



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103185568 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 03

(21) 申请号 201210294992. 4

(22) 申请日 2012. 08. 17

(30) 优先权数据

61/581, 098 2011. 12. 29 US

(71) 申请人 财团法人工业技术研究院

地址 中国台湾新竹县竹东镇中兴路四段
195 号

(72) 发明人 张铨仲 王淇霖 陈永霖 张奇伟
刁国栋 林显昌 陈加珍 黄维嘉

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理
有限公司 11006

代理人 梁挥 田景宜

(51) Int. Cl.

G01C 3/00 (2006. 01)

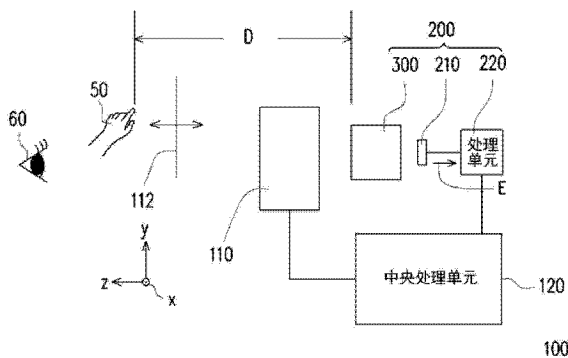
权利要求书4页 说明书20页 附图18页

(54) 发明名称

测距装置、测距方法及互动式显示系统

(57) 摘要

本发明公开了一种测距装置,包括取像镜头、图像感测单元及处理单元。取像镜头产生多个图像参数,其中这些图像参数随着物距的变化而有不同的变化。取像镜头将物体成像于图像感测单元上,以形成图像,且图像感测单元将图像转换成信号。处理单元根据信号与这些图像参数随着物距的变化,来判断物体是否落在预设的物距范围内。一种测距方法与互动式显示系统亦被提出。



1. 一种测距装置,其特征在于,包括:

取像镜头,使该取像镜头的所得图像具备多个图像参数,其中该多个图像参数随着物距的变化而有不同的变化;

图像感测单元,其中该取像镜头将物体成像于该图像感测单元上,以形成图像,且该图像感测单元将该图像转换成信号;以及

处理单元,根据该信号与该多个图像参数随着该物距的变化而产生的该多个不同变化,来判断该物体是否落在预设的物距范围内。

2. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该多个图像参数包括在两个不同的方向上的图像模糊度数值。

3. 如权利要求 2 所述的测距装置,其特征在于,该两个不同的方向彼此实质上垂直。

4. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该多个图像参数包括多个不同色光的图像模糊度数值。

5. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该多个图像参数包括多个不同空间频率的图像模糊度数值。

6. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该处理单元还根据该多个图像参数的差值随着该物距的变化来判断该物体是否落在该预设的物距范围内。

7. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该处理单元还根据该多个图像参数随着该物距的变化的斜率相对于该物距的变化而产生的不同变化来判断该物体是否落在该预设的物距范围内。

8. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该取像镜头的点扩散函数的能量分布在两个不同的方向上的集中程度在不同的该物距上达到极值。

9. 如权利要求 8 所述的测距装置,其特征在于,该两个不同的方向彼此实质上垂直。

10. 如权利要求 8 所述的测距装置,其特征在于,该取像镜头具有至少一非轴对称透镜,该非轴对称透镜具有至少一非轴对称曲面,且该非轴对称曲面在该两个不同的方向上的形貌不相同。

11. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该取像镜头的多个不同色光的点扩散函数的能量分布随着该物距的变化而有不同的变化。

12. 如权利要求 11 所述的测距装置,其特征在于,该取像镜头的轴向色差除以焦距是落在从 0.0010 到 0.0100 或从 -0.0010 到 -0.0100 的范围内,且该轴向色差为该多个图像参数所对应的不同色光的轴向色差。

13. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该处理单元还根据该多个图像参数于事前校正所得的阈值,来决定该处理单元是否开始根据该信号判断该物体是否落在该预设的物距范围内。

14. 如权利要求 13 所述的测距装置,其特征在于,该处理单元还根据该多个图像参数相对于该物距的变化的极值来决定该物体的物距。

15. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该处理单元还根据该多个图像参数相对于该物距的变化的极值来决定该物体的物距。

16. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在于,该处理单元处理该信号,以得到分别对应于该多个图像参数的多个图像数值,且该处理单元通过比对不同时间所得到的该多个

图像数值的相对变化来决定该物体的物距。

17. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在於,该处理单元处理该信号,以得到分别对应於该多个图像参数的多个图像数值,且该处理单元通过比對不同时间所得到的该多个图像数值与该多个图像参数於事前校正所得的閥值来决定该物体的物距。

18. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在於,该处理单元根据图像感测单元於一次拍摄所得到的该信号来判断该物体的物距。

19. 如权利要求 1 所述的测距装置,其特征在於,该处理单元包括:

位置判读子单元,根据该信号决定该物体於垂直於该物距的方向上的位置;

图像分割子单元,从该图像中选取对应於该物体的待分析图像的范围;

图像计算子单元,根据所选取的该待分析图像计算出分别对应於该多个图像参数的多个图像数值;以及

距离判定子单元,根据所计算出的该多个图像数值决定该物体的物距。

20. 一种测距方法,其特征在於,包括:

通过取像镜头使其所得图像具备多个图像参数,其中该多个图像参数随着物距的变化而有不同的变化;

通过该取像镜头将物体成像,以得到图像;以及

根据所得到的该图像与该多个图像参数随着该物距的变化而产生的该多个不同变化来判断该物体是否落在预设的物距范围内。

21. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,该多个图像参数包括在两个不同的方向上的图像模糊度数值。

22. 如权利要求 21 所述的测距方法,其特征在於,该两个不同的方向彼此实质上垂直。

23. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,该多个图像参数包括多个不同色光的图像模糊度数值。

24. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,该多个图像参数包括多个不同空间频率的图像模糊度数值。

25. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,判断该物体是否落在该预设的物距范围内的方法包括:

根据该多个图像参数的差值随着该物距的变化来判断该物体是否落在该预设的物距范围内。

26. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,判断该物体是否落在该预设的物距范围内的方法包括:

根据该多个图像参数随着该物距的变化的斜率相对于该物距的变化而产生的不同变化来判断该物体是否落在该预设的物距范围内。

27. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,通过该取像镜头产生该多个图像参数的方法包括使该取像镜头的点扩散函数的能量分布在两个不同的方向上的集中程度在不同的该物距上达到极值。

28. 如权利要求 27 所述的测距方法,其特征在於,该两个不同的方向彼此实质上垂直。

29. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在於,通过该取像镜头产生该多个图像参数的方法包括:

使该取像镜头的多个不同色光的点扩散函数的能量分布随着该物距的变化而有不同的变化。

30. 如权利要求 29 所述的测距方法,其特征在于,使该取像镜头的该多个不同色光的点扩散函数的能量分布随着该物距的变化而有不同的变化的方法包括:

使该取像镜头的轴向色差除以焦距落在从 0.0010 到 0.0100 或从 -0.0010 到 -0.0100 的范围内,其中该轴向色差为该多个图像参数所对应的不同色光的轴向色差。

31. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在于,判断该物体是否落在该预设的物距范围内的方法包括:

根据该多个图像参数于事前校正所得的阈值,来决定是否开始根据该图像判断该物体是否落在该预设的物距范围内。

32. 如权利要求 31 所述的测距方法,其特征在于,还包括:

根据该多个图像参数相对于该物距的变化的极值来决定该物体的物距。

33. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在于,还包括:

根据该多个图像参数相对于该物距的变化的极值来决定该物体的物距。

34. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在于,还包括:

分析该图像,以得到分别对应于该多个图像参数的多个图像数值;以及通过比对不同时间所得到的图像数值的相对变化来决定该物体的物距。

35. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在于,还包括:

分析该图像,以得到分别对应于该多个图像参数的多个图像数值;以及通过比对不同时间所得到的该多个图像数值与该多个图像参数于事前校正所得的阈值来决定该物体的物距。

36. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在于,还包括:

通过该取像镜头对该物体的一次成像所得到一个该图像来判断该物体的物距。

37. 如权利要求 20 所述的测距方法,其特征在于,还包括:

根据该图像决定该物体于垂直于该物距的方向上的位置;

从该图像中选取对应于该物体的待分析图像的范围;

根据所选取的该待分析图像计算出分别对应于该多个图像参数的多个图像数值;以及根据所计算出的该多个图像数值决定该物体的物距。

38. 一种互动式显示系统,其特征在于,包括:

图像产生单元,在空间中形成显示图像;以及

测距装置,包括:

取像镜头,产生多个图像参数,其中该多个图像参数随着物距的变化而有不同的变化;

图像感测单元,其中该取像镜头将物体成像于该图像感测单元上,以形成物体的图像,且该图像感测单元将该物体的图像转换成信号;以及

处理单元,根据该信号与该多个图像参数随着该物距的变化而产生的该多个不同变化,来判断该物体是否落在预设的物距范围内,且当该处理单元判断该物体落在该预设的物距范围内时,该处理单元判断该物体触碰到该显示图像。

39. 如权利要求 38 所述的互动式显示系统,其特征在于,该显示图像为实像。

40. 如权利要求 38 所述的互动式显示系统,其特征在于,该显示图像为虚像。

41. 如权利要求 38 所述的互动式显示系统,其特征在于,该图像产生单元与该测距装置位于该显示图像的相对两侧。

42. 如权利要求 38 所述的互动式显示系统,其特征在于,该图像产生单元与该测距装置位于该显示图像的同侧。

测距装置、测距方法及互动式显示系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种量测装置、量测方法及显示系统,更具体地涉及一种测距装置、测距方法及互动式显示系统。

背景技术

[0002] 在现今的触控技术中,以平板电脑或是智能型手机为例,多通过使用者的手指对该装置的面板进行实际的按压或滑动的操作进行控制。另一方面,除了触控面板之外,亦可使用双个或多个镜头并通过视差的方法来获得场景内各物体的相对距离。然而,若要在短距离下获得高精度的距离侦测能力,以双镜头系统为例,则因距离分辨的解析度与镜头彼此距离呈正相关,而使整体系统在体积缩小上有其难度。

[0003] 另外,亦可发射一个额外的侦测光至待测场景,并通过光的飞行时间或是所投射的结构光的变化进行距离的判读。以飞行时间法为例,由于光速的高速性,对于较近物体的距离判断上需要能够处理高频信号的电子电路。此外,在投射结构光的方法中,因额外光源与投光装置的使用,则较难达到低能源损耗与缩小系统体积的要求。另外,虽然也有通过将额外光源对待测场景进行扫描后,通过物体的反射光位置差异来达成人机互动的效果,但却与投射结构光的方法有相同的问题。

[0004] 亦有使用单个镜头对场景进行多次取像,并通过自动对焦装置的回馈信号,来进行距离的判读。然而,自动对焦通常需一段时间来完成,因此不利于满足即时人机互动的需求。

发明内容

[0005] 本发明的一实施例提出一种测距装置,其包括取像镜头、图像感测单元及处理单元。取像镜头使所得图像具备多个图像参数,其中这些图像参数随着物距的变化而有不同的变化。取像镜头将物体成像于图像感测单元上,以形成图像,且图像感测单元将图像转换成信号。处理单元根据信号与这些图像参数随着物距的变化而产生的这些不同变化,来判断物体是否落在预设的物距范围内。

