

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200680003342.2

[51] Int. Cl.

G02B 9/04 (2006.01)

H04N 5/225 (2006.01)

H04N 5/235 (2006.01)

H04N 7/01 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100541257C

[22] 申请日 2006.1.27

[21] 申请号 200680003342.2

[30] 优先权

[32] 2005. 1.27 [33] US [31] 11/045,213

[86] 国际申请 PCT/US2006/003060 2006.1.27

[87] 国际公布 WO2006/081478 英 2006.8.3

[85] 进入国家阶段日期 2007.7.27

[73] 专利权人 数据逻辑扫描公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 B·L·奥姆斯特德 A·希林

[56] 参考文献

US6545714B1 2003.4.8

CN1517738A 2004.8.4

US20020154415A1 2002.10.24

US6057971A 2000.5.2

US6661458B1 2003.12.9

审查员 黄翠萍

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 赵蓉民

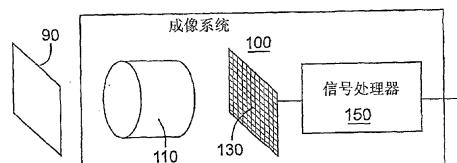
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 5 页

[54] 发明名称

具有带有增强的光聚集效率的透镜和去模糊均衡器的成像系统

[57] 摘要

在一种形式下，一种成像系统(100)包括在视场内形成物体(90)的图像的成像器(130)，设置在所述成像器(130)和物体(90)之间的转动对称透镜组件(110)，和均衡器(156)。所述转动对称透镜组件(110)对特定的景深提供增强的聚集效率，由此，与良聚焦透镜相比，所述转动对称透镜组件(110)产生象差。所述转动对称透镜组件(110)包括前负透镜(112)，后正透镜(118)以及设置在所述前透镜和后透镜(112, 118)之间的孔(116)。连接到所述成像器(130)的均衡器(156)接收图像数据，并至少部分地补偿由所述转动对称透镜组件(110)产生的象差。



1. 一种成像系统（100），其包括：

成像器（130），其在视场内形成物体（90）的电子图像；

旋转对称透镜组件（110），其设置在所述成像器（130）和所述物体（90）之间，所述旋转对称透镜组件（110）为期望景深提供增强的聚集效率，由此，相比于良聚焦透镜，所述旋转对称透镜组件（110）产生象差；和

信号处理器（150），其连接到所述成像器（130），其中所述信号处理器（150）接收图像数据，并生成虚扫描线信号，该虚扫描线信号包括取自跨过所述图像的线上的采样，其中所述信号处理器包括：

非均匀像素增益元件（154），其接收所述虚扫描线信号，并对所述虚扫描线信号中的采样进行定标，以生成非均匀定标的虚扫描线信号；和

均衡器（156），其接收所述非均匀定标的虚扫描线信号，并使所述非均匀定标的虚扫描线信号均衡，以至少部分补偿由所述旋转对称透镜组件（110）引起的所述象差。

2. 根据权利要求 1 所述的成像系统（100），其中所述旋转对称透镜组件（110）包括一般的圆锥透镜。

3. 根据权利要求 1 所述的成像系统（100），其中所述旋转对称透镜组件（110）包括：

前负透镜（112）；

后正透镜（118）；和

孔（116），其被设置在所述前负透镜（112）和所述后正透镜（118）之间。

4. 根据权利要求 3 所述的成像系统（100），其中所述前负透镜（112）是双凹透镜。

5. 根据权利要求 3 所述的成像系统（100），其中所述后正透镜（118）是双凸透镜。

6. 根据权利要求 1 所述的成像系统（100），其中所述均衡器（156）是一维的，由此，所述成像系统（100）对所述虚扫描线的角定向是不变的。

7. 根据权利要求 1 所述的成像系统（100），其中所述均衡器（156）具有的传递函数是所述旋转对称透镜组件（110）的调制传递函数的反函数。

8. 根据权利要求 1 所述的成像系统（100），其中所述旋转对称透镜组件（110）的孔的大小大于具有与所述旋转对称透镜组件（110）相似景深的良聚焦透镜的孔的大小，由此，当所述物体（90）以大于使用良聚焦透镜时的速度移过所述视场时，所述成像系统（100）生成所述物体（90）的成形良好的图像。

9. 一种成像系统（100），其包括：

成像器（130），其在视场内形成物体（90）的电子图像；

旋转对称透镜组件（110），其设置在所述成像器（130）和所述物体（90）之间，所述旋转对称透镜组件（110）为期望景深提供增强的聚集效率，由此，相比于良聚焦透镜，所述旋转对称透镜组件（110）产生象差，所述旋转对称透镜组件（110）包括：

前负透镜（112）；

后正透镜（118）；和

孔（116），其设置在所述前负透镜（112）和所述后正透镜（118）之间，和

均衡器（156），其连接到所述成像器（130），其中所述均衡器（156）接收图像数据，并至少部分补偿由所述旋转对称透镜组件（110）引起的所述象差。

10. 根据权利要求 9 所述的成像系统 (100)，其中所述旋转对称透镜组件 (110) 是一般的轴锥体。

11. 根据权利要求 9 所述的成像系统 (100)，其中所述前负透镜 (112) 是双凹透镜。

12. 根据权利要求 9 所述的成像系统 (100)，其中所述后正透镜 (118) 是双凸透镜。

13. 根据权利要求 9 所述的成像系统(100)，其中所述均衡器(156)是一维的。

14. 根据权利要求 13 所述的成像系统 (100)，其中所述均衡器 (156) 的输入是虚扫描线信号，所述虚扫描线信号包括取自跨过所述图像的线上的采样。

15. 根据权利要求 9 所述的成像系统(100)，其中所述均衡器(156)具有的传递函数是所述旋转对称透镜组件 (110) 的调制传递函数的反函数。

16. 根据权利要求 9 所述的成像系统 (100)，其中所述旋转对称透镜组件 (110) 的孔的大小大于具有类似于所述旋转对称透镜组件 (110) 的景深的良聚焦透镜的孔的大小，由此，当所述物体 (90) 以大于使用良聚焦透镜时的速度移过所述视场时，所述成像系统 (100) 生成所述物体 (90) 的成形良好的图像。

