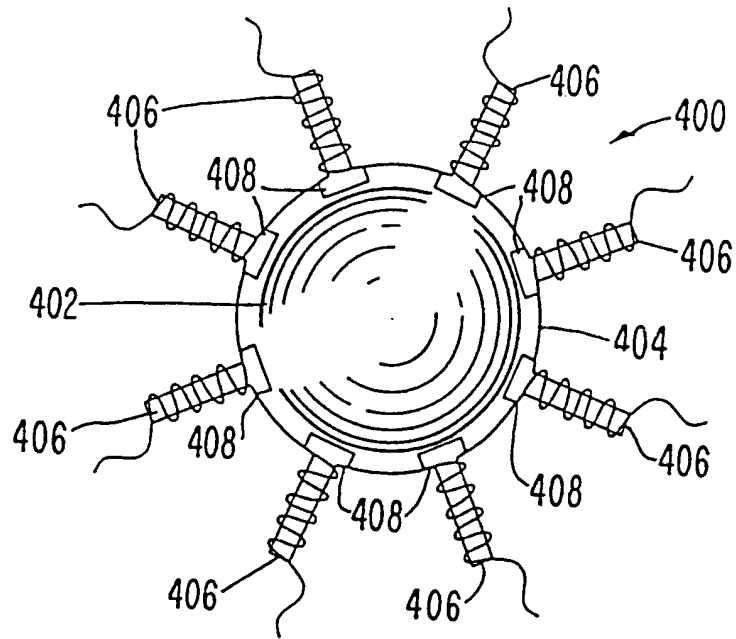


图 9

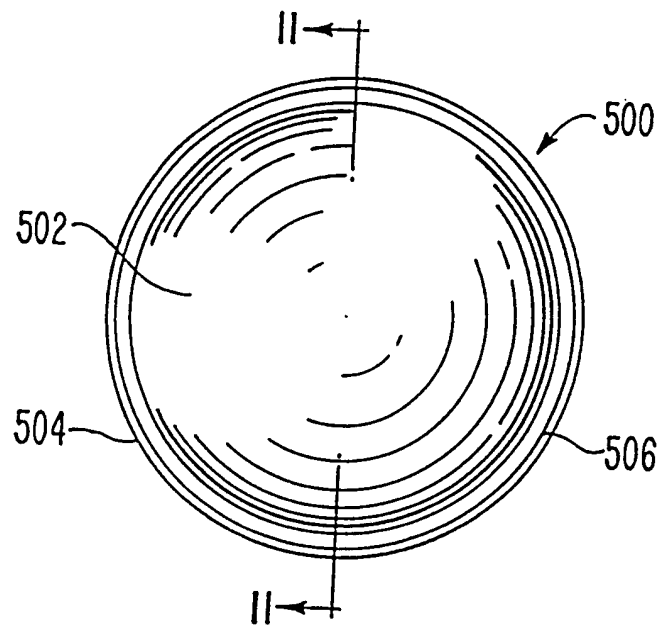


图 10

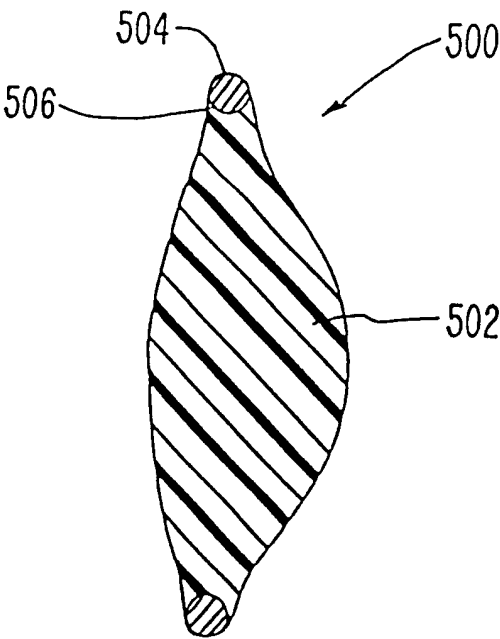


图 11

