



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101455593 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 200810179935.5

行,第8页第4-9行,第11页第1-7行,第11页第32行至第12页第26行,第13页第17-21行以及附图1、6、7、11.

(22)申请日 2008.10.02

US 4994082 A, 1991.02.19, 说明书第7栏第51行至第9栏第47行、第12栏第57行至第15栏第15行以及附图5和6.

(30)优先权数据

60/976,947 2007.10.02 US

US 3583790 A, 1971.06.08, 全文.

(73)专利权人 爱尔康公司

US 3617116 A, 1971.11.02, 全文.

地址 瑞士洪恩伯格

WO 2005/084587 A2, 2005.09.15, 全文.

(72)发明人 洪昕 张晓啸

WO 2006/118452 A1, 2006.11.09, 全文.

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

审查员 王翠平

代理人 李玲

(51)Int.Cl.

A61F 2/16(2006.01)

(56)对比文件

WO 2007/015640 A1, 2007.02.08, 说明书第1页第30-34行, 第2页第8-15行, 第6页第11-23

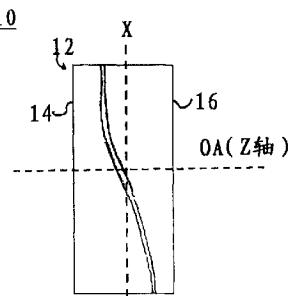
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

提供可变球面像差控制的简便眼调节的双元件系统

(57)摘要

本发明涉及提供可变球面像差控制的简便眼调节的双元件系统。在一个方面,本发明提供一种双元件眼用镜片,其中所述元件相对彼此的横向偏移不仅能够引起由镜片提供的球面屈光力的变化,还能够引起由所述镜片呈现的球面像差的变化。在一些实现中,两个元件的厚度轮廓被设计为使得在球面像差上的变化与镜片的球面屈光力的变化正相关。



1. 一种眼用镜片,包括

光学部件,具有沿光轴一前一后布置的两个光学元件,所述元件中的至少一个能相对于另一个沿基本上与所述光轴横截的方向横向移动,

耦合至所述光学元件中的每一个的至少两个触觉部分;

连接至所述两个触觉部分的多个柔性铰链,使得铰链在睫状肌的影响下相对彼此横向移动,以使得所述光学部件彼此横向偏移并减小所述光学部件沿所述光轴分开的距离;

其中所述元件被配置为使得所述横向移动引起由所述光学部件提供的屈光力的变化以及由所述光学部件呈现的球面像差的变化。

2. 如权利要求1所述的眼用镜片,其中所述元件被配置为使得球面像差随着屈光力增加而增加。

3. 如权利要求1所述的眼用镜片,其中所述球面像差作为与所述横向移动相关联的位移的函数而变化。

4. 如权利要求3所述的眼用镜片,其中所述球面像差随着所述位移增加而增加。

5. 如权利要求4所述的眼用镜片,其中所述球面像差作为所述位移增加的函数而线性增加。

6. 如权利要求1所述的眼用镜片,其中所述元件中的一个呈现按照以下关系式定义的厚度轮廓 $t_1(x, y)$ :

$$t_1(x, y) = a \left( xy^2 + \frac{1}{3}x^3 \right) + b \left( xy^4 + \frac{1}{5}x^5 \right) + cx^3y^2$$

其中x、y、z表示由相互正交的x、y和z轴形成的笛卡儿坐标系,其中光轴是沿着z轴的,并且其中a,b,c是可调参数,并且其中另一个元件呈现按照以下关系式定义的厚度 $t_2(x, y)$ : $t_2(x, y) = -t_1(x, y)$ 。

7. 如权利要求6所述的眼用镜片,其中

a可以在约 $\frac{2.5}{\Delta n}$  (**D/mm**)到约 $\frac{12.5}{\Delta n}$  (**D/mm**)的范围内;

b可以在约 $\frac{-3.3}{32\Delta n}$  (**D/mm<sup>3</sup>**)到约 $\frac{2}{32\Delta n}$  (**D/mm<sup>3</sup>**)的范围内;以及

$c = \frac{2}{3}b$ , 其中 $\Delta n$ 表示形成光学部件的材料的折射率和周围介质的折射率之间的差。

8. 一种眼用镜片,包括

前光学元件和后光学元件,所述元件能相对彼此横向移动,

耦合至所述光学元件中的每一个的至少两个触觉部分;

连接至所述两个触觉部分的多个柔性铰链,使得铰链在睫状肌的影响下相对彼此横向移动,以使得所述光学部件彼此横向偏移并减小所述光学部件沿所述光轴分开的距离;

其中所述元件呈现适当的厚度轮廓使得所述横向移动引起由所述元件组合呈现的至少一个光学像差的变化。

9. 如权利要求8所述的眼用镜片,其中所述像差包括球面像差。

10. 如权利要求8所述的眼用镜片,其中所述厚度轮廓适合于引起作为所述横向移动的函数、由所述元件提供的组合屈光力的变化。

11.一种制造眼用镜片的方法,包括:

形成具有厚度轮廓的两个光学元件,使得由所述元件的组合形成的光学部件中的一个元件相对另一个的横向偏移导致由所述元件提供的组合球面屈光力的变化和所述元件的组合呈现的球面像差的变化,

使用耦合至所述光学元件中的每一个的至少两个触觉部分以及连接至所述两个触觉部分的多个柔性铰链沿光轴一前一后装配所述光学元件,其中所述铰链在睫状肌的影响下相对彼此横向移动,由此使得所述光学部件彼此横向偏移并减小所述光学部件沿所述光轴分开的距离。

12.一种人工晶状体,包括:

围绕光轴布置的前光学部件和后光学部件,

至少两个触觉部分,每个都耦合至一个所述光学元件,

多个柔性铰链,连接所述两个触觉部分以使得铰链在睫状肌的影响下相对彼此横向移动,从而允许两个触觉部分相对彼此横向移动,由此使得所述光学部件相对彼此横向偏移并减小所述光学部件沿所述光轴分开的距离,

其中所述光学元件被配置为使得所述横向移动引起由所述光学部件提供的组合屈光力的变化以及由所述光学部件的组合呈现的球面像差的变化。

13.如权利要求12所述的人工晶状体,其中所述触觉部分被配置为使得所述横向移动基本上与所述光轴横截。

## 提供可变球面像差控制的简便眼调节的双元件系统

### 技术领域

[0001] 本发明一般地涉及一种眼用镜片,尤其涉及一种呈现出调节屈光力的人工晶状体。

### 背景技术

[0002] 人工晶状体(intraocular lens, IOL)通常在白内障手术中被例行地植入患者眼中以代替模糊的固有晶状体。固有晶状体的屈光力可以在睫状肌的影响下变化以便为观看离眼睛不同距离上的物体提供眼调节(accommodation)。尽管如此,多数IOL只提供无法眼调节的单焦屈光力,或眼调节程度受限的双焦屈光力(通常称作“伪调节”)。已知的调节性IOL可以提供比单焦或双焦镜片提供的眼调节更强的眼调节。尽管如此,多数这种IOL利用一组复杂的光学元件。此外,这种IOL在镜片为变化距离上观看物体提供眼调节时通常不考虑像差因素。

[0003] 因此,仍有需要改进的IOL,尤其需要改进的调节性IOL。

### 发明内容

[0004] 在一方面,本发明提供一种眼用镜片,例如IOL,以提供一种具有沿光轴一前一后布置的两个光学元件的光学部件,其中这些元件中的至少一个能相对于另一个沿基本上与光轴横截的方向横向移动。该光学元件被配置为使得横向移动引起由光学部件提供的屈光力的变化以及由该光学部件呈现的球面像差的变化。

[0005] 该球面像差能作为所述元件相对彼此横向位移的函数而变化。例如,在一些情况下,球面像差例如作为横向位移增加的函数而线性增加。在很多情况下,作为元件之间横向偏移的函数的球面像差变化与作为该偏移的函数的球面屈光力变化正相关(例如,屈光力和球面像差均随着所述元件相对彼此横向位移线性增加)。

[0006] 在相关方面中,所述元件中的一个呈现由如下关系式定义的厚度轮廓 $t_1(x, y)$ :

$$[0007] t_1(x, y) = a \left( xy^2 + \frac{1}{3} x^3 \right) + b \left( xy^4 + \frac{1}{5} x^5 \right) + cx^3 y^2$$

[0008] 其中x,y,z表示由相互正交的x,y和z轴形成的笛卡儿坐标系,其中光轴是沿着z轴的,并且其中a,b,c是可调参数。另一个光学元件可具有厚度轮廓 $t_2(x, y)$ ,其与厚度轮廓 $t_1(x, y)$ 按照如下关系式而相关:

$$[0009] t_2(x, y) = -t_1(x, y)$$

[0010] 在一些实施例中,参数a,b和c的值可以分别在约 $\frac{2.5}{\Delta n}$ (D/mm)到约 $\frac{12.5}{\Delta n}$ (D/mm)的范围内;在约 $\frac{-3.3}{32\Delta n}$ (D/mm<sup>3</sup>)到约 $\frac{2}{32\Delta n}$ (D/mm<sup>3</sup>)的范围内;以及 $c = \frac{2}{3}b$ ,其中 $\Delta n$ 表示形成光学部件的材料的折射率和周围介质的折射率之间的差,并且(D/mm)表示单位为屈光度每毫米,而(D/mm<sup>3</sup>)表示单位为屈光度每立方毫米。