[0006] 本发明的一实施例提出一种测距方法,其包括下列步骤:通过取像镜头使所得图像具备多个图像参数,其中这些图像参数随着物距的变化而有不同的变化。通过取像镜头将物体成像,以得到图像。根据所得到的图像与这些图像参数随着物距的变化而产生的这些不同变化来判断物体是否落在预设的物距范围内。

[0007] 本发明的一实施例提出一种互动式显示系统,其包括图像产生单元及上述测距装置。图像产生单元在空间中形成显示图像。当处理单元判断物体落在预设的物距范围内时,处理单元判断物体触碰到显示图像。

[0008] 为让本发明的上述特征能更明显易懂,下文特举实施例,并配合所附附图作详细说明如下。

附图说明

- [0009] 图 1A 为本发明的一实施例的互动式显示系统的示意图。
- [0010] 图 1B 绘示图 1A 中的处理单元中的子处理单元。
- [0011] 图 2 为图 1A 中的测距装置的示意图。
- [0012] 图 3A 绘示图 2 中的取像镜头在不同的物距下的点扩散函数的能量分布。
- [0013] 图 3B 为图 2 中的取像镜头所产生的图像参数随着物距的变化的曲线图。
- [0014] 图 4 为图 3B 中 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值的差值随着物距的变化的曲线图。
- [0015] 图 5 为本发明的另一实施例的互动式显示系统的示意图。
- [0016] 图 6 为本发明的又一实施例的互动式显示系统的示意图。
- [0017] 图 7 绘示图 2 中的取像镜头在不同的物距下的红光的点扩散函数与绿光的点扩散函数的能量分布。
- [0018] 图 8 为图 2 中的取像镜头所产生的于空间频率为 30 线对数 / 毫米下的离焦调制转换函数。
- [0019] 图 9 为图 2 中的取像镜头所产生的于 x 方向上的红光模糊度数值、x 方向上的绿光模糊度数值、y 方向上的红光模糊度数值与 y 方向上的绿光模糊度数值随着物距的变化的曲线图。
- [0020] 图 10 为图 9 中 x 方向上的绿光模糊度数值与 x 方向上的红光模糊度数值的差值、y 方向上的绿光模糊度数值与 y 方向上红光模糊度数值的差值、y 方向上的红光模糊度数值与 x 方向上的红光模糊度数值的差值、y 方向上的绿光模糊度数值与 x 方向上的绿光模糊度数值的差值随着物距 D 的变化的曲线图。
- [0021] 图 11 为本发明的再一实施例的取像镜头的示意图。
- [0022] 图 12A 至图 12G 分别为图 11 的取像镜头于空间频率为 10 线对数 / 毫米、20 线对数 / 毫米、30 线对数 / 毫米、40 线对数 / 毫米、50 线对数 / 毫米、100 线对数 / 毫米及 200 线对数 / 毫米时的离焦调制转换函数的曲线图。
- [0023] 图 13A 至图 13C 分别为图 11 的取像镜头于物距 34 公分、33 公分及 32 公分处的点扩散函数的能量分布图。
- [0024] 图 14 为图 11 的取像镜头在特定的空间频率下于 x 方向及 y 方向的模糊度数值。
- [0025] 图 15 为图 14 中在特定的空间频率下于 x 方向的模糊度数值变化的斜率及 y 方向的模糊度数值变化的斜率相对于物距的曲线图。
- [0026] 图 16 为本发明的另一实施例的取像镜头的示意图。
- [0027] 图 17 为图 16 的取像镜头的红光点扩散函数的能量分布图与绿光点扩散函数的能量分布图。
- [0028] 图 18 为图 16 的取像镜头所产生的 x 方向红光模糊度数值、y 方向红光模糊度数值、x 方向绿光模糊度数值及 y 方向绿光模糊度数值随着物距的变化的曲线图。
- [0029] 图 19 为图 18 中 x 方向上的绿光模糊度数值与 x 方向上的红光模糊度数值的差值及 y 方向上的绿光模糊度数值与 y 方向上红光模糊度数值的差值随着物距 D 的变化的曲线图。
- [0030] 图 20 绘示图 1 的处理单元的处理流程的一实施例。

- [0031] 图 21 绘示处理单元计算出图像模糊度数值的流程的一实施例。
- [0032] 图 22 为本发明的一实施例的具有色差式像差的取像镜头的调制转换函数曲线图。
- [0033] 图 23 为本发明的一实施例的测距方法的流程图。
- [0034] 其中,附图标记:
- [0035] 50:物体 60:眼睛
- [0036] 100、100a、100b:互动式显示系统
- [0037] 110、110b:图像产生单元
- [0038] 112、112b:显示图像
- [0039] 120:中央处理单元
- [0040] 200:测距装置 210:图像感测单元
- [0041] 220:处理单元 222:位置判读子单元
- [0042] 224:图像分割子单元 226:图像计算子单元
- [0043] 228:距离判定子单元
- [0044] 300、300c、300d:取像镜头
- [0045] 310、310c、310d:第一透镜
- [0046] 320、320c、320d:第二透镜
- [0047] 330、330c、330d:第三透镜
- [0048] 340、340c、340d:第四透镜
- [0049] 350、350c、350d:第五透镜
- [0050] A:光轴 D:物距
- [0051] E:信号
- [0052] P110、P120、P132、P134、P136、P140、P150、P160、Q110、Q122、Q124、Q130、Q140、S110 ~ S130:步骤
- [0053] R1、R2:区域
- [0054] S1 ~ S10、S1c ~ S10c、S1d ~ S10d:表面

具体实施方式

[0055] 图 1A 为本发明的一实施例的互动式显示系统的示意图,图 1B 绘示图 1A 中的处理单元中的子处理单元,图 2 为图 1A 中的测距装置的示意图,图 3A 绘示图 2 中的取像镜头在不同的物距下的点扩散函数的能量分布,而图 3B 为图 2 中的取像镜头所产生的图像参数随着物距的变化的曲线图。请参照图 1A、图 2、图 3A 与图 3B,本实施例的互动式显示系统 100 包括图像产生单元 110 及测距装置 200。图像产生单元 110 在空间中形成显示图像 112。在本实施例中,显示图像 112 例如为实像。然而,在其他实施例中,显示图像 112 亦可以是虚像。此外,图像产生单元 110 例如为投影装置、立体显示器或任何可以在空间中形成实像或虚像的图像产生装置。

[0056] 测距装置 200 包括取像镜头 300、图像感测单元 210 及处理单元 220。取像镜头 300 使所得图像具备多个图像参数,其中这些图像参数随着物距 D 的变化而有不同的变化。物距 D 为空间中的物体至取像镜头 300 的距离,例如是物体 50 至取像镜头 300 中最靠近物

侧的第一透镜 310 的最靠近物侧的表面 S1 在取像镜头 300 的光轴 A 上的距离。在本实施例中,这些图像参数包括在两个不同的方向上的图像模糊度数值(blur metric)(或可称为清晰度(sharpness)),且这两个不同的方向可彼此实质上垂直。举例而言,物体 50 与测距装置 200 所在的空间可利用含有 x 轴、y 轴与 z 轴的直角坐标系来定义,其中 x 轴、y 轴与 z 轴彼此互相垂直,而这两个不同的方向例如为 x 方向与 y 方向。

[0057] 图像模糊度数值(blur metric)(或可称为清晰度(sharpness))是一个与图像的模糊程度有关的数值,这个数值的产生方式可参照期刊 SPIE Electronic Imaging Symposium Conf Human Vision and Electronic Imaging, San Jose:Etats-Unis d' Amerique(2007)hal-00232709, version 1-1 Feb2008 中 Laboratoire des Images et des Signaux 的 Frederique Crete, Thierry Dolmiere, Patricia Ladret, Marina Nicolas 等人的标题为“The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric”的著作,亦可参照师大学报:数理科技类民国 95 年,51(1), 21-31 (Journal of Taiwan Normal University: Mathematics, Science & Technology 2006, 51(1), 21-31) 中 锤允中、张祥利、王俊明及陈世旺(Yun-Chung Chung, Shyang-Lih Chang, Jung-Ming Wang 及 Sei-Wang Chen) 等人的标题为“基于边缘分析的模糊测量标准——于图像处理的应用(An Edge Analysis Based Blur Measure for Image Processing Applications)”的著作,亦可参照期刊 ELECTRONICS LETTERS 5th November 2009 Vol. 45 No. 23 的 A. Ciancio, A. L. N. T. da Costa, E. A. B. da Silva, A. Said, R. Samadani 及 P. Obrador 等人的标题为“Objective no-reference image blur metric based on local phase coherence”的著作,亦可参照期刊 Optical Engineering(OE) Letters May 2010/ Vol. 49(5) 第 050501-1 至 050501-1 页的 Yu Han, Xiaoming Xu, and Yunze Cai 等人的标题为“Novel no-reference image blur metric based on block-based discrete cosine transform statistics”的著作,亦可参照 Aditya Anchuri Stanford University, MS 2011 Ref: Dr. Joyce Farrell PSYCH221 的标题为“Image Blur Metrics”的著作(此份资料可通过网址 <http://scien.stanford.edu/pages/labsite/2010/psych221/projects/2010/AdityaAnchuri/main.pdf> 链接到),亦可参照期刊 2009 IEEE International Conference on Imaging Processing(ICIP) 第 4396-4372 页中 Luhong Liang, Jianhua Chen, Siwei Ma, Debin Zhao, Wen Gao 等人的标题为“A NO-REFERENCE PERCEPTUAL BLUR METRIC USING HISTOGRAM OF GRADIENT PROFILE SHARPNESS”的著作,亦可参照期刊 IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 20, NO. 9, SEPTEMBER 2011 的 Niranjan D. Narvekar and Lina J. Karam, Senior Member, IEEE 等人的标题为“A No-Reference Image Blur Metric Based on the Cumulative Probability of Blur Detection(CPBD)”的著作,亦可参照期刊 2002 IEEE International Conference on Imaging Processing(ICIP) 的第 III-57 至 III-60 页的 Pina Marziliano, Frederic Dufaux, Stefan Winkler and Touradj Ebrahimi 等人的标题为“ANO-REFERENCE PERCEPTUAL BLUR METRIC”的著作。

[0058] 在本实施例中,图像模糊度数值越大代表图像越清晰。但在另一实施例中,随着图像模糊度数值的计算方式的不同,亦可以是图像模糊度数值越大代表图像越模糊,即越不清晰。

[0059] 取像镜头 300 将物体 50 成像于图像感测单元 210 上,以形成图像,且图像感测单

元 210 将此图像转换成信号 E。在本实施例中,信号 E 例如是电信号。此外,在本实施例中,物体 50 例如为使用者的手指、手、触控笔或其他物体。此外,图像感测单元 210 例如为电荷耦合元件(charge coupled device, CCD)、互补式金氧半导体感测元件(complementary metal oxide semiconductor sensor, CMOS sensor)或其他适当的图像感测元件。处理单元 220 根据信号 E 与这些图像参数随着物距 D 的变化而产生的这些不同变化,来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。在本实施例中,当处理单元 220 判断物体 50 落在预设的物距范围内时,处理单元判断物体 50 触碰到显示图像 112。换言之,显示图像 112 与取像镜头 300 的距离是落在此预设的物距范围内。

