

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 3/14 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580002335.6

[43] 公开日 2007年2月7日

[11] 公开号 CN 1910481A

[22] 申请日 2005.1.13

[21] 申请号 200580002335.6

[30] 优先权

[32] 2004.1.14 [33] EP [31] 04100100.9

[86] 国际申请 PCT/IB2005/050142 2005.1.13

[87] 国际公布 WO2005/069044 英 2005.7.28

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.13

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 B·H·W·亨德里克斯 S·凯帕

C·A·伦德斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 龚海军 陈景峻

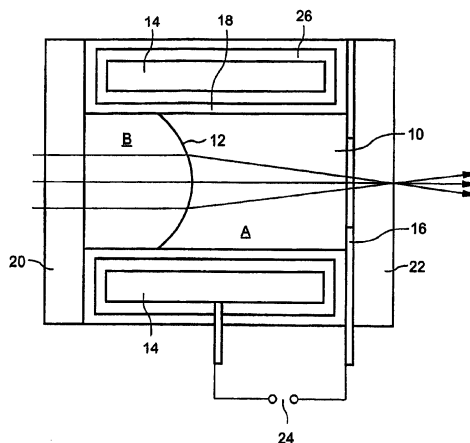
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

[54] 发明名称

变焦透镜

[57] 摘要

提供一种消色差电润湿透镜。通过选择参数 n_1 , n_2 , V_1 和 V_2 来实现, 其中 n 为折射率, 且 V 为阿贝数。通过满足关系式(I)实现电润湿透镜的消色差。



1. 一种变焦透镜，包括：

-容纳第一液体（A）和第二液体（B）的液体室（10），液体为不易混合的并且以弯月面（12）相接触，

-用于给在液体室施加电场的装置（14，16），使弯月面的形状根据电场变化，

-第一液体具有折射率 n_1 和阿贝数 V_1 ，第二液体具有折射率 n_2 和阿贝数 V_2 ， n_1 不同于 n_2 ，

其中，参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 满足下面的关系：

$$0.75 < \frac{V_1(n_2 - 1)}{V_2(n_1 - 1)} < 1.25 \quad (\text{I})$$

2. 根据权利要求 1 的变焦透镜，其中，参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 满足下面的关系：

$$0.9 < \frac{V_1(n_2 - 1)}{V_2(n_1 - 1)} < 1.1 \quad (\text{II})$$

3. 根据权利要求 1 的变焦透镜，其中，

-液体室包括一基本上圆筒形的壁，

-液体接触层（18）设置在圆筒形壁的内侧，

-用于施加电场的装置包括通过液体接触层（18）与第一液体和第二液体分开的第一电极（14），和作用于第一液体上的第二电极（16），以及

-液体接触层具有对第一液体的润湿性能，该润湿性能在第一电极与第二电极之间施加电压时发生变化，这样，弯月面的形状根据电压变化。

4. 根据权利要求 1 的变焦透镜，其中，第一液体具有折射率 $n_1 = 1.37$ ，并且阿贝数 $V_1 = 49$ ，并且，第二液体具有折射率 $n_2 = 1.4$ ，并且阿贝数 $V_2 = 53$ 。

5. 根据权利要求 1 的变焦透镜，其中，第一液体包括撒盐的水，第二液体包括聚二甲基硅氧烷。

6. 一种包括根据前述任何一项的透镜的光学器件。

7. 一种包括权利要求 1 - 5 中任何一项的透镜的图像捕捉器件。

变焦透镜

本发明涉及一种变焦透镜，该透镜包括第一液体和第二液体，第一和第二液体是不易混合的并且以弯月面相接触。通过施加电压来控制弯月面的形状和由此控制透镜的焦距。

这种类型的透镜称作电润湿透镜。由于无需机械可移动部分，只要少量的电能就能改变这些电润湿透镜的焦距。US2002/0176148A1中给出了一种包括这样的电润湿透镜的光学装置。