[0011] 在又一方面,公开了一种眼用镜片(例如,IOL),其包括前光学元件和后光学元件,

其中所述元件能相对彼此横向移动。这些光学元件呈现适当的厚度轮廓使得元件相对彼此的横向移动引起由这些元件的组合呈现的至少一种像差(例如,球面相差)的变化。

[0012] 对本发明各方面的进一步理解可结合附图参考下文详细描述来获得,随后将对附图做简要描述。

## 附图说明

[0013] 图1A是根据本发明一个实施例的眼用镜片的示意性侧视图,该镜片具有由两个相对彼此可横向移动的光学元件形成的光学部件,

[0014] 图1B是图1A镜片的示意性透视图,

[0015] 图1C示意性地描绘了图1A和1B所示镜片的光学元件中的一个的厚度轮廓(另一个光学元件具有相似的厚度轮廓,但具有相反的符号),

[0016] 图2A示意性地描绘了根据本发明一个实施例的双元件IOL的示例性实现,该IOL具有两个通过柔性铰链连接的触觉部分,以允许它们相对彼此横向移动,

[0017] 图2B示意性地描绘了图2A所示IOL的触觉部分和连接那些触觉部分的柔性铰链,

[0018] 图2C示意性地描绘了当该IOL植入眼睛的晶状体囊后,图2A所示的该IOL的铰链,

[0019] 图3A示意性地描绘了根据本发明的双元件IOL的另一个示例性实施例,该IOL具有通过多个柔性铰链连接的两个触觉部分,使得触觉部分并因此连同光学部件在铰链的松弛状态下呈现横向偏移量,

[0020] 图3B示意性地示出了图3A中描绘的触觉部分,以及

[0021] 图3C示意性地描绘了当图3A所示IOL植入到眼睛的晶状体囊后,图3B中示出的触觉部分。

## 具体实施方式

[0022] 本发明实施例通常提供一种带有可调节球面屈光力和可调球面像差的眼用镜片,及其制造和使用方法。在一些实施例中,该镜片(例如,IOL)可被形成为双元件光学系统,其屈光力和一阶或更高阶像差可以通过调整这些元件之间的横向偏移来控制。在许多实现中,该两个元件的厚度轮廓被设计为使得该元件相对彼此在与光轴横截的方向上的横向偏移不仅能够改变该两个元件的组合球面屈光力,还可以改变由这些元件的组合所呈现的球面像差。这种镜片可以在调节屈光矫正(refractive correction)和/或静态像差校正上有各种应用。举例来说,这种IOL能减轻睫状肌的调节性负担,以便利用有限的肌肉运动实现在宽距离范围上视觉清晰。在静态像差校正中,这种镜片用于经由这些元件的不同横向偏移来为不同的个人提供定制的像差校正。在许多实现中,该球面像差与对应于镜片球面屈光力的调节量正相关。

[0023] 在下面的实施例中,将结合人工晶状体(IOL)讨论本发明的各个方面。本发明的教导可同样用于其它眼用镜片,例如隐形眼镜。术语“人工晶状体”和其缩写“IOL”在本文中可互换地用来描述被植入到眼睛内部以代替眼睛的固有晶状体或不管固有晶状体是否被摘除而以另外的方式增加视力的镜片。角膜内镜片(intracorneal lenses)和有晶状体眼人工晶状体(phakic intraocular lenses)是在不摘除固有晶状体的情况下植入眼内的该镜片的示例。

[0024] 图1A和1B描绘了根据本发明一个示例性实施例的可变屈光力人工晶状体(IOL)10,其包括光学部件12,后者则具有前光学元件14(本文中也称作前光学部件)和后光学元件16(本文中也称作后光学部件),它们沿光轴OA(在本文中被描绘成沿由相互正交的x、y和z轴定义的xyz坐标系的z轴延伸)一前一后布置。前光学元件和后光学元件被配置成相对彼此在沿基本上与光轴OA横截的方向上移动。更具体地,在这一实现中,后光学元件保持固定而前光学元件能沿x方向移动。在其它实现中,前光学元件保持固定而后光学元件移动,或两个元件都能移动。如以下将更详细描述的,这种光学元件相对彼此的横向偏移不仅可改变光学部件12提供的屈光力(即,由光学元件14和16的组合提供的屈光力),也可改变光学部件呈现的球面像差(即,由光学元件14和16的组合所呈现的球面像差)。

[0025] 更具体地,如在图1A-1C中示意性示出的,光学元件14和16的每个均呈现非均匀的厚度轮廓。该光学元件的非均匀的厚度轮廓被设计为通过元件相对彼此的横向偏移协同引起光学部件的屈光力及其球面像差的改变。更具体地,在该示例性实现中,该元件中的一个的厚度轮廓(例如,前光学元件的厚度轮廓)( $t_1(x, y)$ )和另一个元件的厚度轮廓(例如,后光学元件的厚度轮廓)( $t_2(x, y)$ )根据如下关系定义:

[0026]  $t_1(x, y) = -t_2(x, y) = t(x, y)$  公式(1)

[0027] 其中 $t(x, y)$ 又根据如下关系定义:

[0028]  $t(x, y) = a\left(xy^2 + \frac{1}{3}x^3\right) + b\left(xy^4 + \frac{1}{5}x^5\right) + cx^3y^2$  公式(2)

[0029] 其中a,b和c是可调参数并对于 $t_1$ 和 $t_2$ 具有相反的符号。

[0030] 为了说明上述厚度轮廓如何导致在光学部件12的球面屈光力及其球面像差的改变,考虑该光学元件相对彼此沿x-的横向偏移一距离( $\Delta x$ ),例如,其特征在于前光学元件14正向移动( $\frac{\Delta x}{2}$ )且后光学元件16负向移动( $-\frac{\Delta x}{2}$ )。该两个元件组合产生的、从中可确定波阵面的、且作为x和y的函数的光程差(OPD)可由以下关系确定:

[0031]  $OPD \approx \frac{\partial t}{\partial x} \Delta x \Delta n = (a(x^2 + y^2) + b(x^4 + y^4) + 3cx^2y^2)\Delta x \Delta n$  公式(3)

[0032] 其中 $\Delta n$ 表示形成光学元件的材料(在该实施例中,假设这些光学元件由相同材料形成)的折射率和这些元件周围介质的折射率之间的差。

[0033] 通常,参数c和b可基于例如IOL的设计要求来独立选择。尽管如此,举例来说,考虑其中 $c = \frac{2}{3}b$ 的情况。光程差可通过如下关系定义:

[0034]  $OPD = (a(x^2+y^2)+b(x^4+2x^2y^2+y^4))\Delta x \Delta n$  公式(4)

[0035] 通过引入等于( $x^2+y^2$ )的参数 $\rho$ ,上述公式(4)可重写成如下形式:

[0036]  $OPD = (a\rho^2+b\rho^4)\Delta x \Delta n$  公式(5)

[0037] 在上述关系式(5)中,第一项提供这些光学元件的组合的球面屈光力而第二项则定义由这些元件的组合所呈现的球面像差。关系式(5)示出在这一实现中球面屈光力和球面像差两者都作为两个元件间的横向偏移( $\Delta x$ )的函数而线性变化。

[0038] 更一般地,该球面屈光力和球面像差的变化可通过如下计算OPD的曲率得到进一步理解:

[0039] 曲率(OPD) =  $\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left( \frac{\partial t}{\partial x} \Delta x \Delta n \right)$

[0040] =  $(4a + (12b + 6c)(x^2 + y^2)) \Delta x \Delta n$

[0041] =  $(4a + (12b + 6c)\rho^2) \Delta x \Delta n$  公式(6)

[0042] 其中参数 $\rho$ 仍代替 $(x^2+y^2)$ 。

[0043] 然后可通过将拉普拉斯算子(即, $\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$ )代入OPD曲率(关系式6)计算球面像差系数,如在以下关系式(7)中所示:

[0044] 球面相差系数 =  $\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$ (曲率(OPD))

[0045] =  $\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left( \frac{\partial t}{\partial x} \Delta x \Delta n \right) = (24b + 12c) \Delta x \Delta n$  公式(7)

[0046] 上述关系式(7)示出由光学元件14和16的组合呈现的球面像差作为这些元件之间的相对横向间距( $\Delta x$ )的函数而线性变化。在这一示例性实现中,如由上述关系式(6)所示,该两个元件的组合屈光力也作为这些元件之间的横向间距的函数而线性变化。事实上,在此实施例中,屈光力和球面像差都随着元件间的横向间距增加而线性增加。

[0047] 换句话说,镜片10的球面像差与其调节量值正相关。关于具有固有晶状体的人眼的许多研究显示在人眼中也出现相似的作用:在调节状态下比在松弛状态下具有更大的像差。因此,镜片10提供作为增大屈光力的函数的相似的球面像差变化。

[0048] 在镜片10的许多实现中,选择上述参数a,b和c使得镜片可提供如下性质:对于远视(例如,对于在离眼睛大于约2m的距离上观看物体),球面像差最小(例如,其小于约0.06D/mm<sup>2</sup>);对于近视(例如,对于离眼睛小于约0.5m的距离上观看物体)球面像差要大的多(例如,其大于约0.33D/mm<sup>2</sup>),这就增强了在各种距离上观看物体的焦深;并且从远视到近视,球面像差线性增加以减少所需的睫状肌运动。

[0049] 举例来说,在一些情况中,参数a在约 $\frac{2.5}{\Delta n}$ (D/mm)到约 $\frac{12.5}{\Delta n}$ (D/mm)的范围内;参数b在约 $\frac{-3.3}{32\Delta n}$ (D/mm<sup>3</sup>)到约 $\frac{2}{32\Delta n}$ (D/mm<sup>3</sup>)的范围内;且 $c = \frac{2}{3}b$ ,其中 $\Delta n$ 表示形成光学部件的材料的折射率和周围介质的折射率之间的差,并且(D/mm)表示单位为屈光度每毫米,而(D/mm<sup>3</sup>)表示单位为屈光度每立方毫米。在一些情况中,形成镜片的材料的折射率在约1.4到约1.6的范围内,而周围介质(例如,眼睛的房水)的折射率可以是约1.3。

[0050] 重新参见图1A-1C,在许多实现中,光学元件14和16由适合的生物相容材料形成。这种材料的一些例子包括但不限于软性丙烯酸、硅酮、水凝胶或其它具有镜片具体应用所要求折射率的生物相容聚合材料。举例来说,形成光学元件的材料的折射率在约1.4到约1.6的范围内(例如,光学部件可由公知的折射率为1.55的**Acrysof®**(丙烯酸2-苯基乙基酯(2-phenylethyl acrylate)和甲基丙烯酸2-苯基乙基酯(2-phenylethyl methacrylate)交联共聚物)形成)。在许多实施例中,光学元件14和16由相同的材料形成,而在一些其它的实施例中,它们由具有不同折射率的不同材料形成。在后一种情况中,两个光学元件的厚度轮廓的上述关系可以被适当地缩放以将两元件的折射率之差考虑在内。