17. 根据权利要求 9 所述的成像系统 (100)，其中所述图像包括多个像素，所述成像系统 (100) 进一步包括：

多个像素特定的增益元件 (154)，其分别对像素值进行定标，以补偿形成所述像素值的强度时的非均匀性。

具有带有增强的光聚集效率的透镜和去模糊均衡器的成像系统

相关申请

【0001】本申请要求申请于 2005 年 1 月 27 日，标题为 “Imaging System With a Lens Having Increased Light Collection Efficiency and a Deblurring Equalizer” 的美国专利申请号 11/045,213 的优先权，其作为参考并入本说明书中。

技术领域

【0002】本公开一般涉及光学系统和元件，以及图像分析，且更具体地说，涉及具有增强的光聚集效率的成像系统，该系统产生的光学偏差可以用去模糊均衡器去除。

背景技术

【0003】多数成像系统通常采用单聚焦点，在该聚焦点上聚焦是最佳的。然而，当要成像的物体处在聚焦点上时，这类系统会产生锐利的聚焦图像，这类系统通常对要成像的物体和成像系统（或更为具体地，其聚焦透镜）之间的距离变化很敏感。虽然通过减小系统的孔来增加良聚焦透镜系统的景深已众所周知，但这会严重降低光聚集效率，从而可能限制这类系统的运行速度。

【0004】用扩展的调焦深度成像的其它技术已经被考虑。例如，已经转让给本发明的受让人的美国专利号 5,371,361，公开了具有软聚焦透镜的成像系统，该系统牺牲了中视场聚焦的质量，以除了对电子图像信号进行均衡以外，在整个距离范围内获得几乎不变的聚焦。再举另一个例子，美国专利号 5,748,371 和该发明的发明人所做的相关工作公开了将特定的光学器件（三次相位掩膜板）和数字信号处理相结合以在很宽的物距范围内提供对焦响应。三次相位掩膜板具有光学传递函数，其在预定的范围内对物距相对不太敏感，并且设计了数字信号处理以消除三次相位掩膜板对光学传递函数的影响（除了增加景

深)。该专利的发明人声称联合设计将互补的三次相位掩膜板和数字信号处理能产生只用光学部件的情况下不可能达到的成像效果。尽管如此，三次相位掩膜板很复杂，其不对称部分制造昂贵且麻烦。而且，三次相位掩膜板的不对称性要求在两个方向上进行互补的数字信号处理。

发明内容

【0005】本发明在扩展的景深上提供了具有增强的光聚集效率的成像。

【0006】根据一个实施例，一种系统包括成像器，旋转对称透镜组件，和信号处理器。所述成像器在视场内形成物体的电子图像。所述旋转对称透镜组件被设置在所述成像器和所述物体之间。所述透镜组件对于特定的景深提供了增强的聚集效率，由此，相比于良聚焦透镜，所述透镜组件产生象差。所述信号处理器连接到所述成像器。所述信号处理器接收图像数据，并形成一个或更多个虚扫描线信号，所述虚扫描线信号包括以任意角度取自跨过图像的一条或多条线的采样。所述信号处理器包括非均匀的定标器和均衡器。所述非均匀的定标器接收所述虚扫描线信号，并对虚扫描线信号中的采样进行定标，以生成非均匀定标的虚扫描线信号。所述均衡器接收所述非均匀定标的虚扫描线信号，并使所述非均匀定标的虚扫描线信号相等，以至少部分补偿由所述透镜组件引起的象差。

【0007】根据另一实施例，一种成像系统包括在视场范围内形成物体的图像的成像器，设置在所述成像器和所述物体之间的旋转对称透镜组件，和均衡器。所述旋转对称透镜组件为给定景深提供了增强的聚集效率，由此，相比于良聚焦透镜，所述旋转对称透镜组件产生象差。所述转动的对称透镜组件包括前负透镜，后正透镜，和设置在所述前透镜和所述后透镜之间的孔。连接到所述成像器的均衡器接收图像数据，并至少部分地补偿由所述旋转对称透镜组件引起的象差。

【0008】根据又一实施例，一种方法使来自于物体的光通过负透镜，使来自于负透镜的中心区域的光通过的同时，阻挡来自于负透镜的外围区域的光，使来自负透镜的中心区域的光通过正透镜，基于来

自于正透镜的光形成物体的图像，生成包括取自跨过图像的线上的采样的虚扫描线信号，以非均匀量对虚扫描线信号进行定标，并使非均匀定标的虚扫描线信号相等，以至少部分补偿由一个或更多个透镜引起的模糊。

【0009】下文将对特定实施例的构造和操作进行详细说明。

附图描述

【0010】图 1 是根据一个实施例的系统图。

【0011】图 2A 和 2B 是图 1 的两种形式的透镜组件的侧视图。

【0012】图 3 是根据一个实施例，聚焦点对良聚焦透镜和透镜的透镜半径的曲线图。

【0013】图 4 是根据一个实施例，良聚焦透镜和透镜组件的一组迹线曲线图。

【0014】图 5 是图 4 的一组放大的迹线曲线图。

【0015】图 6 是良聚焦透镜的调制传递函数曲线图。

【0016】图 7 是根据一个实施例，透镜的调制传递函数曲线图。

【0017】图 8 是根据一个实施例，在近场距离处良聚焦透镜和透镜组件的调制传递函数之间的比较。

【0018】图 9 是根据一个实施例，在另一个距离处良聚焦透镜和透镜组件的调制传递函数之间的比较。

【0019】图 10 是根据一个实施例，良聚焦透镜和透镜组件的总传递函数之间的比较；

【0020】图 11 是图 1 的一种形式的信号处理器的框图。

具体实施方式

【0021】参考以上列出的图，本部分将描述特定实施例和各实施例的详细构造和操作。一般来说，以下描述的实施例在扩展的景深上提供改进的成像，而无需减小孔的大小，从而不会因为减小孔的大小而牺牲光聚集效率。发明人已经认识到在许多成像应用中，透镜系统不需要提供衍射限制的光学性能，而只对特定应用提供足够的性能。透镜所需的分辨率通常是受成像器本身的分辨率限制的，是由像素大