[0060] 在本实施例中,取像镜头 300 的点扩散函数的能量分布在两个不同的方向上的集中程度在不同的物距 D 上达到极值。举例而言,在图 3A 中,由左至右的点状分布图形分别是随着物距 D 增加时的点扩散函数的能量分布。由图 3A 可知,当物距约为 30 公分时,点扩散函数在 x 方向(例如为水平方向)的能量分布最集中。换言之,在物距约为 30 公分时,取像镜头 300 在 x 方向上的图像模糊度数值最大(亦即图像最为清晰),如图 3B 所绘示。另一方面,当物距约为 26.8 公分时,点扩散函数在 y 方向(例如为垂直方向)的能量分布最集中。换言之,在物距约为 26.8 公分时,取像镜头 300 在 y 方向上的图像模糊度数值为最大(亦即图像最为清晰),如图 3B 所绘示。

[0061] 在本实施例中,取像镜头具有至少一非轴对称透镜(在本实施例中是以第一透镜 310 为例,如图 2 所绘示)。非轴对称透镜(如第一透镜 310)具有至少一非轴对称曲面(在本实施例中是以第一透镜 310 的表面 S2 为例),且非轴对称曲面(如表面 S2)在两个不同的方向上(如在 x 方向与 y 方向上)的形貌不相同,故可使点扩散函数的能量分布在 x 方向上与在 y 方向上分别于不同的物距 D 上达到最为集中的状态,亦即使 x 方向的图像模糊度数值与 y 方向的图像模糊度数值分别在不同的物距 D 上达到最大值。

[0062] 在本实施例中,取像镜头 300 包括由物侧至像侧依序排列的第一透镜 310、第二透镜 320、第三透镜 330、第四透镜 340 及第五透镜 350,且第一透镜 310、第二透镜 320、第三透镜 330、第四透镜 340 及第五透镜 350 的屈光度(refractive power)分别为正、负、负、正及负。此外,孔径光阑(aperture stop)可位于第一透镜 310 的表面 S2。

[0063] 具体而言,从侧视方向看去(x 坐标方向),第一透镜 310 例如为凸面朝向物侧的正弯月形透镜(positive meniscus lens),第二透镜 320 例如为凸面朝向物侧的负弯月形透镜,第三透镜 330 例如为凸面朝向像侧的负弯月形透镜,第四透镜 340 例如为双凸透镜(biconvex lens),且第五透镜 350 例如为双凹透镜(biconcave lens)。

[0064] 以下内容将举取像镜头 300 的一实施例。需注意的是,下述的表一中所列的数据资料并非用以限定本发明,任何所属技术领域一般技术人员在参照本发明的后,当可对其参数或设定作适当的变动,惟其仍应属于本发明的范畴内。

[0065] (表一)

[0066]

表面	曲率半径 (mm)	间距 (mm)	材质	备注
S1	6.794	1.674	Z-E48R	第一透镜
S2	x: 27.803 、 y: 27.803	0.762		
S3	9.230	2.662	Z-E48R	第二透镜
S4	7.420	1.684		
S5	-4.785	1.417	OKP4HT	第三透镜
S6	-8.489	0.140		
S7	3.970	3.000	Z-E48R	第四透镜
S8	-15.020	2.164		
S9	-4.500	0.300	OKP4HT	第五透镜
S10	85.319	1.132		

[0067] 在表一中,间距是指两相邻表面间于光轴 A 上的直线距离,举例来说,表面 S1 的间距,即表面 S1 至表面 S2 间于光轴 A 上的直线距离。备注栏中各透镜所对应的厚度与材质请参照同行中各间距与材质对应的数值和材料编号。

[0068] 此外,在表一中,表面 S1、S2 为第一透镜 310 的两表面,表面 S3、S4 为第二透镜 320 的两表面,表面 S5、S6 为第三透镜 330 的两表面,表面 S7、S8 为第四透镜 340 的两表面,且表面 S9、S10 为第五透镜 350 的两表面。有关于各表面的曲率半径、间距等参数值,请参照表一,在此不再重述。此外,表面 S10 那一行的间距的数值为表面 S10 至图像感测单元 210 于光轴 A 上的直线距离。在表面 S2 那一行的曲率半径中,接在“x:”后面的数值为表面 S2 在 x 方向上的曲率半径,而接在“y:”后面的数值为表面 S2 在 y 方向上的曲率半径。

[0069] 再者,上述的表面 S1 及 S3 ~ S10 为非球面,而其可用下列公式表示:

$$[0070] \quad Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + A_1r^2 + A_2r^4 + A_3r^6 + A_4r^8 + A_5r^{10} + \dots$$

[0071] 式中, Z 为光轴 A 方向的偏移量(sag), c 是密切球面(osculating sphere)的半径的倒数,也就是接近光轴 A 处的曲率半径(如表格内表面 S1 及 S3 ~ S10 的曲率半径)的倒数。k 是二次曲面系数(conic), r 是非球面高度,即为从透镜中心往透镜边缘的高度,而 A1、A2、A3、A4、A5... 为非球面系数(aspheric coefficient),其中系数 A1 为 0。表二所列出的是表面 S1 及 S3 ~ S10 的参数值。

[0072] (表二)

[0073]

非球面参数	二次曲面系数 k	系数 A2	系数 A3	系数 A4	系数 A5
S1	0.9111	1.668E-04	-1.230E-05	0.000	0.000
S3	0.0000	-2.716E-03	-9.844E-07	0.000	0.000
S4	0.0000	-5.589E-03	2.016E-05	0.000	0.000
S5	-0.5669	1.587E-03	-1.236E-04	0.000	0.000
S6	0.01324	2.036E-03	-6.336E-05	0.000	0.000
S7	-0.3221	-1.230E-03	2.764E-06	0.000	0.000
S8	5.7213	1.898E-03	-2.104E-05	0.000	0.000
S9	0.4242	-3.378E-03	5.607E-04	0.000	0.000
S10	0.0000	-4.630E-03	4.539E-04	0.000	0.000

[0074] 此外,表面 S2 在 x 方向与在 y 方向的曲率变化不相同,而表面 S2 可以下式来描述:

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{j=2}^{66} C_j x^m y^n$$

[0076] 其中, $j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1$

[0077] 此外,式中,Z 为光轴 A 方向的偏移量(sag),c 是密切球面(osculating sphere)的半径的倒数,也就是接近光轴 A 处的曲率半径(如表格内表面 S2 的曲率半径)的倒数。k 是二次曲面系数(conic),r 是曲面高度,即为从透镜中心往透镜边缘的高度,而 C_j 为 x^myⁿ 的系数,m 与 n 为零或正整数,但 m 与 n 不同时为零,x 为 x 坐标的位置,而 y 为 y 坐标的位置,而 x=0 且 y=0 的位置是在光轴 A 上。在本实施例中,C₄=2.000E-04 (即 2.000×10⁻⁴),C₆=-2.000E-04,且 C₈=1.000,而其余的 C_j 则皆实质上为 0。

[0078] (表三)

[0079]

参数	规格
像高	3 毫米(1/3 英寸,2 百万像素)
焦距	9.5 毫米
F 数值	1.2
视场角	33.6 度
物距	300 毫米

相对照度	>50%
光学畸变	<2%
主光线角	最大主光线角 <28.6 度

[0080] 表三列出取像镜头 300 的规格的一实施例,但本发明不以此为限。表三的左栏列出参数名称,而右栏列出对应的参数的规格。其中,像高是指所采用的图像感测单元 210 的像高为 3 毫米 (mm),且图像感测单元 210 为 1/3 英寸 (inch)、2 百万像素的图像感测器。

[0081] 在本实施例的测距装置 200 中,由于在 x 方向上的模糊度数值与在 y 方向上的模糊度数值随着物距 D 的变化而有不同的变化,因此处理单元 220 可根据信号 E 中分别对应于 x 方向上的模糊度数值与 y 方向上的模糊度数值的两个图像数值来决定物体 50 的物距。在本实施例中,处理单元 220 可更根据这些图像参数于事前校正所得的阈值,来决定处理单元是否开始根据信号判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。举例而言,请参照图 3B,当阈值为 0.4 时,则当信号 E 中对应至 x 方向上的模糊度的图像数值及对应至 y 方向上的模糊度数值的图像数值至少其中之一为 0.4 以上时,处理单元 220 开始根据信号判断物体 50 是否落在预设的物距范围内,此时处理单元 220 根据图 3B 的关系可得知物距 D 约落在 25.2 公分至 31.8 公分的范围内。图 3B 的关系可在事前(如测距装置 200 出厂前)先通过实验而得知,例如改变一参考物体与测距装置 200 间的物距,同时计算并记录各物距下的模糊度数值,并将此关系储存于测距装置 200 中,例如储存于测距装置 200 的存储器中。此外,处理单元 220 亦可通过判断对应至 x 方向上的模糊度数值的图像数值与对应至 y 方向上的模糊度数值的图像数值哪个较大,来决定物距 D 是落在 25.2 公分至 27.8 公分的范围内,或落在 27.8 公分至 31.8 公分的范围内。举例而言,当 x 方向上的图像数值小于 y 方向上的图像数值,则处理单元 220 可判断出物距 D 是落在 25.2 公分至 27.8 公分的范围内。

[0082] 接着,若信号 E 中对应于 y 方向的模糊度数值的图像数值为 0.6 时,则处理单元 220 可进一步缩小物距 D 的可能范围,例如可得知物距 D 为 26 公分或 27.5 公分。由于当信号 E 中对应于 y 方向的模糊度数值的图像数值为 26 公分与 27.5 公分时所对应的 x 方向的模糊度数值是不相同的,因此处理单元 220 此时可根据信号 E 中对应于 x 方向的模糊度数值的图像数值为多少,而判断出物距 D 是 26 公分或 27.5 公分。当显示图像 112 与取像镜头 300 的距离为 26 公分时,则当处理单元 220 判断物距 D 约为 26 公分时,即可判断物体 50 落在预设的物距范围内,亦即可判断物体 50 触碰到显示图像 112。若处理单元 220 判断物距 D 为 27.5 公分时,则可判断物体 50 尚未落在预设的物距范围内,亦即判断出物体 50 尚未触碰到显示图像 112,但此时仍可得知物距 D 为 27.5 公分。同理,当图像数值为 0.4 以上的其他数值时,处理单元 220 亦通过比较信号 E 中的图像数值与图 3B 中的 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值的的关系,而判断出物距 D 为多少。

[0083] 在本实施例的测距装置 200 中,由于 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值在不同的物距 D 达到极值,且 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值随着物距 D 的变化不同,因此测距装置 200 的处理单元 220 可据此判断出物距 D,亦即处理单元 220 可根据图像参数(即 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值)相对于物距 D 的变化的极值来选定阈值,并根据极值与阈值来决定物体 50 的物距。

[0084] 此外,由于本实施例的测距装置 200 采用了多个图像参数(如 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值)来判断物距 D,因此处理单元 220 可根据图像感测单元 210 于一次拍摄所得到的信号 E 来判断物体 50 的物距 D,亦即通过取像镜头 300 对物体 50 的成像所得到的图像来判断物体 50 的物距 D。如此一来,相较于现有测距装置需经过一段对焦时间完成对焦后才能得知物距,或经由多次拍摄后才能得知物距,本实施例的测距装置 200 则能在一次拍摄完成后,经由处理单元 220 的处理而立即得知物距 D。因此,本实施例的测距装置 200 能够快速且立即地判断出物距 D。当测距装置 200 重复地拍摄并在每一次拍摄后立即地判断出物距 D 时,测距装置 200 即能达到即时(real time)侦测物体 50 的物距 D 的效果。