由于低功率损耗和对可变电压的快速响应，电润湿透镜特别适用于需要频繁变焦的可移动应用。

遗憾的是，许多以固态透镜建立的经典光学系统的成果不适合电润湿透镜。例如，常规的透镜系统通过形成胶合双透镜或组合普通折射透镜与衍射透镜来消色差。对于胶合双透镜，通常形成透镜的两个元件基本上具有相同的折射率和不同的阿贝数。为提供消色差，选择两元件的光焦度 K_1 、 K_2 和阿贝数 V_1 、 V_2 ，使它们符合下面的等式：

$$\frac{K_1}{V_1} + \frac{K_2}{V_2} = 0 \quad (1)$$

其中， $K = K_1 + K_2$ 为胶合双透镜的总光焦度。满足上述条件的消色差的一个实例为：对于给定的光焦度 K_0 ， $K_1 = K_0$ ； $K_2 = 2K_0$ ； $V_1 = 30$ ； $V_2 = 60$ 。

折射透镜消色差的另一种方法是通过增加一个衍射结构。消色差与胶合双透镜类似，区别在于衍射结构的阿贝数是负的并且等于 -3.452。

上面提到的提供消色差的两种方法不支持电润湿透镜，因为电润湿透镜改变光焦度而上述方法仅对具有确定光焦度的透镜有效。此外，电润湿透镜可以根据两液体之间的弯月面的半径从正到负改变它的光焦度。

本发明的一个目的在于提供一种具有消色差特性的变焦透镜。

上述目的通过独立权利要求的特征来解决。进一步的发展和本发明的优选实施例在从属权利要求中描述。

根据本发明，提供一种变焦透镜，包括：

-容纳第一液体 (A) 和第二液体 (B) 的液体室, 液体为不易混合的并且以弯月面相接触,

-用于给在液体室施加电场的装置, 使弯月面的形状根据电场变化,

-第一液体具有折射率 n_1 和阿贝数 V_1 , 第二液体具有折射率 n_2 和阿贝数 V_2 , n_1 不同于 n_2 ,

其中, 参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 满足下面的关系:

$$0.75 < \frac{V_1(n_2-1)}{V_2(n_1-1)} < 1.25 \quad (I)$$

上面的关系限定的参数范围可以由理论和实验分析相结合得出。由具有折射率 n_1 的第一液体和具有折射率 n_2 的第二液体制成的透镜的光焦度为:

$$K = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad (2)$$

其中, R 为两液体之间的弯月面的半径。让透镜的工作波长目前为 587nm。现在考虑由透镜在不同的波长工作而产生的折射率 δn 的变化很小。让 $\delta n = n(486\text{nm}) - n(656\text{nm})$, 由此得到在波长 486nm 和 656nm 测量的折射率的不同。那么, 电润湿透镜的光焦度的变化由下式给出:

$$\delta K = \frac{\delta n_2 - \delta n_1}{R} \quad (3)$$

并且, 由此当使用等式 (2) 时, 我们发现:

$$\delta K = \frac{\delta n_2 - \delta n_1}{n_2 - n_1} K \quad (4)$$

假设阿贝数的定义 V 由下式给出:

$$V = \frac{n(587\text{nm}) - 1}{n(486\text{nm}) - n(656\text{nm})} = \frac{n(587\text{nm}) - 1}{\delta n} \quad (5)$$

连同等式 (4) 得到:

$$\delta K = \left[\frac{n_2 - 1}{V_2} - \frac{n_1 - 1}{V_1} \right] \frac{K}{n_2 - n_1} \quad (6)$$

为使 δk 为零, 由此, 没有因波长变化引起的光焦度变化, 我们发现等式:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(n_1 - 1)}{(n_2 - 1)} \quad (7)$$

必须满足。

从该理论结果入手，并且考虑对电润湿透镜的关于消色差特性的特能的测量，得到下述条件：

$$0.75 < \frac{V_1(n_2 - 1)}{V_2(n_1 - 1)} < 1.25 \quad (I)$$

应当理解，在这些关系中，数值 0.75 和 1.25 对于消色差变焦透镜产品来说不是固定的极限。比 0.75 至 1.25 更宽的范围可适合于关于其消色差特性的透镜性能不特别重要的情况。上述等式(7)满足得越好，关于其消色差特性的透镜性能越好。