[0051] 根据本发明教导的双元件IOL可以按多种方式实现。举例来说，参考图2A和2B，IOL18的这一实现包括两个触觉部分20和22，其中的每一个都耦合到形成镜片的两个光学元件中的一个（例如，仅示出了光学元件24，另一个光学元件直接位于其后）（在该实现中，光学元件沿光轴OA彼此分开约1.5mm）。触觉部分则又通过多个柔性铰链26彼此耦合，从而允许两个触觉部分的横向移动，并因此使得两个光学部件相对彼此移动（该触觉部分和铰链由例如适合的聚合材料形成）。在松弛状态下，两个触觉部分，并且因此是两个光学部件相对彼此没有横向偏移量，随后该偏移量随着调节的增强而增加。通过进一步说明，如在图2C中示意性示出的，IOL18可植入眼睛的晶状体囊内，例如用于代替因模糊而被摘除的固有晶状体。晶状体囊上睫状肌的调节力能引起触觉部分20和22经由铰链26彼此相对横向运动（其量在约0.1mm到0.5mm的范围内），以增加IOL的屈光力和IOL呈现的球面像差。当睫状肌回到其松弛状态，柔性铰链也回到其松弛（平衡）状态，光学元件之间偏移量随之下降，由此使得IOL的屈光力下降。

[0052] 另举一例，图3A和3B描绘了双元件IOL28的另一个实现，该IOL也包括两个触觉部分30和32，每个附着到经由多个柔性铰链38连接的两个光学部件34和36中的一个。和前述实现不同的是，在松弛状态下触觉部分相对彼此有预定量的横向偏移量（例如，在这种情况下约0.25mm），用以在松弛状态下提供期望的屈光力和球面像差。如在图3C中示意性示出的，当再一次地IOL28植入眼睛的晶状体囊时，铰链38在睫状肌的影响下相对彼此横向移动以改变该IOL的屈光力以及其球面像差来观看不同距离处的物体。

[0053] 在一些应用中，根据本发明教导的镜片可以不用作调节镜片，而是用作提供静态屈光力的镜片。在这种情况下，元件的横向偏移被用来调整具体患者的镜片的屈光力和期望球面像差。

[0054] 各种公知的制造技术可以根据本发明教导来制作眼用镜片（例如，IOL）。例如，可以形成两个光学部件和在随后经由多个触觉部分和柔性铰链沿光轴装配所述两个光学部件。

[0055] 尽管在本文中详细描述了多个实施例，但是应当理解这种描述只是示例性的而不应被解释为有限制意义。因此还应理解的是，在实施例细节上的多种变化和其它实施例是显而易见的，并且可由本领域技术人员通过参考本说明书来实现。可以预期的是所有这些改变和其它实施例都在所附权利要求的范围内。