[0085] 另外,由于本实施例的测距装置 200 可采用单一镜头来达成物距 D 的判断,因此相较于双镜头的测距系统,本实施例的测距装置 200 的体积可以较小。再者,由于本实施例的测距装置 200 不用通过发出侦测光的方式就可达到物距 D 的判断,因此可以不采用额外的光源,如此亦可使本实施例的测距装置 200 的体积较小。此外,由于测距装置 200 是采用分析图像参数的方式来达到物距 D 的判断,因此相较于采用光飞行时间法的测距装置须采用能够处理高频信号电子电路,本实施例的测距装置 200 可以不采用能够处理高频信号电子电路,进而能够降低成本。

[0086] 请参照图 1A 与图 1B,在本实施例中,处理单元 220 包括位置判读子单元 222、图像分割子单元 224、图像计算子单元 226 及距离判定子单元 228。位置判读子单元 222 根据信号 E 决定物体 50 于垂直于物距 D 的方向上的位置,在本实施例中即为判断物体 50 所在的 x 坐标与 y 坐标。具体而言,即根据图像感测单元 210 所测得的图像中对应于物体 50 的部分在此图像中的 x 坐标与 y 坐标,来反推物体 50 实际的 x 坐标与 y 坐标。

[0087] 图像分割子单元 224 从图像中选取对应于物体 50 的待分析图像的范围。举例而言,图像分割子单元 224 可分析图像中位于位置判读子单元 222 所得到的 x 坐标与 y 坐标附近的部分,以得到待分析图像的范围。若物体 50 为手指,则图像分割子单元 224 则可选择图像中具有皮肤颜色且位于位置判读子单元 222 所得到的 x 坐标与 y 坐标附近的图像的范围作为待分析图像的范围。

[0088] 图像计算子单元 226 根据所选取的待分析图像计算出分别对应于这些图像参数(如 x 方向与 y 方向的模糊度数值)的多个图像数值。此外,距离判定子单元 228 根据所计算出的这些图像数值决定物体 50 的物距 D,亦即距离判定子单元 228 可比较这些图像数值与上述这些图像参数的关系来决定物体 50 的物距 D,这部分的细节在上面的内容已经详述,因此在此不再重述。

[0089] 在本实施例中,互动式显示系统 100 更包括中央处理单元 120,其电性连接处理单元 220 与图像产生单元 110。然而,在其他实施例中,中央处理单元 120 与处理单元 220 间也可以无线连结,例如是透过无线传输、无线网路或其他无线连结方式来连结。当处理单元 220 判断出物体 50 触碰到显示图像 112 时,中央处理单元 120 可根据处理单元 220 所判断出的物体 50 的 x 坐标与 y 坐标来决定物体 50 是触碰到显示图像 112 中的哪个物件,这可通过中央处理单元 120 映射(mapping)物体 50 的 x 坐标与 y 坐标与显示图像 112 的 x 坐标与 y 坐标来达成。接着,中央处理单元 120 便可根据物体 50 的触碰方式来决定要如何命令图像产生单元 110 如何改变显示图像 112。举例而言,当物体 50 对显示图像 112 中的物

件进行点选或拖曳的动作时,则中央处理单元 120 可命令显示图像 112 显示出对应于点选功能的显示图像 112 或移动显示图像 112 中的物件的位置。

[0090] 在本实施例中,物体 50 的数量可以是一个或多个,当物体的数量为多个时,处理单元 220 可对图像中对应于多个物体的部分进行分析,如此可使互动式显示装置 100 达到多点触控的功能。在另一实施例中,处理单元 220 与中央处理单元 120 亦可整合在一起。

[0091] 此外,由于本实施例的互动式显示系统 100 采用了测距装置 200,因此可让使用者与飘浮于空中的显示图像 112 产生互动,亦即可模拟使用者接触及触控飘浮于空中的显示图像 112 的效果。详言之,由于图像产生单元 110 在产生显示图像 112 的同时,显示图像 112 的位置即为已知,因此通过测距装置 200 来确定物体 50 (例如是使用者的手指)的位置后,即可得知物体 50 是否有碰到飘浮于空中的显示图像 112,进而根据物体 50 的运动方式来决定如何改变显示图像 112 的显示内容。

[0092] 图 4 为图 3B 中 x 方向的模糊度数值与 y 方向的模糊度数值的差值随着物距的变化曲线图。请参照图 1A 与图 4,在另一实施例中,处理单元 220 可根据这些图像参数的差值(例如为 y 方向的模糊度数值减掉 x 方向的模糊度数值所得到的差值或 x 方向的模糊度数值减掉 y 方向的模糊度数值所得到的差值)随着物距 D 的变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。此时,可以不用选定阈值,而可通过处理单元 220 判断信号 E 中的图像数值的差值(例如为 x 方向的模糊度数值对应的图像数值减掉 y 方向的模糊度数值对应的图像数值所得到的差值)是否大于零来决定处理单元 220 是否开始进一步分析出物距 D。举例而言,当图像数值的差值大于零时,且此差值为 0.2 时,处理单元 220 可判断出物距 D 为 25.5 公分或 27.3 公分。或者,可通过判断此差值是否达到极值,来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。举例而言,当显示图像 112 与取像镜头 300 的距离为 26.8 公分时,则处理单元 220 可通过判断此差值是否达到最大值,来决定物体 50 是否落在预设的物距范围内,即决定物体 50 是否触碰到显示图像 112。

[0093] 图 5 为本发明的另一实施例的互动式显示系统的示意图。请参照图 5,本实施例的互动式显示系统 100a 与图 1A 的互动式显示系统 100 类似,而两者的差异如下所述。在图 1A 的互动式显示系统 100 中,图像产生单元 110 与测距装置 200 位于显示图像 112 的同一侧,且使用者的眼睛 60 与图像产生单元 110 是位于显示图像 112 的相对两侧。然而,在本实施例的互动式显示系统 100a 中,图像产生单元 110 与测距装置 200 位于显示图像 112 的相对两侧,且使用者的眼睛 60 与测距装置 200 位于显示图像 112 的同一侧。

[0094] 图 6 为本发明的又一实施例的互动式显示系统的示意图。请参照图 6,本实施例的互动式显示系统 100b 与图 5 的互动式显示系统 100a 类似,而两者的差异如下所述。在本实施例的互动式显示系统 100b 中,图像产生单元 110b 例如为头戴式显示器(head-mounted display, HMD),其配置于使用者的眼睛 60 前方,而显示图像 112b 则为虚像。在本实施例中,图像产生单元 110b、使用者的眼睛 60 及测距装置 200 皆位于显示图像 112 的同一侧。

[0095] 图 7 绘示图 2 中的取像镜头在不同的物距下的红光的点扩散函数与绿光的点扩散函数的能量分布,图 8 为图 2 中的取像镜头所产生的于空间频率为 30 线对数/毫米下的离焦调制转换函数(through focus modulation transfer function, through focus MTF),而图 9 为图 2 中的取像镜头所产生的于 x 方向上的红光模糊度数值、x 方向上的绿光模糊度数值、y 方向上的红光模糊度数值与 y 方向上的绿光模糊度数值随着物距的变化曲线

图。请参照图 7 至图 9, 在本实施例中, 取像镜头 300 的多个不同色光的点扩散函数的能量分布随着物距 D 的变化而有不同的变化。具体而言, 在本实施例中, 取像镜头 300 的轴向色差除以焦距是落在从 0.0010 到 0.0100 或从 -0.0010 到 -0.0100 的范围内, 此轴向色差例如为这些图像参数所对应的不同色光的轴向色差。举例而言, 在本实施例中, 这些图像参数所对应到的色光为红光与绿光, 因此此轴向色差例如是红光与绿光的轴向色差, 其中红光的波长例如是 640 纳米, 而绿光的波长例如是 550 纳米。在另一实施例中, 当这些图像参数所对应到的色光为红光与蓝光时, 此轴向色差亦可以是红光与蓝光的轴向色差。不同于一般相机镜头的设计是尽量降低轴向色差, 本实施例的取像镜头 300 反而是具有明显的轴向色差, 以使红光的模糊度数值与绿光的模糊度数值随着物距 D 而有明显的不同变化。图 7 中上排的随着物距变化的点扩散函数的能量分布为红光的点扩散函数的能量分布, 而图 7 中下排的随着物距变化的点扩散函数的能量分布为绿光的点扩散函数的能量分布, 由图 7 可明显看出红光的点扩散函数的能量分布随着物距的变化明显不同于绿光的点扩散函数的能量分布随着物距的变化。此外, 由图 8 可知, 红光与绿光在 x 方向与 y 方向上的离焦调制转换函数随着离焦的程度(即随着物距 D)亦有不同的变化。再者, 由图 9 可知, 取像镜头 300 所产生的 x 方向上的红光模糊度数值、x 方向上的绿光模糊度数值、y 方向上的红光模糊度数值与 y 方向上的绿光模糊度数值随着物距 D 而有不同的变化。

[0096] 相较于图 3B 的实施例, 处理单元 220 是以两条曲线的关系为参考基准, 并比较信号 E 中对应的图像数值与这两条曲线来判断出物距 D, 本实施例则有四条曲线可以作为参考基准, 因此在比较信号 E 中对应的图像数值时, 则会产生更多可以比较的基础, 因此本实施例的处理单元 220 可更为精确地判断出物距 D。在本实施例中, 处理单元 220 根据这些图像参数(如 x 方向上的红光模糊度数值、x 方向上的绿光模糊度数值、y 方向上的红光模糊度数值与 y 方向上的绿光模糊度数值)相对于物距 D 的变化的极值来决定物体 50 的物距 D。举例而言, 由图 9 可知, 当 y 方向上的红光模糊度数值与 x 方向上的绿光模糊度数值均达到极值(例如最大值)时, 则可判断出物体 50 的物距 D 约为 30 公分, 即判断物体 50 是落在预设的物距范围内。当显示图像 112 与取像镜头 300 的距离约为 30 公分时, 则处理单元 220 可判断物体 50 触碰到显示图像 112。

[0097] 图 10 为图 9 中 x 方向上的绿光模糊度数值与 x 方向上的红光模糊度数值的差值、y 方向上的绿光模糊度数值与 y 方向上红光模糊度数值的差值、y 方向上的红光模糊度数值与 x 方向上的红光模糊度数值的差值、y 方向上的绿光模糊度数值与 x 方向上的绿光模糊度数值的差值随着物距 D 的变化的曲线图。请参照图 1A 与图 10, 在另一实施例中, 处理单元 220 可根据这些图像参数在不同的物距 D 上的差值随着物距 D 的变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内, 其中此差值例如为 x 方向上的绿光模糊度数值减掉 x 方向上的红光模糊度数值所得到的差值(在其他实施例中也可以是 x 方向上的红光模糊度数值减掉 x 方向上的绿光模糊度数值)、y 方向上的绿光模糊度数值减掉 y 方向上红光模糊度数值所得到的差值(在其他实施例中也可以是 y 方向上的红光模糊度数值减掉 y 方向上绿光模糊度数值所得到的差值)、y 方向上的红光模糊度数值减掉 x 方向上的红光模糊度数值所得到的差值(在其他实施例中也可以是 x 方向上的红光模糊度数值减掉 y 方向上的红光模糊度数值所得到的差值)及 y 方向上的绿光模糊度数值减掉 x 方向上的绿光模糊度数值所得到的差值(在其他实施例中也可以是 x 方向上的绿光模糊度数值减掉 y 方向上的绿光模糊度