就这一方面来说，当参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 满足下面的关系时，可以提供透镜良好的性能：

$$0.9 < \frac{V_1(n_2 - 1)}{V_2(n_1 - 1)} < 1.1 \quad (II)$$

根据本发明的变焦透镜的一个优选实施例，提供一种变焦透镜，其中

- 液体室包括一基本上圆筒形的壁，
- 液体接触层设置在圆筒形壁的内侧，
- 用于施加电场的装置包括通过液体接触层与第一液体和第二液体分离的第一电极，和作用于第一液体的第二电极，以及
- 液体接触层具有对第一液体的润湿性能，该润湿性能在第一电极与第二电极之间施加电压时发生变化，这样，弯月面的形状根据电压变化。

因此，可以使用目前市场上可以获得的类型的电润湿透镜来应用本发明。

根据本发明的变焦透镜的一个优选实例，提供一种透镜，其中，第一液体具有折射率 $n_1 = 1.37$ ，并且阿贝数 $V_1 = 49$ ，并且，第二液体具有折射率 $n_2 = 1.4$ ，并且阿贝数 $V_2 = 53$ 。在现实条件下可以容易地提供这些值满足上面提及的消色差关系。

根据本发明的变焦透镜可以看作一种透镜，其中，第一液体包括撒盐的水，第二液体包括聚二甲基硅氧烷。可以使用这些和其它液体

和给这些和其它液体提供阿贝数和折射率,并且这些和其它液体满足上述消色差关系。

因此,可以有利地在光学器件中使用变焦透镜,特别是在全波长范围内工作的移动式光学器件。

就此方面来说,本发明特别有利于图像捕捉器件。例如,设有图像捕捉特征的移动电话可以设有根据本发明的变焦透镜以保持这些器件的小尺寸。但是,不同的图像捕捉器件,例如,普通照相机或摄影机,同样可以设有根据本发明的光学器件,由于在这些器件中同样需要避免机械移动部件,以减小器件的尺寸并提供快速焦距变化的可能。

不同于图像捕捉器件的其他应用领域为光学记录、眼镜片、内窥镜、望远镜、显微镜和光刻机。参照下面描述的实施例,这些以及本发明的其他方面将更清楚。

图 1 示出根据本发明的一个实施例的变焦透镜的示意性横截面;
图 2 示出变焦透镜在两个极限转换配置的示意性横截面;
图 3 示出根据本发明的变焦透镜对于不同波长的波前图; 以及
图 4 示出不满足根据本发明的条件的变焦透镜的波前图。

图 1 示出根据本发明的一个实施例的变焦透镜的示意性横截面。透镜包括形成一个毛细管的圆筒形的第一电极 14, 该电极被透明的前组 20 和透明的后组 22 密封以形成一个容纳两种液体 A 和 B 的液体室。电极 14 可以是涂敷在管内壁上的导电涂层。

两种液体 A 和 B 由以导电第一液体 A 和电绝缘第二液体 B 的形式的两种不易混合液体组成, 导电第一液体 A 例如包含盐溶液的水, 电绝缘第二液体 B 例如硅油或烷烃, 本文还称作“油”。两种液体优选设置为具有相同的密度, 使透镜功能与取向无关, 即不取决于两液体之间的重力作用。这可以通过第一液体组分的适当选择来实现, 例如, 可以通过分子组分的增加来改变烷烃或硅油, 以增加它们的密度以便与盐溶液的密度相匹配。

第一电极 14 为一个内径通常在 1mm 和 20mm 之间的圆筒。第二环形电极 16 设置在液体室 10 的一端, 在这种情况下, 邻接后组 22。

第二电极的至少一部分设置在液体室 10 中，使电极 16 作用于第一液体 A。电极 14 和电极 16 连接到电源 24 以为电极提供电压，从而在液体室 10 内产生电场。

两种液体 A 和 B 为不易混合的，会分成由弯月面 12 分开的两种液体。当在电源端口 24 上施加电压时，液体接触层 18 对第一液体 A 的润湿性能改变，使在液体接触层 18 与两液体 A 和 B 之间的接触线处的弯月面 12 的接触角度改变。在第一电极 14 与液体接触层 18 之间，设有一绝缘层 26。这样，弯月面 12 的形状根据所施加的电压变化。实际上，弯月面可以是凸起的或者是凹入的；此外，根据液体室的配置和电极的设置，可以实现弯月面 12 的多种不同的形状。