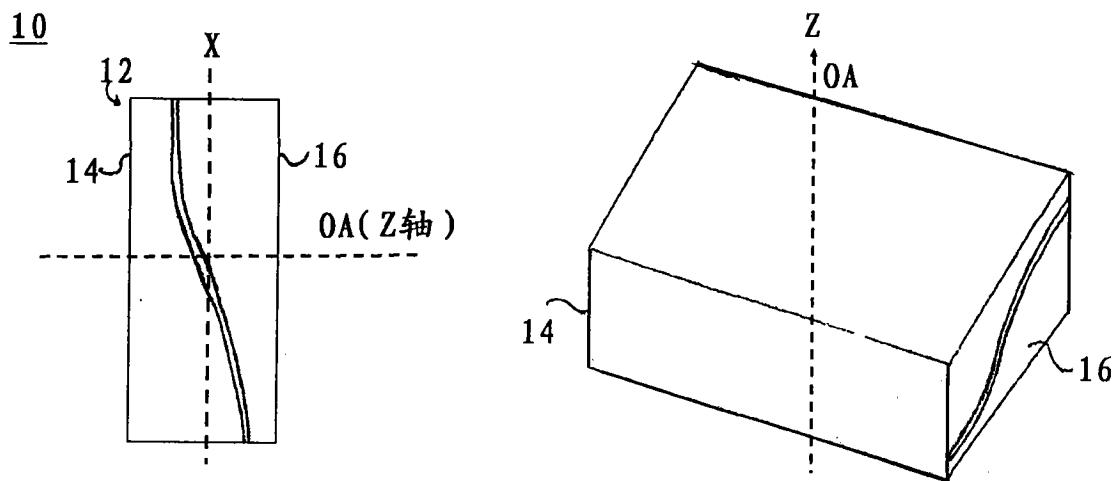


图1A

图1B

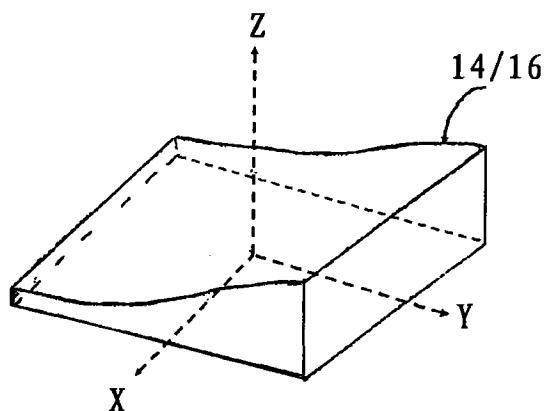


图1C

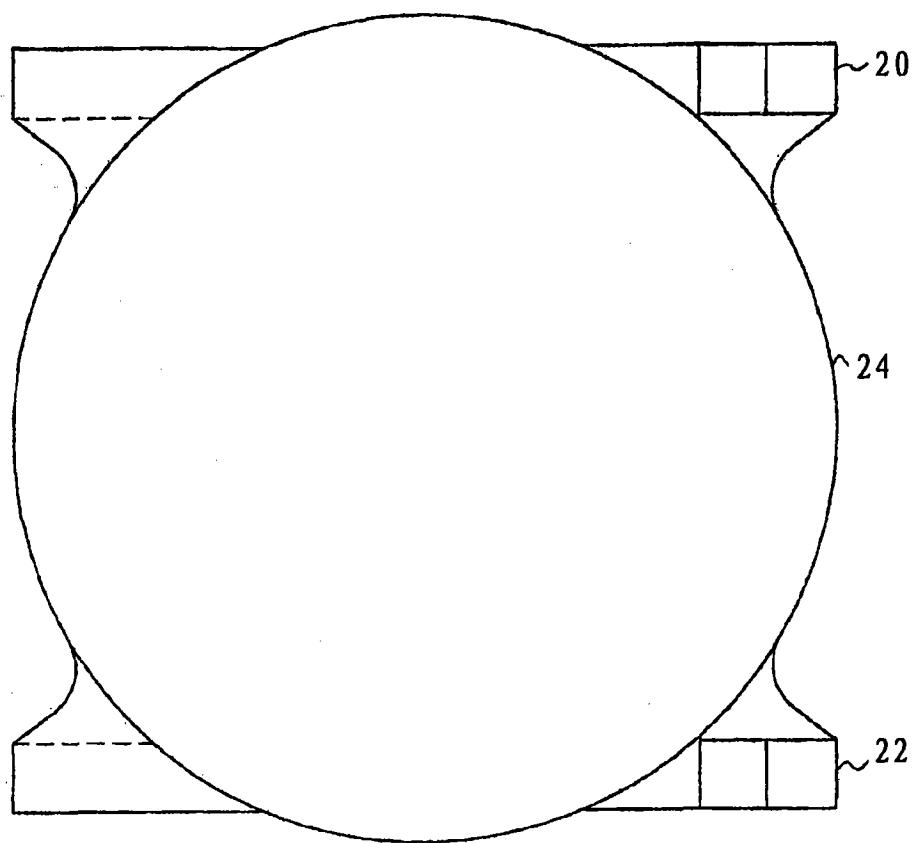
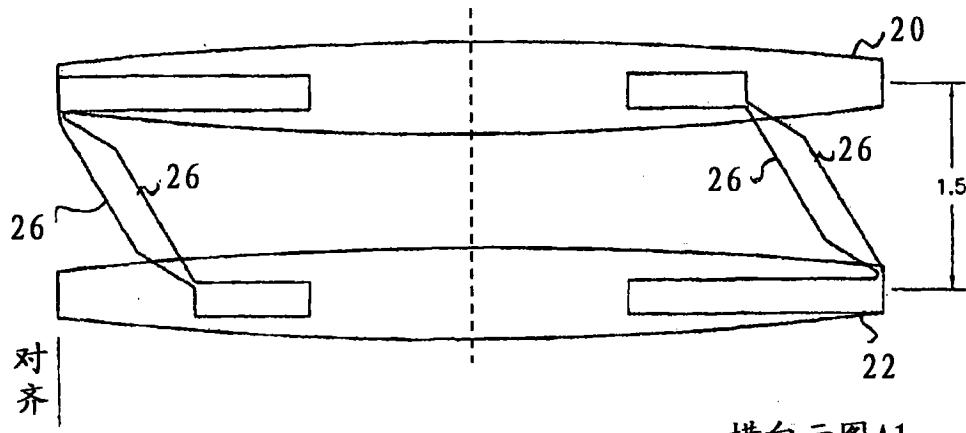
18