数值所得到的差值)。在本实施例中,可利用四个不同的差值随着物距 D 的变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内,且可求得物距 D。由于相较于图 4 的实施例,本实施例可以据以判断的差值较多,因此可更为准确地判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。举例而言,可利用 y 方向的红光模糊度数值减掉 x 方向的红光模糊度数值所得到的差值及 y 方向的绿光模糊度数值减掉 x 方向的绿光模糊度数值所得到的差值,来决定处理单元 220 是否开始判断物体 50 是否进入预设的物距范围或开始详细分析信号 E 以得到物距 D。之后,再通过 x 方向的绿光模糊度数值减掉 x 方向的红光模糊度数值所得到的差值及 y 方向的绿光模糊度数值减掉 y 方向的红光模糊度数值所得到的差值,来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内,或计算出物体 50 的物距 D。

[0098] 图 11 为本发明的再一实施例的取像镜头的示意图,而图 12A 至图 12G 分别为图 11 的取像镜头于空间频率为 10 线对数/毫米、20 线对数/毫米、30 线对数/毫米、40 线对数/毫米、50 线对数/毫米、100 线对数/毫米及 200 线对数/毫米时的离焦调制转换函数的曲线图,其中图 12A 至图 12G 的每一张图中绘示了场为 0.6 (即视场角为 9.79 度)及场为 1.0 (即视场角为 16.05 度)且分别于切线方向(tangential direction)与弧矢方向(sagittal direction)的离焦调制转换函数的曲线,其中英文字母“T”左边的线条代表图中线条形式与其相同的曲线是切线方向的离焦调制转换函数的曲线,而英文字母“R”左边的线条代表图中线条形式与其相同的曲线是弧矢方向的离焦调制转换函数的曲线。举例而言,在图中“场 0.6”左边的“T”的左边的线条代表图中线条形式与其相同的曲线是在场为 0.6 处的切线方向的离焦调制转换函数的曲线,而在“场 0.6”左边的“R”的左边的线条代表图中线条形式与其相同的曲线是在场为 0.6 处的弧矢方向的离焦调制转换函数的曲线,而其余的线条形式的曲线的物理意义可以此类推。图 13A 至图 13C 分别为图 11 的取像镜头于物距 34 公分、33 公分及 32 公分处的点扩散函数的能量分布图,而图 14 为图 11 的取像镜头在特定的空间频率下于 x 方向及 y 方向的模糊度数值。请先参照图 11 及图 13A 至图 13C,本实施例的取像镜头 300c 亦可用以取代图 1A 及图 2 中的取像镜头 300,以应用在图 1A 的测距装置 200 与互动式显示系统 100 中。本实施例的取像镜头 300 的点扩散函数的能量分布随着物距 D 的变化实质上并不会在不同的方向上(例如在 x 方向与 y 方向上)有不同的变化,亦即点扩散函数随着物距 D 的变化实质上不具有方向性的差异。由图 13A 至图 13C 可知,当物距从 34 公分变为 33 公分时,点扩散函数在各个方向上均同时变得更为集中,而当物距从 33 公分变化 32 公分时,点扩散函数在各个方向上均同时变得更为发散。图 13A 至图 13C 中所列的史特瑞比率(Strehl ratio)与点扩散函数的集中程度有关。当史特瑞比率越大时,点扩散函数越为集中。

[0099] 本实施例的取像镜头 300c 包括由物侧至像侧依序排列的第一透镜 310c、第二透镜 320c、第三透镜 330c、第四透镜 340c 及第五透镜 350c,且第一透镜 310c、第二透镜 320c、第三透镜 330c、第四透镜 340c 及第五透镜 350c 的屈光度分别为正、负、正、正及负。在本实施例中,第一透镜 310c 例如为凸面朝向物侧的正弯月形透镜,第二透镜 320c 例如为凸面朝向物侧的负弯月形透镜,第三透镜 330c 例如为双凸透镜,第四透镜 340c 例如为凸面朝向物侧的正弯月形透镜,且第五透镜 350c 例如为双凹透镜。

[0100] 以下内容将举出取像镜头 300c 的一实施例,但本发明不以此为限。

[0101] (表四)

[0102]

表面	曲率半径 (mm)	间距 (mm)	材质	备注
S1c	11.055	1.044	Z-E48R	第一透镜
S2c	27.362	0.592		
S3c	4.568	1.029	OKP4HT	第二透镜
S4c	3.337	2.155		
S5c	13.556	3.487	Z-E48R	第三透镜
S6c	-9.152	0.100		
S7c	6.217	2.960	Z-E48R	第四透镜
S8c	7.250	2.735		
S9c	-77.492	1.530	OKP4HT	第五透镜
S10c	9.107	1.239		

[0103]

[0104] 在表四中各物理量的说明可参照表一的说明。此外,在表四中,表面 S1c、S2c 为第一透镜 310c 的两表面,其中表面 S1c 为孔径光阑。表面 S3c、S4c 为第二透镜 320c 的两表面,表面 S5c、S6c 为第三透镜 330c 的两表面,表面 S7c、S8c 为第四透镜 340c 的两表面,且表面 S9c、S10c 为第五透镜 350c 的两表面。有关于各表面的曲率半径、间距等参数值,请参照表四,在此不再重述。此外,表面 S10c 那一行的间距的数值为表面 S10c 至图像感测单元 210 于光轴 A 上的直线距离。

[0105] 再者,上述的表面 S1c ~ S10c 为非球面,而其可采用上述用以表示 S1、S3 ~ S10 的非球面公式表示,而公式中各参数的说明请参照上述对 S1、S3 ~ S10 的非球面公式的说明,在此不再重述。在本实施例中,系数 A1 为 0。表五所列出的是表面 S1c ~ S10c 的非球面参数值。

[0106] (表五)

[0107]

非球面 参数	二次曲面系 数 k	系数 A2	系数 A3	系数 A4	系数 A5
S1c	0.000	1.109E-03	0.000E+00	0.000	0.000
S2c	33.169	1.843E-03	-9.548E-06	0.000	0.000
S3c	-1.079	-1.939E-03	6.508E-07	0.000	0.000
S4c	-0.755	-3.967E-03	4.392E-06	0.000	0.000
S5c	2.483	-1.173E-04	-4.474E-05	0.000	0.000
S6c	1.640	-8.772E-05	-3.360E-06	0.000	0.000
S7c	0.720	-4.163E-04	1.292E-05	0.000	0.000
S8c	-2.224	4.961E-04	5.752E-05	0.000	0.000
S9c	0.000	-9.212E-03	1.064E-04	0.000	0.000
S10c	4.505	-8.220E-03	1.799E-04	0.000	0.000

[0108] (表六)

[0109]

参数	规格
像高	3 毫米(1/3 英寸,2 百万像素)
焦距	10 毫米
F 数值	1.2
视场角	32 度
物距	300 毫米
相对照度	>50%
光学畸变	<2%
主光线角	最大主光线角 <28.6 度

[0110] 表六列出取像镜头 300c 的规格的一实施例,但本发明不以此为限。表六中各参数的说明请参照上述对表三的各参数的说明。

[0111] 请再参照图 11 及图 12A 至图 12G,从图 12A 至图 12G 可知,当物体 50 位于取像镜头 300c 的最佳物距时,由于取像镜头 300c 所撷取的物体的图像有较多的高频信号,因此会有较为清晰的图像,而图像清晰度会随物距 D 偏离取像镜头 300c 的最佳物距而逐渐下降。根据此特性,处理单元 220 可通过分析出图像于各空间频率所对应到的图像参数,并通过

比较多个空间频率所对应的图像参数的不同变化或是再比对不同色光的图像参数的不同变化所得到的关系,再与信号 E 比较,以判断出物体 50 是否落在预设的物距范围内,或计算出物体 50 的物距 D。在本实施例中,这些图像参数包括多个不同空间频率的图像模糊度数值。

[0112] 此外,亦可根据不同空间频率的图像求得 x 方向的图像模糊度数值与 y 方向的图像模糊度数值。如图 14 所绘示,即某一特定的空间频率的 x 方向图像模糊度与 y 方向图像模糊度随着物距 D 的变化的曲线图。通过比较图 14 的两条曲线的关系,再将信号 E 与此关系比较,处理单元 220 便能够判断出物体 50 是否落在预设的物距范围内,或计算出物体 50 的物距 D。利用图 14 的两条曲线来判断出物体 50 是否落在预设的物距范围内或计算出物体 50 的物距 D 的细节可采用类似于上述其他实施例中的方法,再此不再详述。

[0113] 图 15 为图 14 中在特定的空间频率下于 x 方向的模糊度数值变化的斜率及 y 方向的模糊度数值变化的斜率相对于物距的曲线图。请参照图 11、图 14 与图 15,图 15 中的两条曲线可视为将图 14 中的两条曲线对物距微分后所得到的导函数。当所取的物距数值不连续时,则图 15 曲线上对应于某一物距的纵轴数值即为图 14 中对应的曲线于该物距的点与其相邻的点的连线的斜率。在本实施例中,处理单元 220 更根据这些图像参数随着物距 D 的变化的斜率相对于物距 D 的变化而产生的不同变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。换言之,如图 15 所绘示, x 方向的模糊度数值变化的斜率与 y 方向的模糊度数值变化的斜率随着物距 D 的变化并不相同,因此处理单元 220 可据此与信号 E 比对,并判断物体 50 是否落在预设的物距范围内,或计算出物体 50 的物距 D。

[0114] 图 16 为本发明的另一实施例的取像镜头的示意图,图 17 为图 16 的取像镜头的红光点扩散函数的能量分布图与绿光点扩散函数的能量分布图,而图 18 为图 16 的取像镜头所产生的 x 方向红光模糊度数值、y 方向红光模糊度数值、x 方向绿光模糊度数值及 y 方向绿光模糊度数值随着物距的变化的曲线图。请参照图 16、图 17 及图 18,本实施例的取像镜头 300d 亦可用以取代图 1A 及图 2 中的取像镜头 300,以应用在图 1A 的测距装置 200 与互动式显示系统 100 中。相较于图 11 的取像镜头 300c,本实施例的取像镜头 300d 除了在不同的物距会有模糊度数值的变化之外,更会使不同色光(例如红光与绿光)的最佳成像物距大于所要达成的距离判断程度。举例而言,可使红光与绿光的最佳成像物距的差异大于 1 公分,来增进处理单元 220 对物体 50 的距离的判断精确度。

[0115] 本实施例的取像镜头 300d 包括由物侧至像侧依序排列的第一透镜 310d、第二透镜 320d、第三透镜 330d、第四透镜 340d 及第五透镜 350d,且第一透镜 310d、第二透镜 320d、第三透镜 330d、第四透镜 340d 及第五透镜 350d 的屈光度分别为正、负、负、正及负。在本实施例中,第一透镜 310d 例如为双凸透镜,第二透镜 320d 例如为凸面朝向物侧的负弯月形透镜,第三透镜 330d 例如为凸面朝向像侧的负弯月形透镜双凸透镜,第四透镜 340d 例如为双凸透镜,且第五透镜 350d 例如为双凹透镜。

[0116] 以下内容将举出取像镜头 300d 的一实施例,但本发明不以此为限。

[0117] (表七)

[0118]

表面	曲率半径 (mm)	间距 (mm)	材质	备注
S1d	6.200	1.996	Z-E48R	第一透镜
S2d	-47.279	1.675		
S3d	41.745	1.293	Z-E48R	第二透镜
S4d	9.375	1.383		
S5d	-4.590	1.580	OKP4HT	第三透镜
S6d	-8.065	0.100		
S7d	4.140	3.000	Z-E48R	第四透镜
S8d	-12.789	1.878		
S9d	-5.082	0.300	OKP4HT	第五透镜
S10d	28.839	1.161		