通常，根据所选用的油，油的折射率可以在 1.25 和 1.6 之间变化。同样，根据加入的盐量，盐溶液的折射率可以在 1.33 和 1.48 之间变化。选择该实施例中的液体，使第一液体 A 具有低于第二液体 B 的折射率。

根据本发明，第一和第二液体的折射率 n_1 和 n_2 以及第一和第二液体的阿贝数 V_1 和 V_2 分别满足关系：

$$0.75 < \frac{V_1(n_2 - 1)}{V_2(n_1 - 1)} < 1.25 \quad (I)$$

以提供具有适当性能的消色差透镜。为了改善透镜消色差方面的特性，选择参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 ，以良好近似值满足等式：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{(n_1 - 1)}{(n_2 - 1)} \quad (2)$$

下面为具有消色差特性的电润湿透镜的一个实例。该示例电润湿透镜包含折射率 $n_1 = 1.37$ 且阿贝数 $V_1 = 49$ 的盐溶液。第二液体为折射率 $n_2 = 1.4$ 且阿贝数 $V_2 = 53$ 的聚二甲基硅氧烷。

另一个实例使用水中 0.1MKCl 的盐溶液。该溶液具有 $n_1 = 1.334$ 且 $V_1 = 57.6$ 。第二液体为正己烷， $n_2 = 1.375$ 且 $V_2 = 57.6$ 。得到 $(V_1/V_2) * (n_2 - 1) / (n_1 - 1) = 1.12$ ，由此，足以消色差。

在另一个实例中，使用相同的盐溶液。第二液体为 $n_2 = 1.412$ 且 $V_2 = 57.2$ 的正-癸烷。得到 $(V_1/V_2) * (n_2 - 1) / (n_1 - 1) = 1.24$ ，由此，足以消色差。当使用 $n_1 = 1.37$ 且 $V_1 = 49$ 的比较浓的盐溶液时，比值为 0.954，显然更好。

在不是根据本发明的参考实例中，使用相同的盐溶液。在这里第

二液体为 $n_2 = 1.389$ 且 $V_2 = 49.9$ 的十甲基四硅氧烷。得到 $(V_1/V_2) \cdot (n_2 - 1)/(n_1 - 1) = 1.31$ ，由此，不足以消色差。但是，通过改变盐溶液并且使用 $n_1 = 1.37$ 且 $V_1 = 49$ 的更浓的盐溶液，实现了表示为数值 $(V_1/V_2) \cdot (n_2 - 1)/(n_1 - 1) = 1.032$ 的非常好的消色差。与烷烃相比，这还有限制盐溶液与第二液体之间的密度之差的优点。该十甲基四硅氧烷具有密度 0.85 且盐溶液具有密度约 1.03kg/m^3 。

下面，提供满足或不满足本发明的要求的电润湿透镜的特性的实例。

图 2 示出变焦透镜在两个极限转换配置的示意性横截面。第一转换配置示于部分 (a) 且第二转换配置示于部分 (b)。在配置 (b) 中，电润湿透镜具有负光焦度。由此，平行光束（目标无限远）形成位于图 2 (b) 的视图的左侧的虚像。图 2 中的示意图与图 1 的比较以及相应描述使图 2 的装置更明了。

图 3 示出根据本发明的变焦透镜对于不同波长的波前图。标出对于三种不同波长，波前像差 W 与标准化的入瞳坐标 py 和 px 的关系曲线。点划线对应于波长 486nm ，虚线对应于波长 588nm 且实线对应于波长 656nm 。垂直轴上的刻度给出了考虑各个波长的部分，而每张图的最大刻度为 0.3 波长。

在图 3 的部分 (a)，标出图 2 第一转换配置 (a) 对于不同波长的波前像差。在图 3 的部分 (b)，标出图 2 第二转换配置 (b) 对于不同波长的波前像差。如所认识到的，对于不同波长，仅存在非常小的波前像差，此外，不同波长的波前像差具有相同的趋势。该结果（参照下文对图 4 的描述将更好理解）表示提供一种针对消色差而言的高性能透镜。这是通过根据本发明选择参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 ，也就是 $n_1 = 1.37$ ， $n_2 = 1.4$ ， $V_1 = 49$ ， $V_2 = 53$ 来实现的。