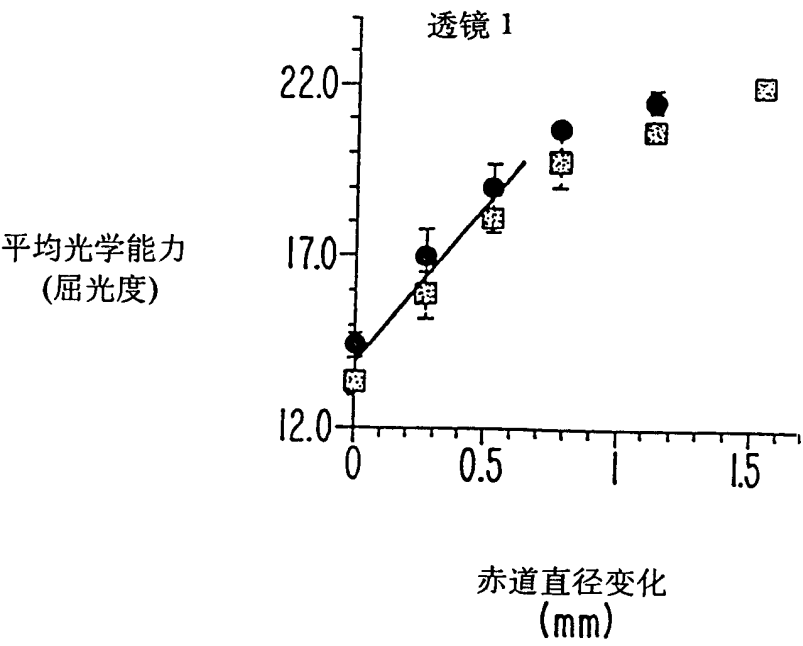


图 12A

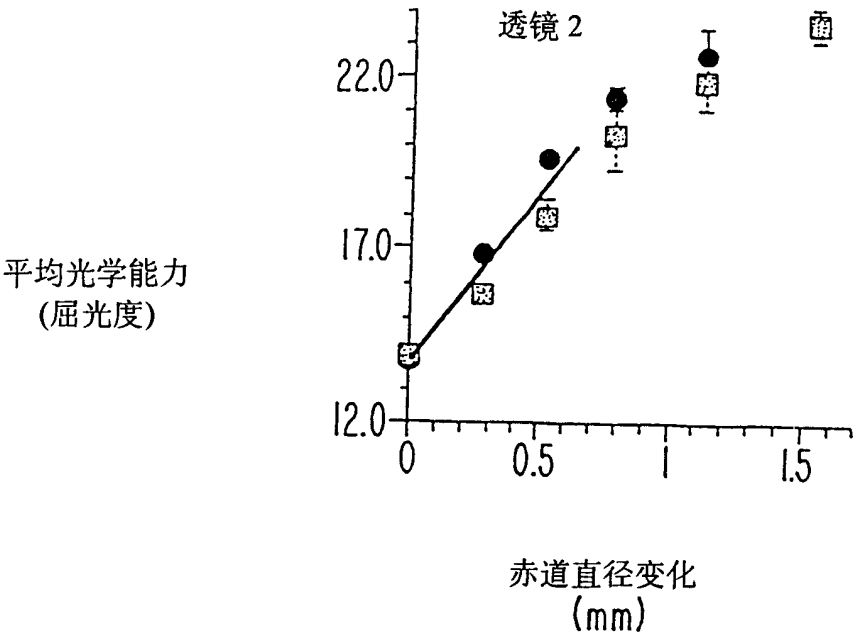


图 12B

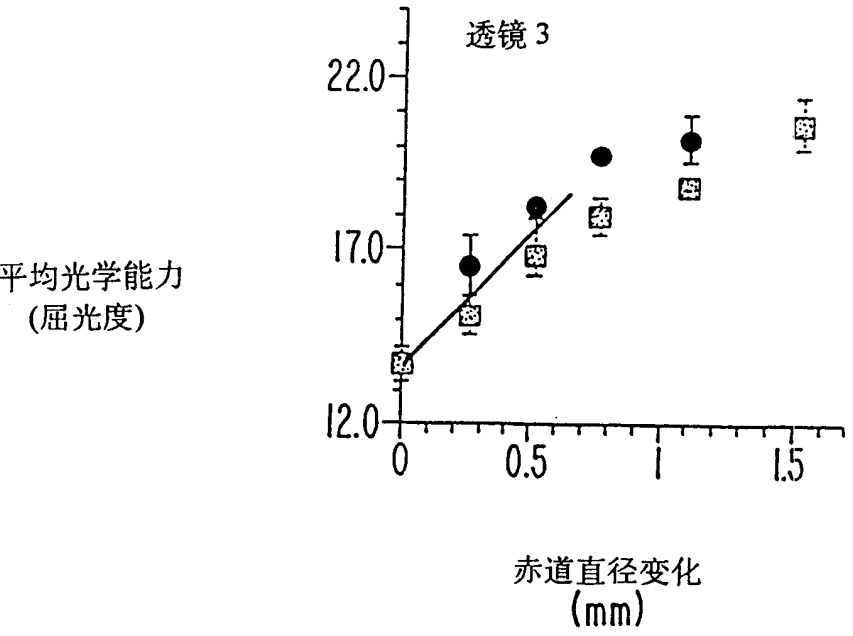


图 12C