[0119] 在表七中各物理量的说明可参照表一的说明。此外,在表七中,表面 S1d、S2d 为第一透镜 310d 的两表面,其中表面 S1d 为孔径光阑。表面 S3d、S4d 为第二透镜 320d 的两表面,表面 S5d、S6d 为第三透镜 330d 的两表面,表面 S7d、S8d 为第四透镜 340d 的两表面,且表面 S9d、S10d 为第五透镜 350d 的两表面。有关于各表面的曲率半径、间距等参数值,请参照表七,在此不再重述。此外,表面 S10d 那一行的间距的数值为表面 S10d 至图像感测单元 210 于光轴 A 上的直线距离。

[0120] 再者,上述的表面 S1d ~ S10d 为非球面,而其可采用上述用以表示 S1、S3 ~ S10 的非球面公式表示,而公式中各参数的说明请参照上述对 S1、S3 ~ S10 的非球面公式的说明,在此不再重述。在本实施例中,系数 A1 为 0。表八所列出的是表面 S1d ~ S10d 的非球面参数值。

[0121] (表八)

[0122]

非球面 参数	二次曲面系 数 k	系数 A2	系数 A3	系数 A4	系数 A5
S1d	0.433	-9.345E-05	1.786E-06	0.000	0.000

[0123]

S2d	0.000	8.618E-04	-1.014E-05	0.000	0.000
S3d	0.000	-1.892E-03	-1.227E-05	0.000	0.000
S4d	0.000	-5.380E-03	-2.427E-06	0.000	0.000
S5d	-0.522	2.099E-03	-1.292E-04	0.000	0.000
S6d	-1.202	2.252E-03	-6.328E-05	0.000	0.000
S7d	-0.154	-1.128E-03	-7.639E-06	0.000	0.000
S8d	6.593	2.182E-03	1.524E-05	0.000	0.000
S9d	0.301	-3.804E-03	3.718E-04	0.000	0.000
S10d	72.522	-4.644E-03	2.676E-04	0.000	0.000

[0124] (表九)

[0125]

参数	规格
像高	3 毫米(1/3 英寸,2 百万像素)
焦距	9.46 毫米
F 数值	1.2
视场角	34 度
物距	300 毫米
相对照度	>50%
光学畸变	<2%
主光线角	最大主光线角 <28.6 度

[0126] 表九列出取像镜头 300d 的规格的一实施例,但本发明不以此为限。表九中各参数的说明请参照上述对表三的各参数的说明。

[0127] 由图 17 可知,本实施例的取像镜头 300d 的点扩散函数除了在能量分布上随物距 D 的变化而有集中或发散的变化之外,不同色光的最佳物距亦有所不同。举例而言,图 17 中的上排绘示红光的点扩散函数的能量分布,而下排绘示绿光的点扩散函数的能量分布,而红光的最佳物距是在 32 公分,且绿光的最佳物距是在 28 公分。因此,处理单元 220 根据图像对于不同色光的清晰度,或更进一步分析不同色光图像中对应于不同空间频率的图像参数(例如模糊度数值),亦可判断物体 50 的物距 D 是否落在预设的物距范围内,或计算出物体 50 的物距 D。具体而言,如图 18 所示,可比较信号 E 与图 18 的四条曲线的关系,来判断物体 50 的物距 D 是否落在预设的物距范围内,或计算出物体 50 的物距 D。

[0128] 图 19 为图 18 中 x 方向上的绿光模糊度数值与 x 方向上的红光模糊度数值的差值及 y 方向上的绿光模糊度数值与 y 方向上红光模糊度数值的差值随着物距 D 的变化的曲线图。请参照图 19, 在另一实施例中, 处理单元 220 可根据这些图像参数在不同的物距 D 上的差值随着物距 D 的变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内, 其中此差值例如为 x 方向上的绿光模糊度数值减掉 x 方向上的红光模糊度数值所得到的差值(在其他实施例中也可以是 x 方向上的红光模糊度数值减掉 x 方向上的绿光模糊度数值所得到的差值)及 y 方向上的绿光模糊度数值减掉 y 方向上红光模糊度数值所得到的差值(在其他实施例中也可以是 y 方向上的红光模糊度数值减掉 y 方向上绿光模糊度数值所得到的差值)。在本实施例中, 可利用此两个不同的差值随着物距 D 的变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内, 且可求得物距 D。相较于图 18 的实施例, 采用图 19 的曲线关系的实施例可以不需选定图像参数的阈值, 而是通过判断此差值的极值与零点来决定处理单元 220 是否开始判断物体 50 是否落在预设的物距范围内或开始计算物体 50 的物距。

[0129] 除了如上述实施例以一次拍摄所得到的图像数值来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内或计算出物体 50 的物距 D 之外, 在其他实施例中, 处理单元 220 亦可通过比对不同时间所得到的这些图像数值的相对变化来决定物体 50 的物距 D, 进而增进物距 D 判断的准确度。或者, 处理单元 220 可通过比对不同时间所得到的这些图像数值与其所对应的这些图像参数于事前校正所得的阈值来决定物体 50 的物距 D。

[0130] 在上述的实施例中, 处理单元 220 例如为处理电路或储存于电脑可读取媒体中的软体。

[0131] 图 20 绘示图 1 的处理单元的处理流程的一实施例。请参照图 20, 处理单元 220 的处理程序可包括下列步骤。首先, 处理单元 220 可先执行步骤 P110, 即进行初始化校正, 以得到上述各种与图像参数相关的曲线关系的至少其中之一, 例如图 3B、图 4、图 9、图 10、图 14、图 15、图 18 及图 19 中的至少其中一张图所绘示的关系。接着, 执行步骤 P120, 即撷取图像, 亦即撷取来自图像感测单元 210 的信号 E, 以获得图像的数据。然后, 执行步骤 P132、P134 及 P136, 即分析步骤 P120 所得到的图像数据, 而得到对应于不同图像参数(如上述实施例的不同的图像模糊度数值)的图像数值, 其中这些图像数值的种类例如为 N 种, 其中 N 为大于等于 2 的正整数。之后, 执行步骤 P140, 即通过比较步骤 P132、P134 及 P136 所得到的 N 种图像数值与步骤 P110 初始化校正时所得到的各图像参数关系, 而判断物体 50 是否落入预设的物距范围内。然后, 执行步骤 P150, 即根据步骤 P120 所撷取的图像数据来判断物体 50 的 x 坐标与 y 坐标。当物体 50 是指尖时, 可通过分析图像中肤色区域所在的位置来判断出指尖的 x 坐标与 y 坐标。再来, 可执行步骤 P160, 即产生使用者界面的互动。具体而言, 可根据步骤 P150 时所判断的指尖触碰位置来决定如何产生使用者界面的互动, 例如产生对图像中的物件的点选、拖曳或其他功能。此外, 在经过步骤 P110 的初始化校正后, 使用者可根据使用需求再校正参数, 进而提升使用者界面互动的准确性。另外, 通过使用者界面的互动, 使用者亦可指示处理单元 220 再撷取图像, 以进行物体 50 的物距 D 及位置的判断。在其他实施例中, 步骤 P150 亦可在步骤 P140 之前执行, 例如是在步骤 P120 与步骤 P132、P134、P136 之间执行, 此时步骤 P150 可进行图像分割, 而从步骤 P120 中所得到的图像进一步分割出物体 50 (如指尖) 的图像, 而接下来所进行的步骤 P132、P134、P136 则可以仅分析分割出的物体 50 的图像, 进而简化分析的数据及过程。

[0132] 图 21 绘示处理单元计算出图像模糊度数值的流程的一实施例。请参照图 21, 上述实施例的模糊度计算方法可采用以上所引述的论文中的任何一种方法, 或采用其他模糊度计算方法。在此举出其中一种模糊度计算方法为例, 但本发明不以此为限。图 21 的方法是将图像模糊视为是清晰图像与高斯函数的折积(convolution), 通过对原始图像作再次模糊(re-blur), 以比较再次模糊前后的差异, 进而推算出模糊程度的数值。举例而言, 如图 21 所绘示, 图中的计算图像模糊度数值的流程包括下列步骤。首先, 如步骤 Q110 所绘示, 从图像感测单元 210 获得原始图像(source image), 亦即从来自图像感测单元 210 的信号 E 得到此原始图像数据。接着, 执行步骤 Q122 与步骤 Q124, 即利用两个不同的模糊半径 1 与模糊半径 2 来对原始图像作模糊处理, 以分别得到模糊图像 1 与模糊图像 2, 其中模糊半径与高斯函数的宽度有关。换言之, 即将原始图像分别与两个不同宽度的高斯函数作折积运算, 以得到两个不同的模糊图像。之后, 执行步骤 Q130, 即通过比较模糊图像 1、模糊图像 2 与原始图像来估计模糊度数值。接着, 在步骤 Q140 时便可得到模糊度数值。

[0133] 当模糊度计算方法应用在如图 3A 那种会产生像散式像差的实施例时, 可将再次模糊的运算核心(kernel)分成 x 轴与 y 轴两种模糊(blur), 且通过比较 x 轴与 y 轴的模糊度数值的差异来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。此外, 当模糊度计算方法应用在如图 17 那种会产生色差式像差的实施例时, 可将图像分成红色通道(channel)的图像与绿色通道图像, 且分别计算两个通道的模糊度数值。此时, 模糊度数值随着物距 D 的分布将出现如图 22 所绘示的双高斯分布, 其中图 22 为本发明的一实施例的具有色差式像差的取像镜头的调制转换函数曲线图。此时, 可将模糊度数值大于某阈值的像素视为在对焦(in focus)区, 如区域 R1 为绿光的对焦区, 而区域 R2 为红光的对焦区。取红色通道的对焦区与绿色通道的对焦区的交集区域(即图 22 中填满斜线的区域)作为触发区(例如此时开始判断物体 50 是否落在预设的物距范围, 或开始计算物体 50 的物距 D), 以增进判断物距 D 的准确度。

[0134] 图 23 为本发明的一实施例的测距方法的流程图。请参照图 1A 与图 23, 本实施例的测距方法可应用于图 1A 的测距装置 200 中或其他实施例的测距装置中, 而以下以图 1A 的测距装置 200 为例进行说明。本实施例的测距方法包括下列步骤。首先, 执行步骤 S110, 通过取像镜头 300 产生多个图像参数, 其中这些图像参数随着物距 D 的变化而有不同的变化。取像镜头 300 产生多个图像参数的细节可参照上述各实施例, 在此不再重述。接着, 执行步骤 S120, 通过取像镜头 300 将物体 50 成像, 以得到图像, 例如是在图像感测单元 210 上形成图像。在图像感测单元上形成图像的细节可参照上述实施例的说明, 在此不再重述。之后, 执行步骤 S130, 根据所得到的图像与这些图像参数随着物距的变化而产生的这些不同变化来判断物体 50 是否落在预设的物距范围内。在本实施例中, 所得到的图像即为图 1A 中的信号 E 所包含的图像数据。此外, 判断物体 50 是否落在预设的物距范围内及物距 D 的计算方法的细节可参照上述实施例的说明, 在此不再重述。换言之, 步骤 S130 可由处理单元 220 所执行。另外, 本实施例的测距方法可分析图像, 以得到分别对应于这些图像参数的这些图像数值, 其中分析图像例如是分析信号 E。再者, 本实施例的测距方法可从图像中选取对应于物体 50 的待分析图像的范围, 例如是从信号 E 中的图像数据来选取。