图 4 示出不满足根据本发明的条件的变焦透镜的波前图。以与图 3 相同的方式理解该图。特别地，各图的轴的刻度等于图 3 的轴的刻度。如所认识到的，不同波长的波前像差比图 3 中的大很多，此外，由于入瞳坐标变大，不同波长的波前像差严重发散。此外，我们从该图可以推断出，当电润湿透镜在光焦度具有不同符号的两种配置之间转换时，色差改变符号（在图 4 (a) 中，点划线为上面的线，而在图 4 (b) 中，为下面的线）。由于该特性，使透镜色散的常规技术在这里不能

应用，因此，这里给出了与透镜光焦度无关的不变的校正。就此方面而言，图 4 示出非消色差电润湿透镜的特性。这是通过选择参数 n_1 、 n_2 、 V_1 和 V_2 得到的，和对应于图 3 的实例中一样地选择 n_1 、 n_2 和 V_1 ，而选择 V_2 为图 4 中的 35，从而示出未根据本发明的电润湿透镜的特性。

应当注意，根据本发明的电润湿透镜可以不同于示于图中和上面描述的实例。尽管优选的电润湿透镜是圆筒形的，但也可以不是圆筒形的。此外，电场不是通过第一和第二电极施加，而是通过多个电极施加以设计电场并最终使弯月面为一种特殊的形状，也在本发明的范围内。通常，应当注意，在本发明公开的术语“包括”不排除其他元件，并且提及特定元件不排除涉及所提及的元件的多个元件的存在。上述实施例是为了理解发明的示意性实例。可以设想本发明更多的实施例。例如，第二液体可以由水蒸气而不是绝缘液体构成。