图2A



横向示图A1

图2B

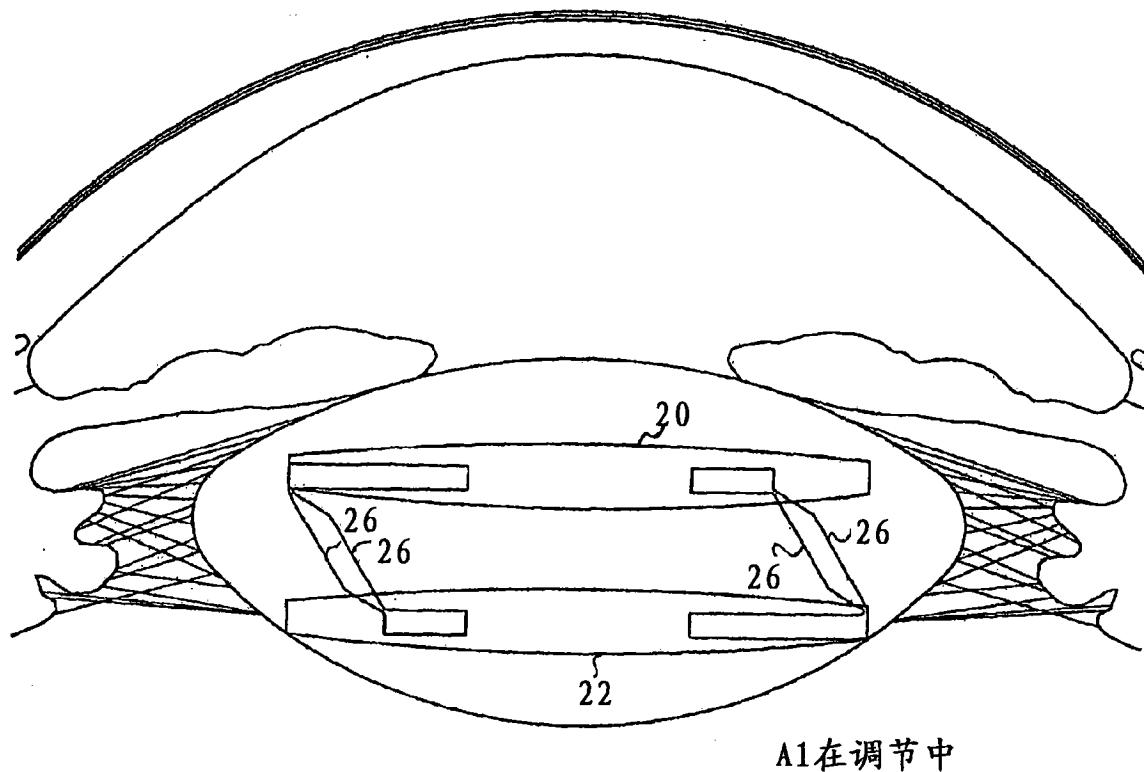


图2C

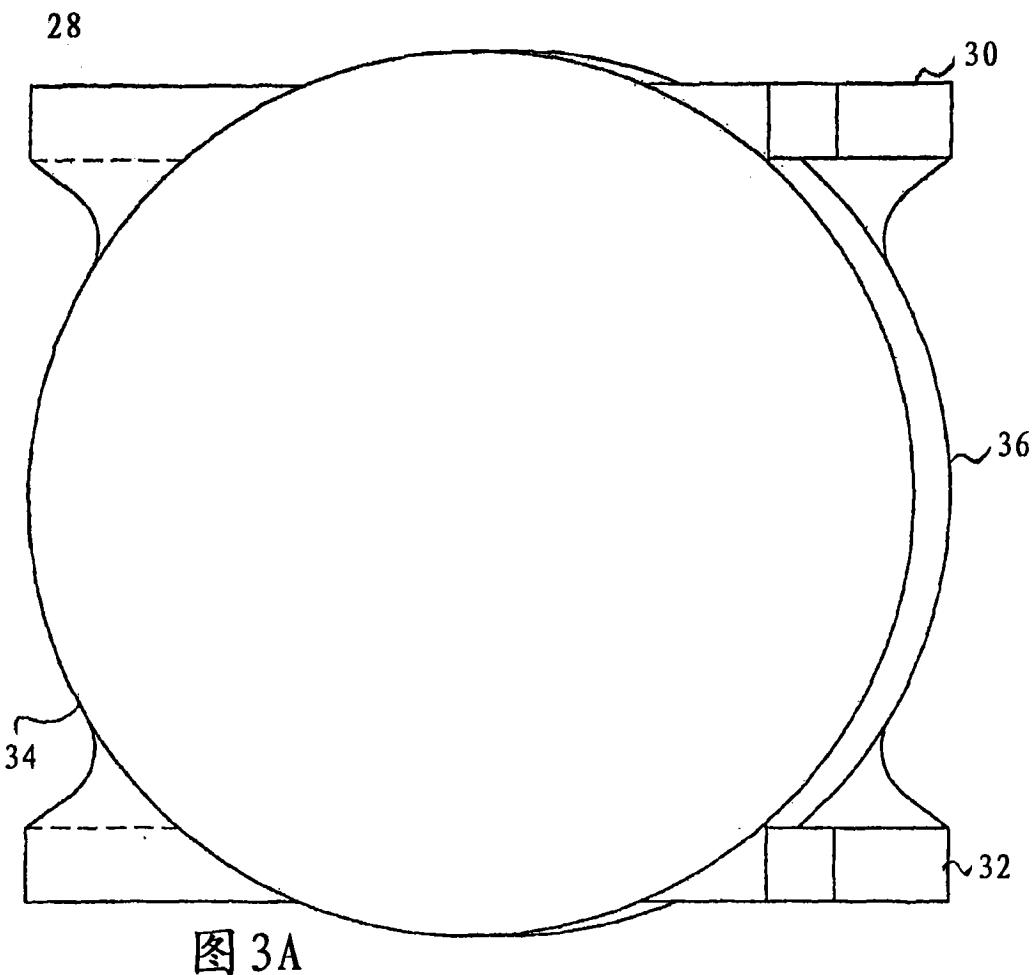