[0135] 综上所述, 在本发明的实施例的测距装置与测距方法中, 由于采用了多个图像参数随着物距的变化而产生的不同变化来判断物体是否落在预设的物距范围内或计算出物

体的物距,因此可提升判断与计算的准确度,且可提升测距的速度,进而达到即时测距的效果。此外,由于本发明的实施例的互动式显示系统采用了上述的测距装置,因此可让使用者与飘浮于空中的显示图像产生互动,亦即可模拟使用者接触并触控飘浮于空中的显示图像的效果。

[0136] 虽然本发明已以实施例公开如上,然其并非用以限定本发明,任何所属技术领域一般技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,故本发明的保护范围当视后附的申请专利范围所界定者为准。

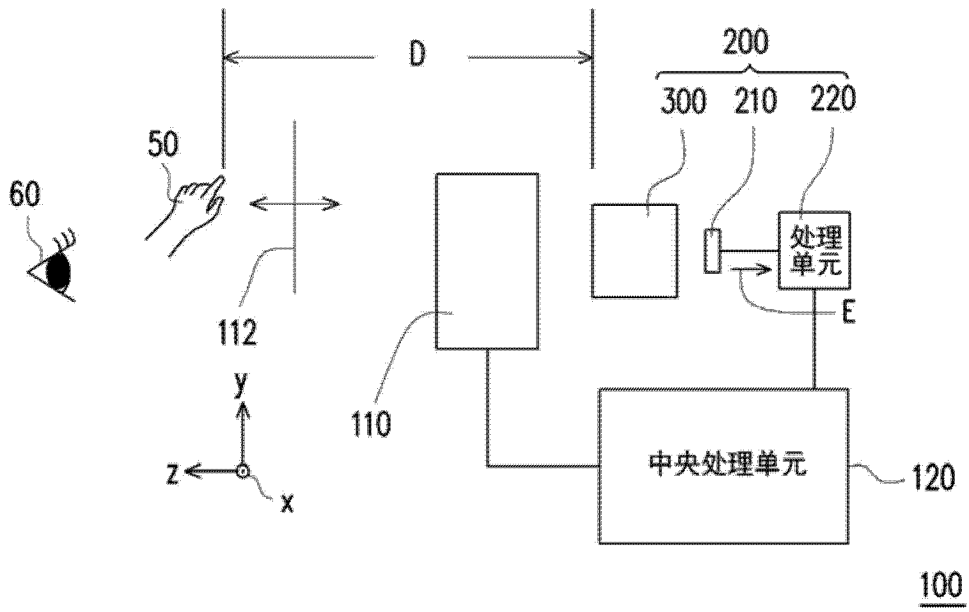


图 1A

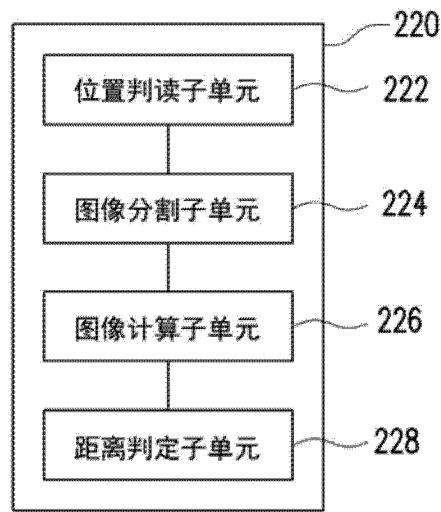


图 1B

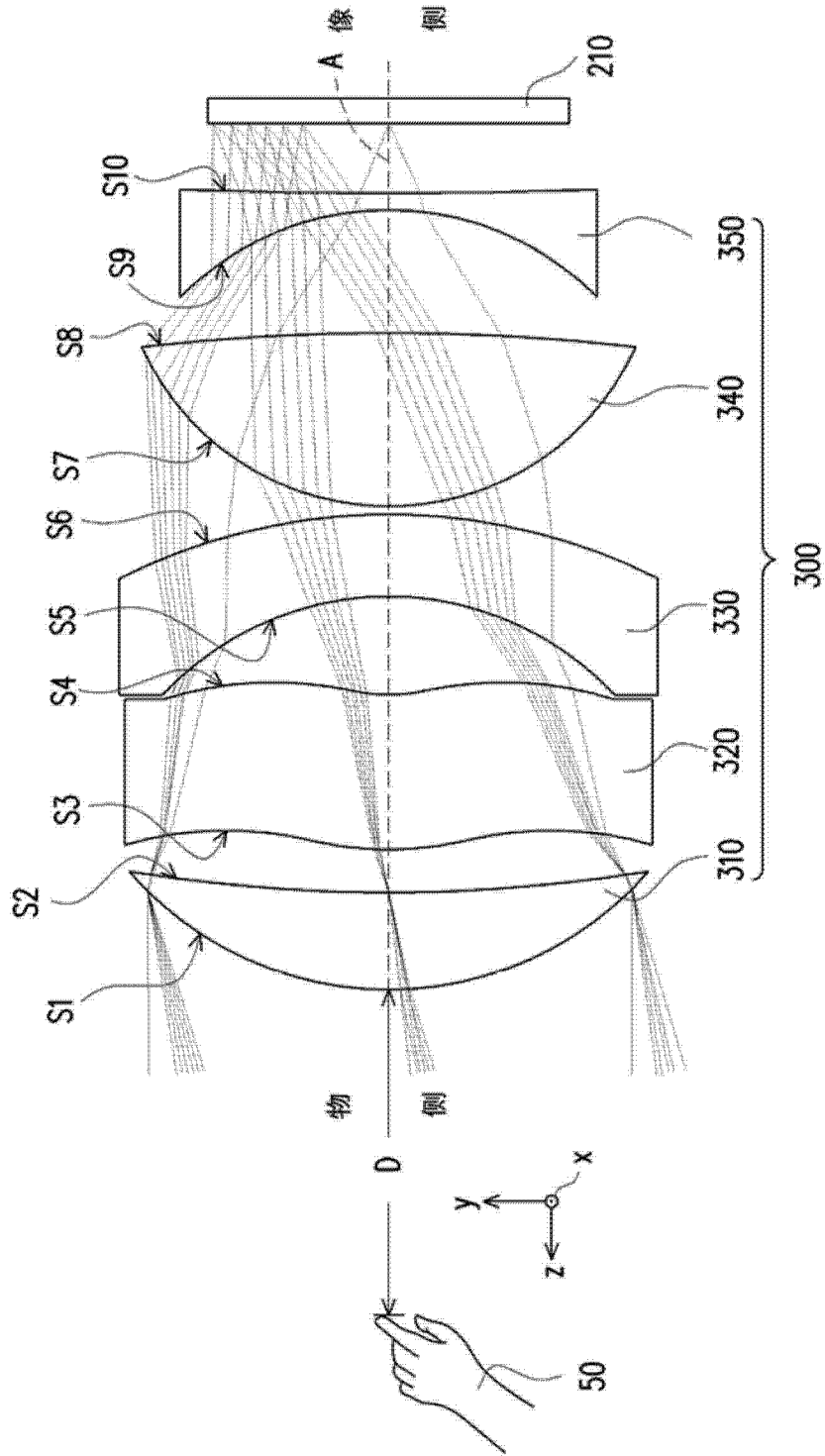