小指定的。因此，透镜设计者可以以各种不会降低总的系统分辨率的方式来降低透镜系统的光学性能，在设计中产生增强其它更多的期望属性的附加自由度，诸如由较大的孔引起的提高的聚集效率。

【0022】本领域技术人员会认识到，相对已知的现有技术，特定的实施例能够实现某些优势，包括以下列出的一些方面或所有方面：

(1) 与单一聚焦点为特征的系统相比，扩大了景深；(2) 更大的光聚集效率；(3) 更快的重复成像；(4) 采用更易于制造且更便宜的光学元件；和 (5) 轴对称，其简化了均衡过程（如，一维均衡，而不是二维均衡）。通过阅读以下说明，各个实施例的这些优点和其它优点将显而易见。

【0023】图 1 是根据一个实施例，用于形成物体 90 的图像的系统 100 的图。物体 90 可以是任何物体，但在优选的用法中，物体 90 是其上印有光学代码（诸如条形码）的物品。系统 100 包括透镜组件 110，成像器 130，和信号处理器 150。系统 100 可以包括其它未示出的部件。透镜组件 110 是相对于用于特定的景深的良聚焦透镜具有增强的光聚集效率的旋转对称透镜。下文将针对图 2 更加详细地描述一种形式的透镜组件 110。成像器 130 形成物体 90 的电子图像。成像器 130 可以是数字照相机，诸如电荷耦合装置（CCD）照相机或 CMOS（互补金属氧化物半导体）照相机，二者都形成矩形的二维像素阵列，二维像素阵列一起构成了图像的电子表示。每个像素位置都存储数据，该数据表示在图像的该位置处的光强度。每个像素的光强度数据可以是颜色编码的矢量（如，红-绿-蓝）或单色强度（如，灰度）。

【0024】图 2A 和 2B 是两种形式的透镜组件 110 的侧视图。透镜组件 110 包括前负透镜 112，其后是隔离物 114，再后面是后正透镜 118。隔离物 114 可以是垫圈或类似物，其限定了孔 116，孔 116 优选是圆形的，来自前负透镜 112 的光穿过该孔到达后正透镜 118，同时阻挡来自前负透镜 112 外围的光。隔离物 114 的厚度优选地能在透镜 112 和 118 之间建立期望的间隔。因为透镜组件 110 和其部件是轴对称的或旋转对称的，所以它们制造组装花费少且简单，并具有其它优势，如对图像数据的信号处理简单，这将在下文针对图 11 更加详细地说明。例如，可使用标准技术研磨透镜 112 和 118，并且透镜 112 和 118 以及隔离物

114 可组装在中空管（未示出）中，其能将元件保持在适当位置。在图 2A 和 2B 中的透镜的排列提供了欠矫正球面象差，其在提供期望的景深时，能增加聚集效率，或用不同的说法讲，为特定大小的透镜孔扩展了景深。

【0025】尽管图 2A 中所示的透镜组件阐释的是双凹前负透镜 112 和双凸后正透镜 118，透镜组件 110 也可以包括负透镜之后是扩展景深的正透镜的任意适当布局。图 2B 中阐释了一个替代性的透镜组件，其中前负透镜 112 是平凹的，后负透镜 118 是平凸的。对图 2A 和 2B 所示的布局进行组合也是可行的（如，一个双曲透镜和一个平曲透镜）。

【0026】透镜组件 110 相比于其它能提供扩展景深的类型的布局的一个优点是孔 116 在透镜 110 中可以制造得更大。较大的孔改善了光聚集效率，这又可以进行更快的成像。因而，成像系统 100 能准确地扫描条形码，例如，相比于采用良聚焦透镜并具有同样景深的系统，能以更高的速度移动跨过视场范围。提高聚集效率的代价是相比于良聚焦透镜，象差加大，从而需要在某些场合中对聚集的图像进行后处理。

【0027】透镜组件 110 优选地具有一般的轴锥体聚焦函数。换言之，透镜组件 110 的光学脉冲响应或点扩展函数在某一距离范围上是物距的函数，且基本恒定。尽管图 2A 和 2B 所示的透镜组件 110 包括两个光学元件和一个孔，但是替代性的透镜组件可以包括更多数量的元件或较少数量的元件（如，单个圆锥透镜或一般的圆锥透镜）。可以说透镜组件 110 是软焦距透镜或可以说是引入了相当大的球面象差。透镜组件 110 可以引入欠矫正的球面象差，或过矫正的球面象差，但是欠矫正的球面象差一般可以获得更好的效果。透镜组件 110 也可以引入色差。

【0028】可通过使用数字优化技术，来确定前负透镜 112 和后正透镜 118、透镜与孔 116 的间隔、及孔的大小的准确规格。给定基本的透镜形状或类型，光学元件的排序和性能指标（诸如，视场，景深，场内的分辨率，等等），则编有执行透镜设计的程序的计算机能确定元件间的间隔和透镜规格。例如，图 2B 配置的透镜组件是使用 ZEMAZ® 光学设计程序设计的，并进行了测试以验证了此概念。在该原型透镜