图 3A

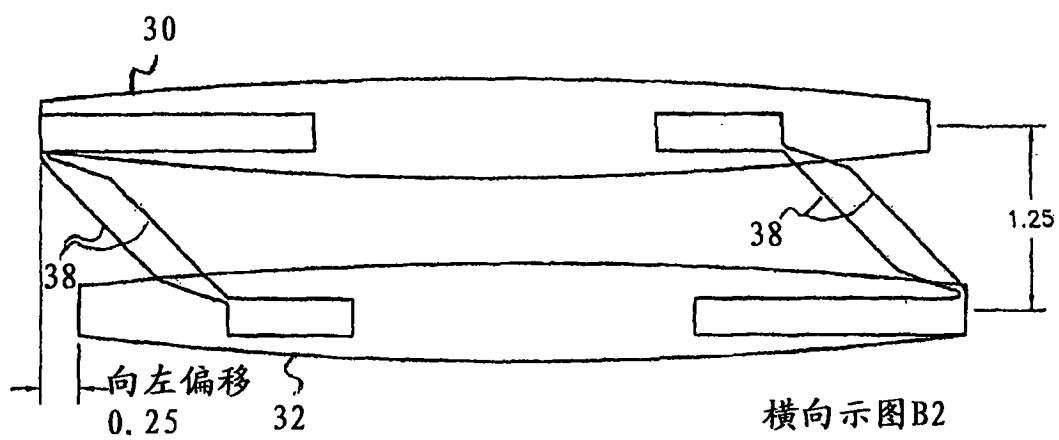
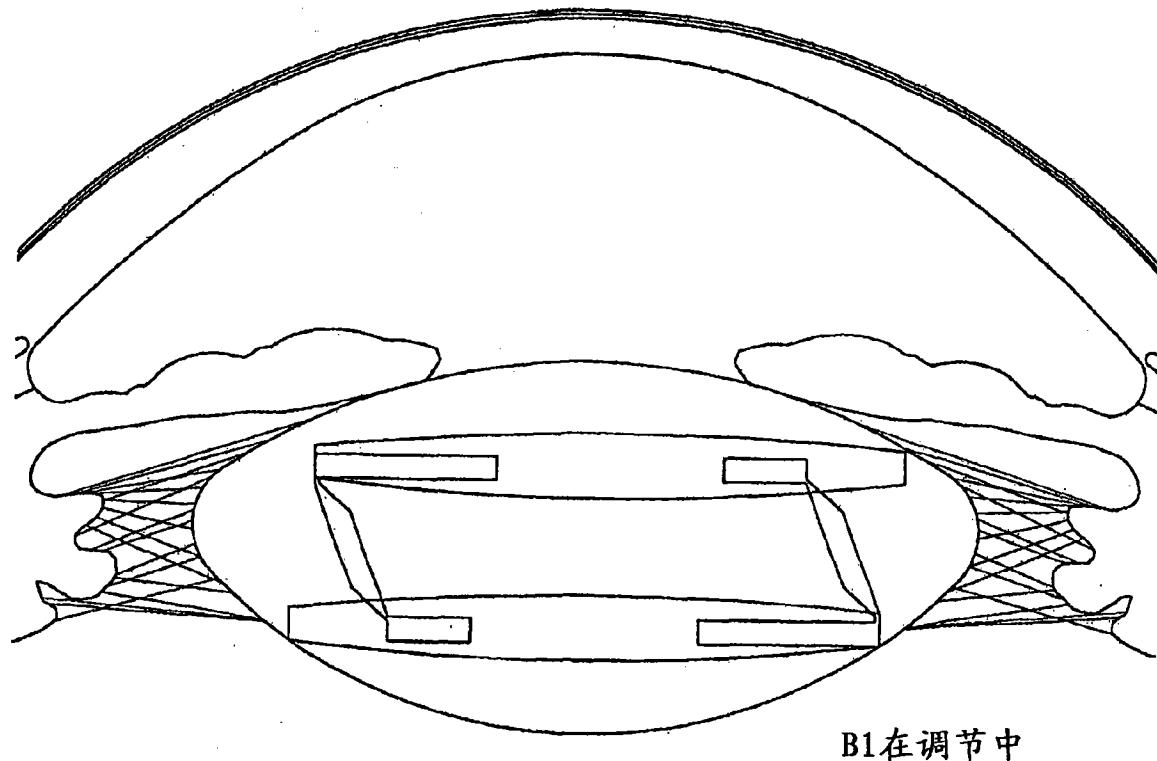


图3B



B1在调节中

图3C