此外，还可以采用上面没有描述的不背离本发明由附件中的权利要求限定的范围的等价方案和改变。

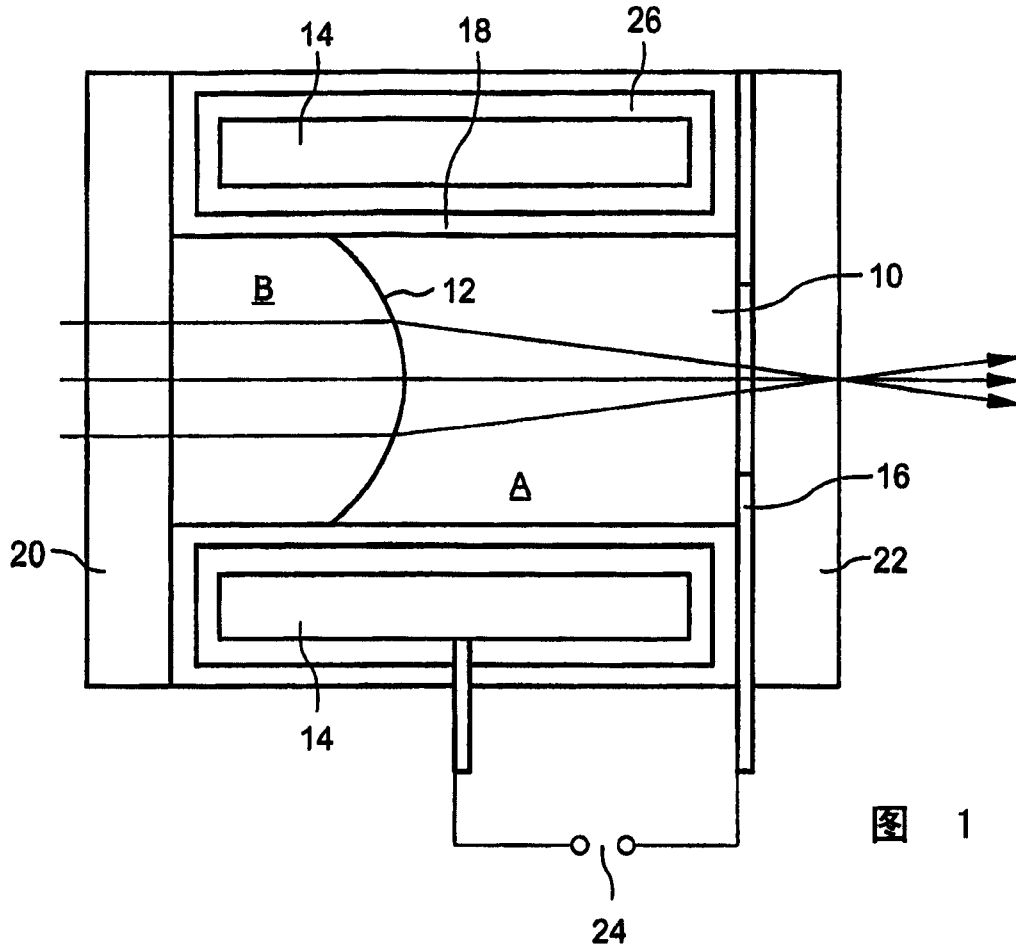


图 1

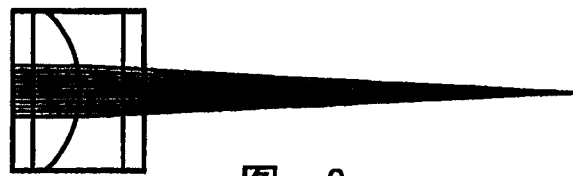


图 2a



图 2b