组件中，前负透镜 112 是由曲率半径为 6.2mm（毫米）、中心厚度为 1.5mm 的光学玻璃 BK-7 制成的；隔离物 114 的厚度为 0.45mm，通光孔 116 的直径为 2mm；后正透镜 118 是由曲率半径为 4.71mm、中心厚度为 2.5mm 的光学玻璃 SF-11 制成的；后正透镜 118 的后表面和成像器 130 之间距离是 9.68mm。该原型透镜组件在 1.5 周期/mm 的目标面上在从 25mm 到 200mm 的目标距离范围的调制传递函数为 20%。（前面的所有数字参数都是近似的。）在此例子中，透镜组件是球形的，但不必一定是球形的。实际上，非球面镜头表面可以获得更好的效果，原因是能够更好地控制最后透镜系统的象差，或用较少的元件就能实现同样性能的透镜系统。

【0029】在设计光学系统时，用薄透镜近似开始进行初始显象通常是很方便的。尽管折射透镜的厚度很厚，薄透镜可由衍射面近似。而且，为了预测成像系统的性能，假定成像器平面上的光轴上的一点是点源，并跟踪通过透镜到达目标的光线，以反过来跟踪光线通常很方便的。在这些假设下，可对透镜组件 110 和良聚焦透镜进行比较。图 3 是透镜的距离（图上的焦距点）相对于发射光线的透镜表面上的环孔的半径的图 300。良聚焦透镜的光线全部以相同的速度（图 3 中为 7 英寸）达到，如恒定值曲线 305 表示，而透镜组件 110 的光线则作为透镜半径的函数以不同的速度聚焦，如曲线 310 所示。这是欠矫正球面象差的特征，而透镜的外面部分比中心（近轴）区域聚焦得更近。

【0030】图 4 分别示出了良聚焦透镜 405（顶部）和透镜组件 110（底部）的光线图 400A 和 400B。透镜组件 110 的孔大小（直径）比良聚焦透镜 405 的孔大，以获得同样的成像效果。良聚焦透镜 405 将所有光线聚焦到单个目标距离 408，而透镜组件 110 将光线聚焦到很宽的距离范围。结果是形成相对聚焦光线 410 的窄带。图 5 分别示出了图 4 中的区域 408 和 410 的放大部分中的光线图 500A 和 500B。注意，透镜 405 的光线到达单一距离，而来自于透镜组件 110 的光线是以典型的欠矫正球面象差形式展开。

【0031】确定光学系统的分辨率的常用方法是通过调制传递函数，调制传递函数度量成像系统分辨空间细节的能力。MTF 图显示了对正弦曲线目标图像的调制，（黑-白）/白与空间频率（以周期/mm，或线

对/mm、也称作 1p/mm 表示) 之间的关系。在零空间频率时, MTF 是单位 1, 并且随着光学系统使目标模糊, 通常会随着频率增加而减小。图 6 显示了良聚焦透镜 405 在离透镜五个不同的距离处的 MTF 的曲线图 600。透镜被聚焦到 7 英寸, 由具有高分辨率 (在该曲线图中, 在整个空间频率范围内 MTF 为恒定且等于 1) 的曲线 603 表示。曲线 602 和 604 分别聚焦在 6 英寸和 8 英寸, 并示出当光射线不再聚焦在那些距离的点时, 调制在降低。最后, 曲线 601 和 605 聚焦在 5 英寸和 9 英寸。当离聚焦点的距离增加时, 显然调制进一步减小。透镜 405 被设计成在一定的景深范围 (即对于 4 英寸的总景深而言为 5 英寸和 9 英寸)、1.5 周期/mm 时提供 20% 的调制 (图上为 0.2),。此 MTF 图 (例如, 601 和 605 具有相同的值) 的对称性质是良聚焦透镜的特点, 这可以通过查看图 5 中的光线明显看出。

【0032】图 7 示出了处于距透镜相同距离处的透镜组件 110 的一组 MTF 曲线 710 的图 700, 即从 5 英寸以 1 英寸增量增加到 9 英寸。所有的 MTF 曲线 710 形状大致相似, 在低空间频率 (此图中为 0-0.5 周期/mm) 时, 调制有一个陡峭的下降, 在高空间频率 (在此图中为大于 0.5 周期/mm) 时调制逐渐下降。此特定形式的透镜组件 110 被设计成在从 5 英寸到 9 英寸的整个范围内在 1.5 周期/mm 时有至少 20% 的调制。这种形式的透镜组件 110 的焦距与透镜半径的关系示于图 3, 其可以用下面的等式表示:

$$z(r) = d_1 + (d_2 - d_1) \left(\frac{R-r}{R} \right)^E$$

【0033】良聚焦透镜也可以由上面等式的退化情况建模。例如, 透镜 405 有以下参数: R=0.045 英寸, d₁=7 英寸, d₂=7 英寸, 和 E=1。一种形式的透镜组件 110 具有以下参数: R=0.225 英寸, d₁=1 英寸, d₂=12 英寸和 E=7。因此, 透镜组件 110 用直径上为 5 倍大的孔实现了同样的分辨率目标, 因此, 能聚集 25 倍的光, 原因是聚集效率与透镜直径的平方是成比例的。

【0034】图 8 是在近场距离为 5 英寸时将良聚焦透镜 405 (曲线 805) 和透镜组件 110 (曲线 810) 的 MTF 进行比较的曲线图 800。可以看出, 两个透镜的 MTF 曲线的形状非常不同, 但两者都满足在 1.5

周期/mm 时至少为 20% 的调制的设计需求。图 9 是在中视场距离为 6 英寸时比较相同透镜的 MTF 的曲线图 900。良聚焦透镜 405 的曲线 905 比透镜组件 110 的曲线 910 有更高的调制，但它们在 1.5 周期/mm 时都超过了 20% 的调制。

【0035】通过参考图 10 中的曲线图 1000，可以更全面地理解透镜组件 110 相比于良聚焦透镜 405 具有的优势。在此图中，MTF 曲线 710 和曲线 601-605 中的每一个曲线已经与每个透镜的孔面积（直径的平方）相乘，结果称作总传递函数（TTF），它考虑了可以用给定的成像器曝光时间捕捉的信号的总量。曲线图 1000 中的 TTF 曲线已经被标准化为良聚焦透镜 405 的低频率值。可以看出，透镜组件 110 的曲线 960 比良聚焦透镜曲线 950 有大得多的 TTF。显然，在 1.5 周期/mm 的设计目标下，在从 5 英寸到 9 英寸的所有距离下，透镜 402 的调制 960 至少是透镜 400 的调制 950 的 7.4 倍。因此，透镜 402 能以大得多的聚集效率获得相同景深。本领域技术人员能理解，通过类似的手段，通过结合本说明书中描述的透镜象差，透镜可以被设计成在同样的孔大小下，比透镜 400 具有更大的景深。使用光学设计程序（诸如 ZEMAX®），类似设计过程可用于设计具有与这些图中示出的性能类似的折射透镜。

【0036】因为透镜组件 110 能比高聚焦的透镜聚集更多的有用光，所以透镜组件 110 可用于以较快的速率形成图像（即，较少的帧曝光时间），从而当物体移动通过视场时，能有效地对移动的物体更快地成像。因为景深被扩展了，所以有效观察体积增大了。结果是获得具有较高性能的成像系统，例如，具有增强能力的条形码读卡器，其能以具有较高吞吐量在较大的扫描体积中扫描条形码。与良聚焦透镜相比，扩大景深所付出的代价是在高空间频率时（由于球面象差）调制较小。这可从图 9 中明显看出。该衰减可以用均衡器进行补偿，以修改透镜组件 110 和均衡器的总传递函数，以在整个景深内接近良聚焦透镜的调制。该补偿或均衡可以由信号处理器 150 实现。期望 MTF 对距离相对恒定，如图 7 中所示，以能够在不知道目标距离的情况下进行均衡。

【0037】信号处理器 150 优选为是数字信号处理器（DSP），如图 11 中所示。信号处理器 150 包括虚扫描线提取模块 152，非均匀像素

增益 154 和均衡器 156。虚扫描线提取模块 152 是可选的，它从成像器 130 读取和/或收集采样或像素，成像器 130 跨整个图像的一条或多条线以任意角度或以另一种期望的扫描模式放置。产生的规则的像素组有时被称作“虚扫描线”，原因是它类似于移动的激光光束点扫描通过物体 90 时，由移动的激光光束点反射产生的信号。

【0038】非均匀的像素增益 154 虽然也是可选的，但它是有优势的，原因是它可以抑制由成像器 130 中的像素与像素之间增益不同等原因所引起的像素非均匀性。如果像素非均匀性很大且未被抑制，则它会使图像中的有用调制变模糊。例如，有用调制可以出现在图像的几乎为黑色的部分上，然后在图像的白色部分上，造成白色部分的噪声比黑色部分更多。当均衡器放大高频率以试图将图像恢复到良聚焦状态时，噪声也被放大了。如果像素非均匀性噪声是主要噪声源，则从增加孔大小获得的益处将正好被由像素非均匀性造成噪声增加来抵消。如果随机噪声是主要噪声源，则由于孔大小的增加造成的信号电平的增加会超过由均衡器造成的对噪声的放大，产生改进的信噪比(SNR)，及更为快速的成像。通过给本来较黑的部分提供较多的像素增益、给趋向于较白的部分提供较少的增益(甚至削弱)，非均匀像素增益 154 可以补偿固有的非均匀性。非均匀的像素增益 154 优选为是一列比例因子，其一个像素接一个像素地与成像器的强度值相乘。通过使用均匀的光源，优选为与透镜组件 110 结合，可校正非均匀的像素增益 154，以使得当确定补偿非均匀像素增益 154 的比例因子时，考虑由透镜组件 110 造成的任何场损失。通常，随机噪声(诸如来自像素放大器的噪声)的影响在图像的黑色区域占主导地位。而在白色区域中，相比于随机噪声，像素非均匀性可能是主要的。在白色区域中，在某些情况下，相比于像素非均匀性，由组成信号的离散数量的光子造成的散粒噪声(这是另一种类型的随机噪声)是主要的。在这些情况下，非均匀像素增益帮助较小，原因是主要噪声源是随机的。

【0039】均衡器 156 是一种滤波器，其传递函数优选为近似于透镜组件 110 的 MTF 的反函数，以完全或部分地抵消或补偿由透镜组件 110 造成的模糊或象差。同样，均衡器也可以是期望的透镜 MTF(诸如曲线 905)和实际的透镜 MTF(诸如曲线 910)之间的比率。在这种

情况下，均衡器用来创建与用 MTF 曲线 905 的透镜获得的图像同样质量的图像。这可以实现，以降低在高空间频率时的均衡器的增益，因而降低对噪声的放大。均衡器 156 可以认为是高通滤波器，其在低频率时增益为单位 1，在高空间频率时，增益较大。不幸的是，在高空间频率时，噪声被放大。但是由于使用透镜组件 110，总的聚集增加，增加的信号足够补偿噪声的增加，使 SNR 增大，曝光时间减小，产品扫速更高。希望透镜组件 110 的 MTF 不会随距离而显著变化，使得均衡器 156 具有单一的固定的传递函数。如果 MTF 随距离变化显著，则如果距离已知，则可选择在该距离下与 MTF 匹配的均衡器；替代性地，可以顺序或并行地在同一图像数据上尝试多个均衡器，并且可以使用后处理来确定哪一个产生的效果最好。

【0040】通常，均衡器 156 可以实施为数字有限冲激响应（FIR）滤波器。使用窗频率采样技术或维纳滤波，从已知的传递函数产生 FIR 均衡器的这种技术在本领域是已知的。