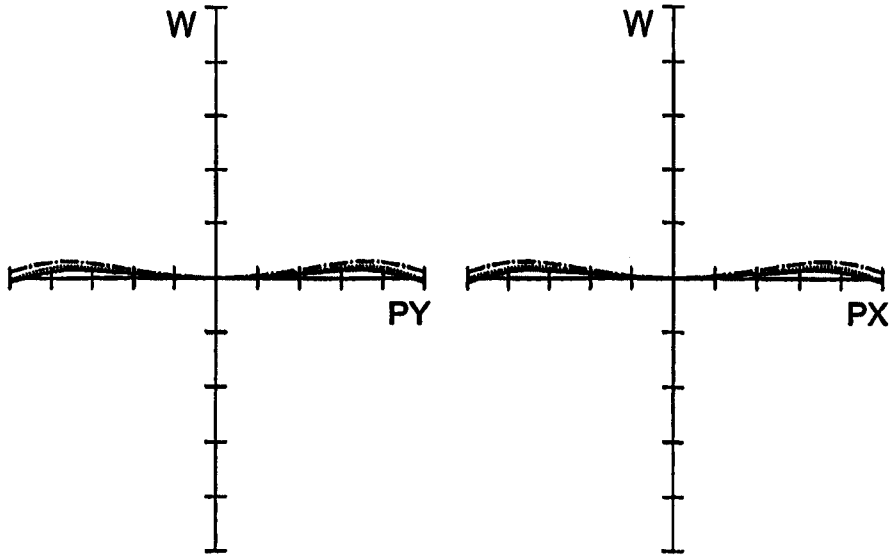


图 3a

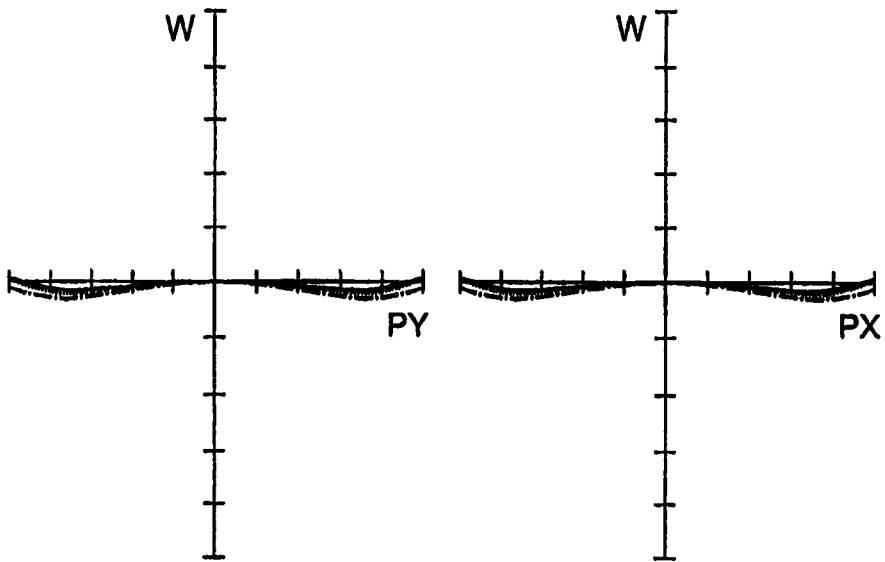


图 3b

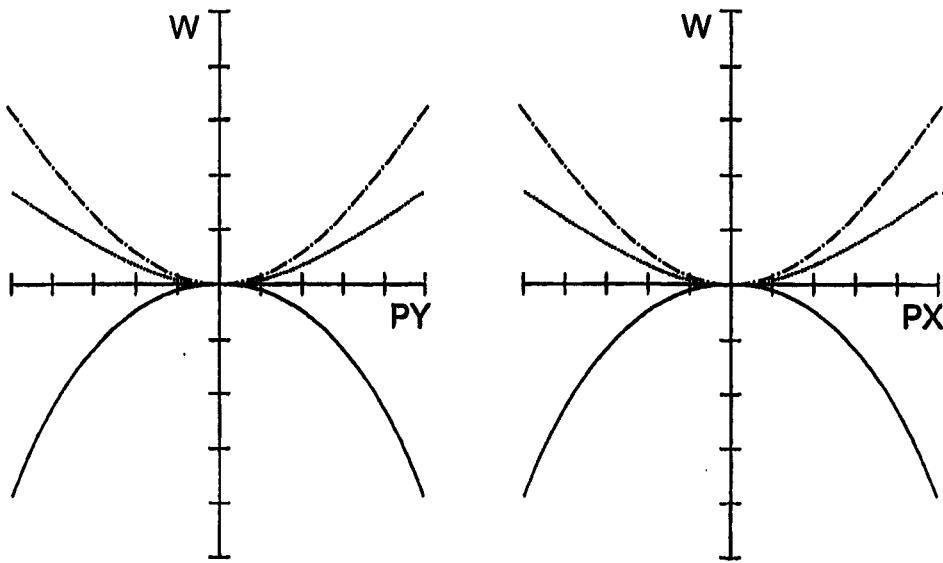


图 4a

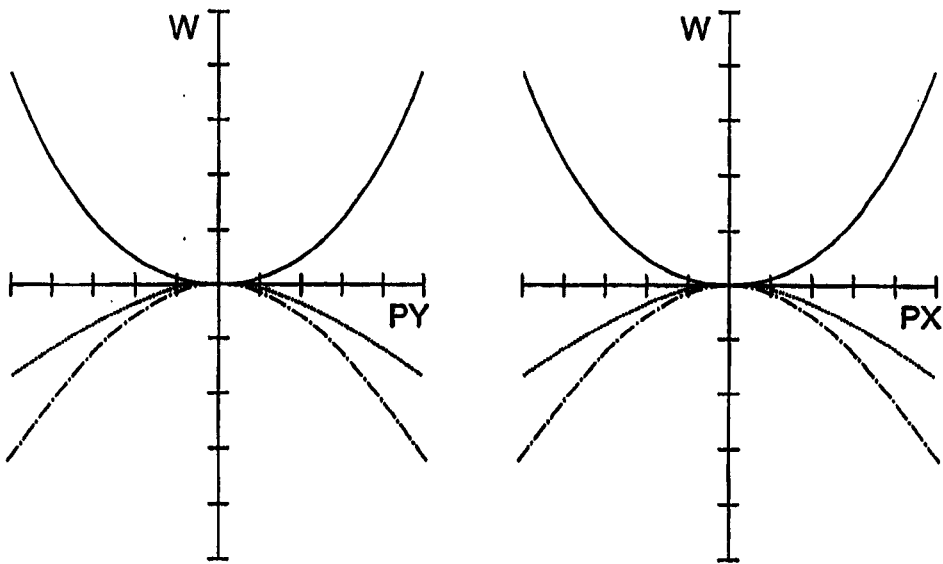


图 4b