【0041】特别地，可以用硬件或软件来实施信号处理器 150 和均衡器 156。它们可以以主动或被动的各种形式存在。例如，它们可以作为由源代码、目标代码、可执行代码和其它格式的程序指令组成的一种或更多种软件程序存在。以上的任何一种形式可体现在计算机可读介质上，其包括压缩或解压缩形式的存储设备和信号。示例性的计算机可读存储设备包括传统的计算机 RAM（随机存取存储器），ROM（只读存储器），EPROM（可擦除，可编程 ROM），EEPROM（电可擦除可编程 ROM），闪存和磁或光盘或磁带。示例性的计算机可读信号，不管是否用载波调制过，都是作为计算机程序的主机或运行计算机程序的计算机系统经配置后可访问的信号，包括通过因特网或其它网络下载的信号。前面所述的具体例子包括 CD ROM 上或通过因特网下载的软件分发。在某种意义上说，因特网本身，作为抽象实体，也是一种计算机可读介质。同样，一般来说，计算机网络也是计算机可读介质。

【0042】本说明书中所使用的术语和描述只是作为说明，而不旨在作为限制。本领域技术人员会认识到在不偏离本发明的根本原则情况下，可以对上述的实施例的细节进行各种改动。因此，本发明的范

围应该仅由所附的权利要求和其等同物确定—其中除非特别指出，所有的术语都应理解为是最宽的合理意义。

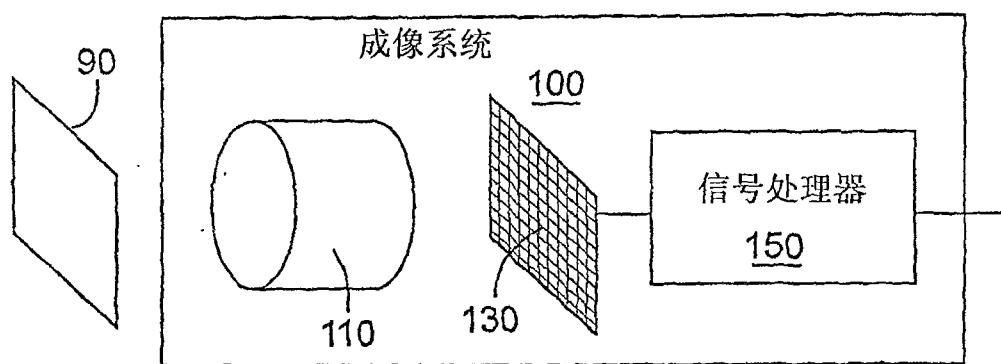


图1

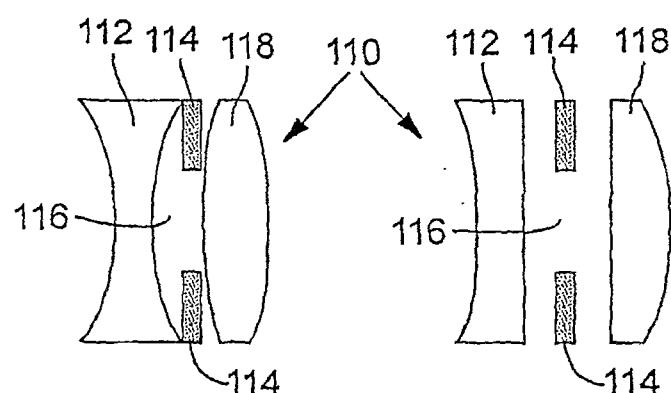


图2A

图2B

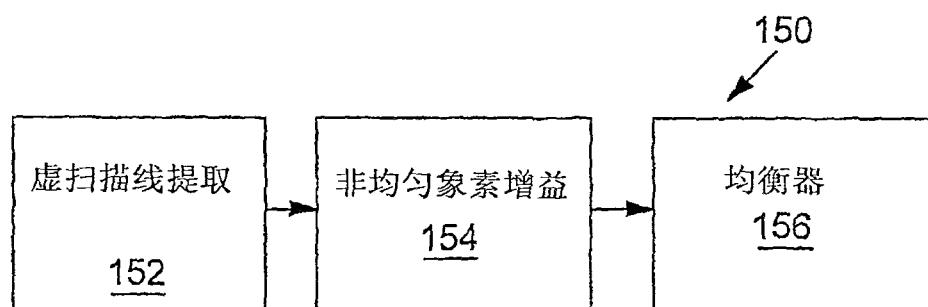


图11

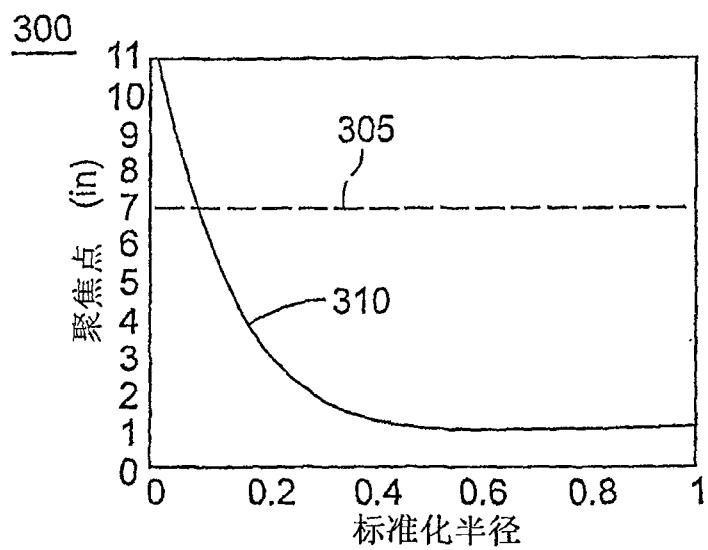


图3

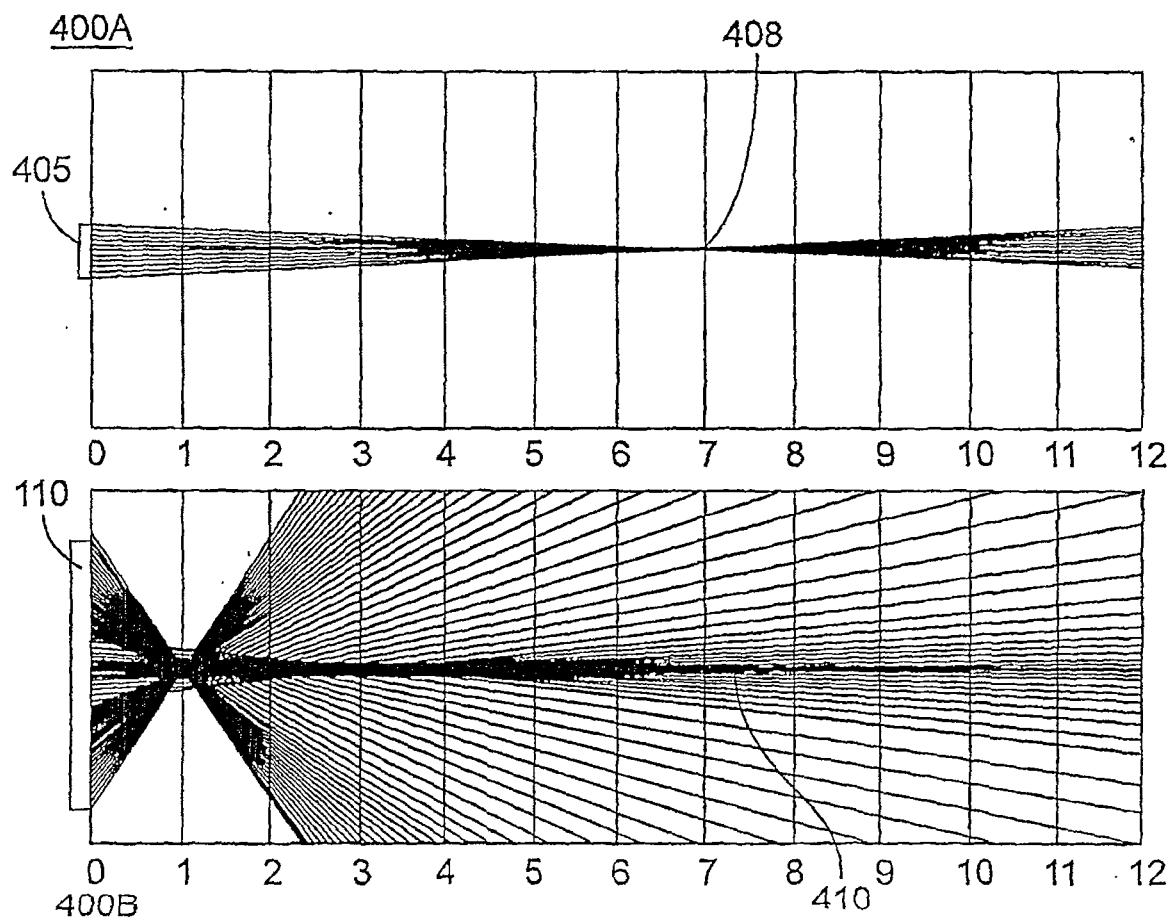


图4

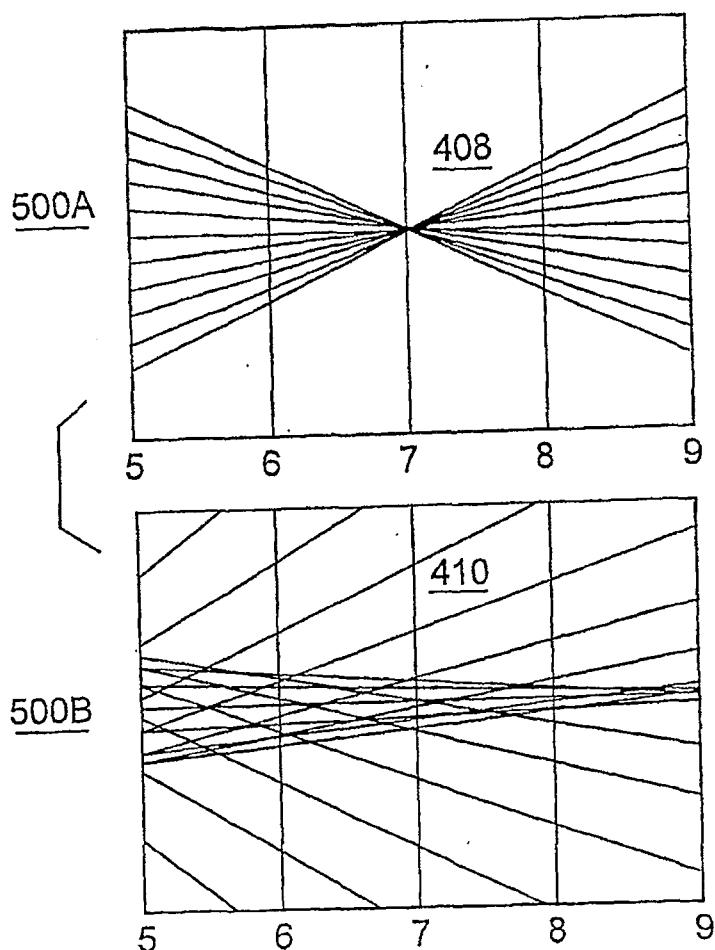


图5

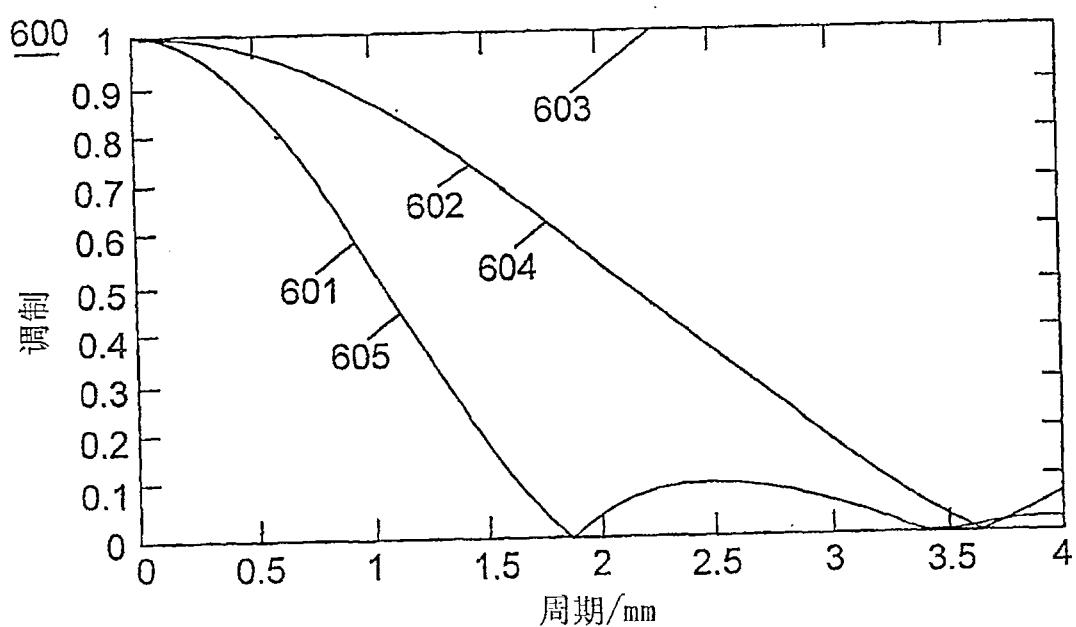


图6

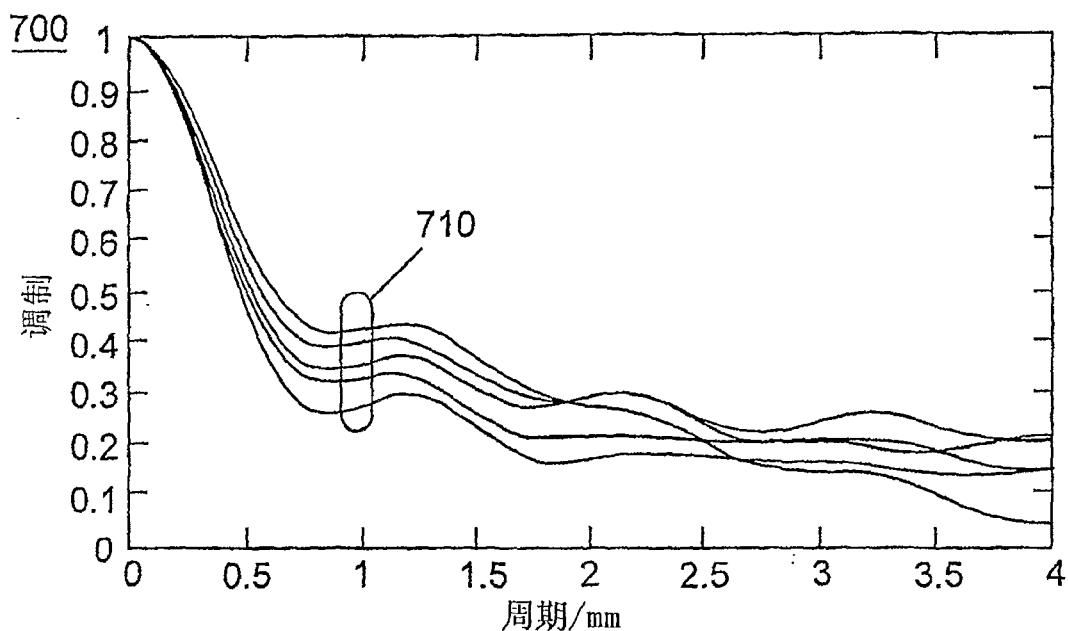


图 7

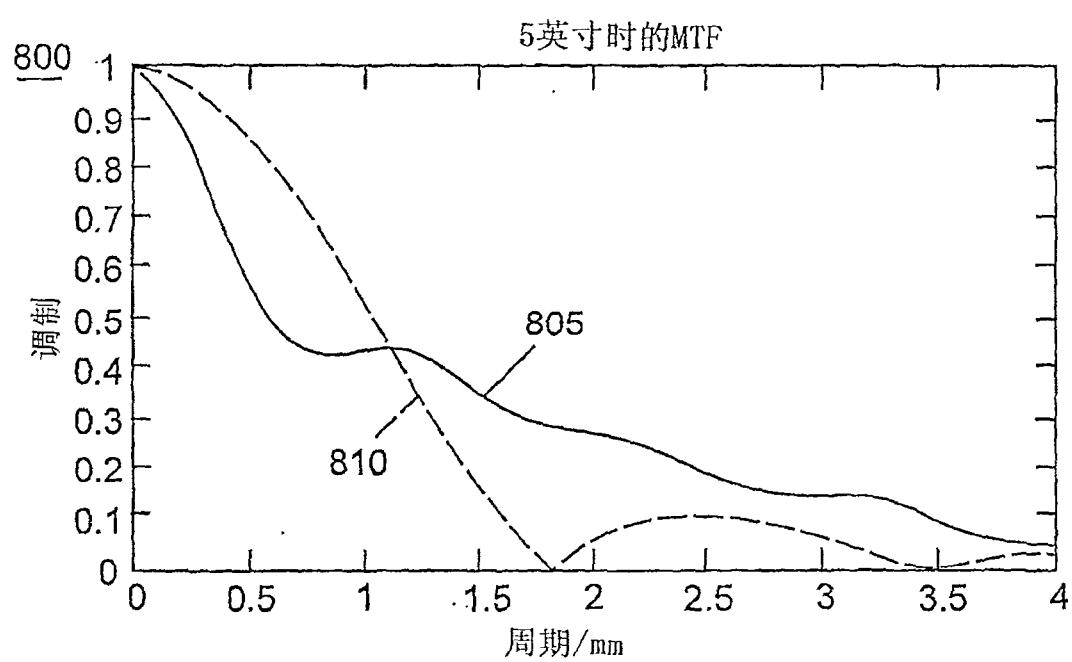


图8