图 2

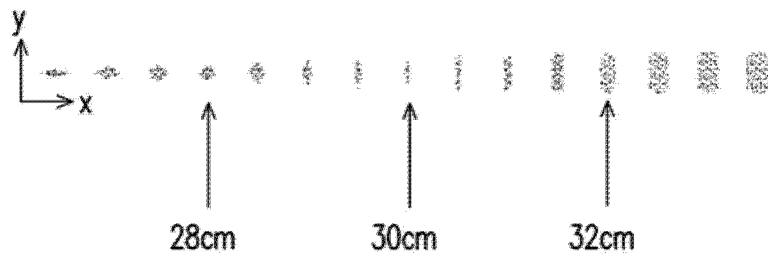


图 3A

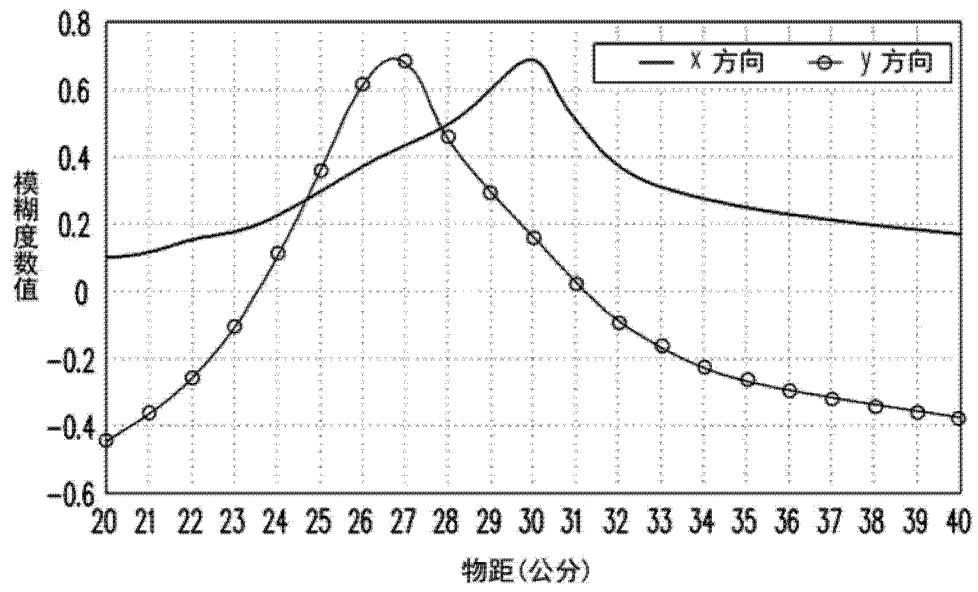


图 3B

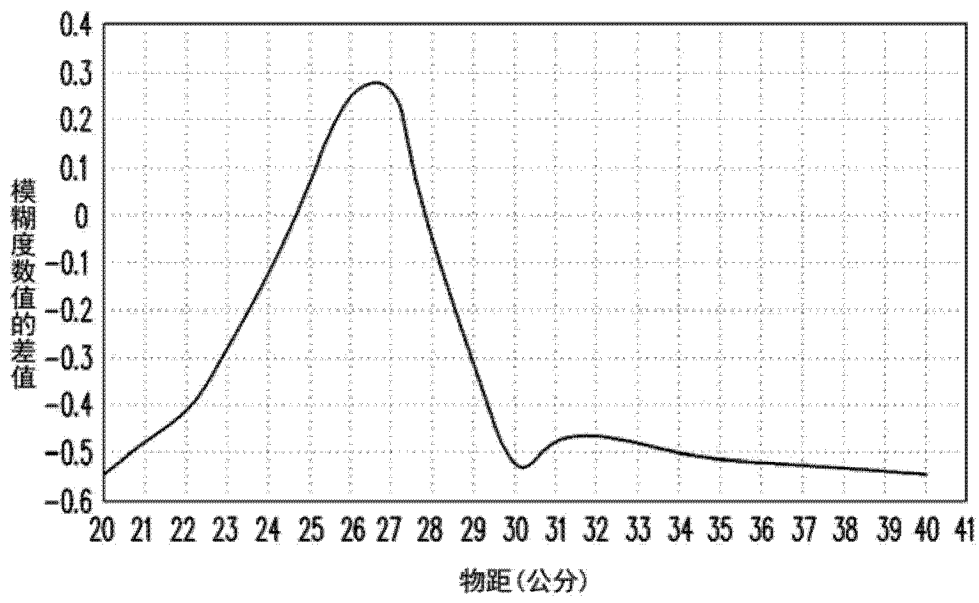


图 4

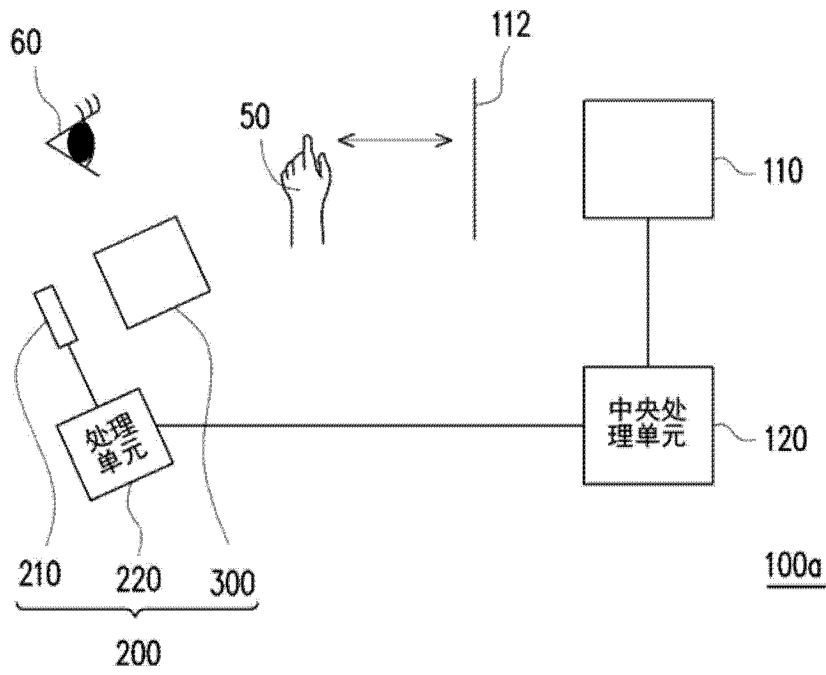


图 5

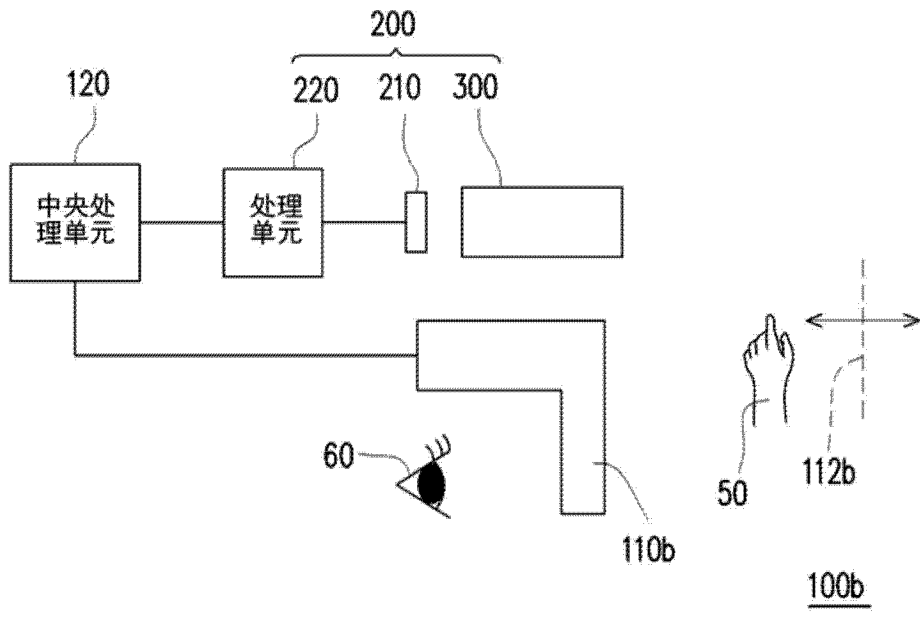


图 6

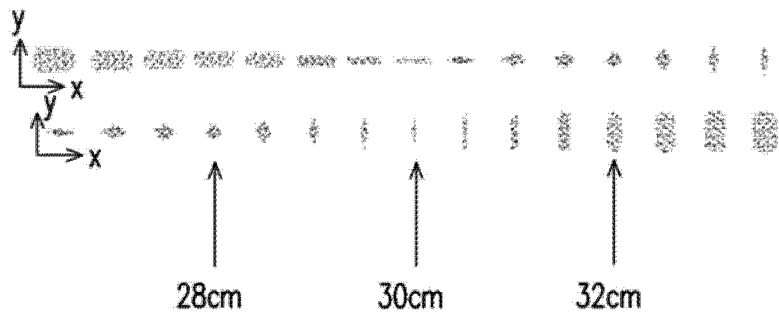


图 7

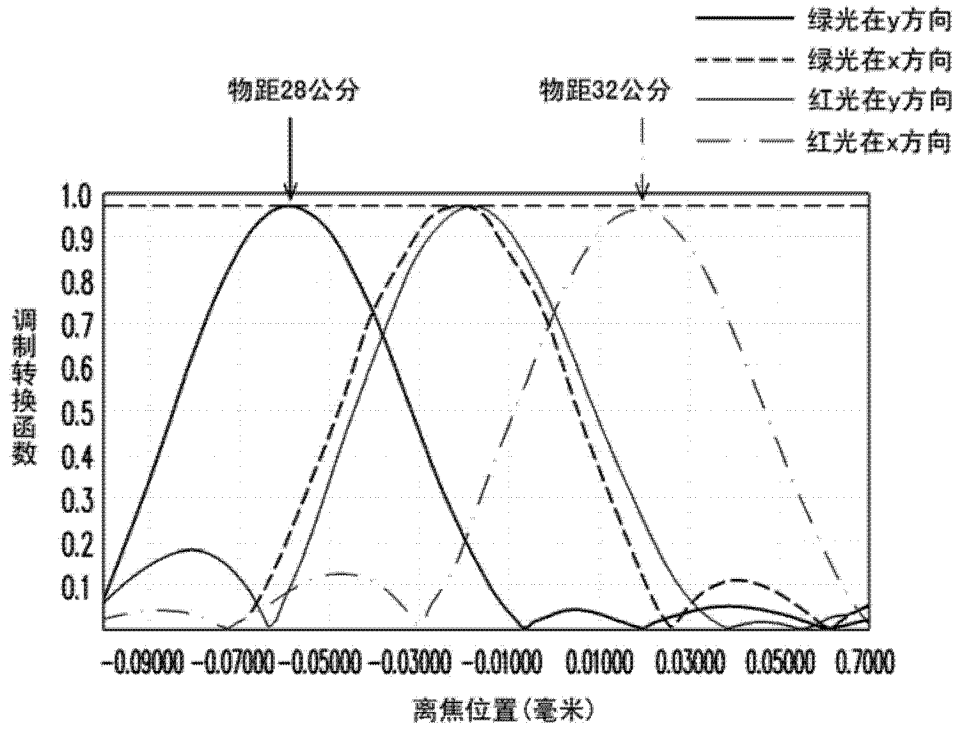


图 8

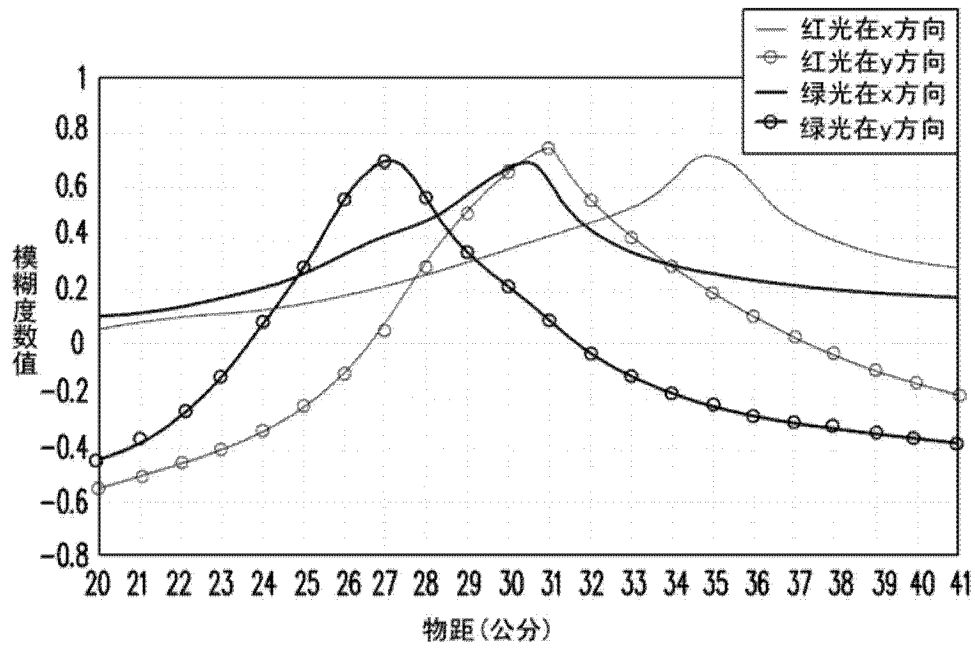


图 9

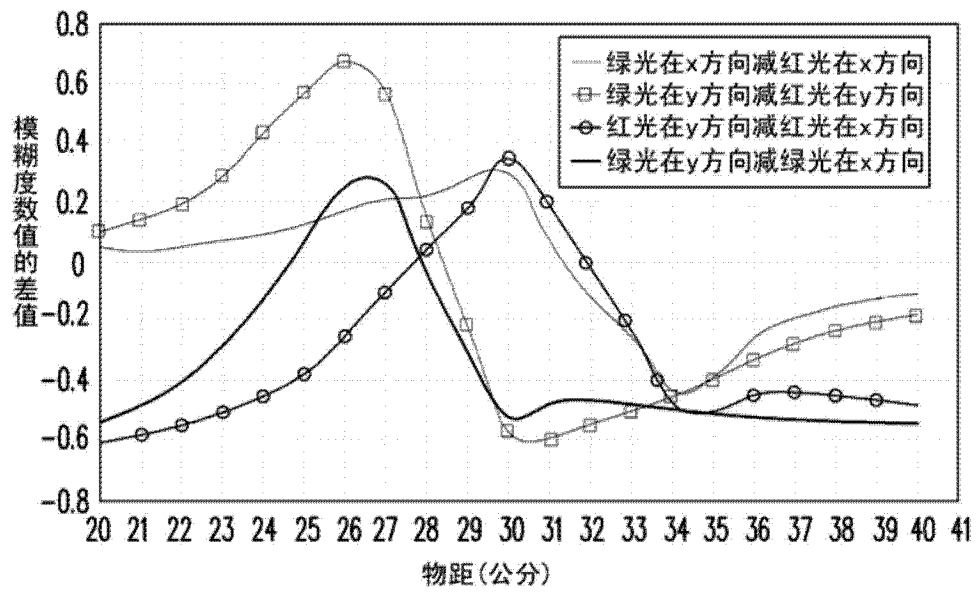


图 10

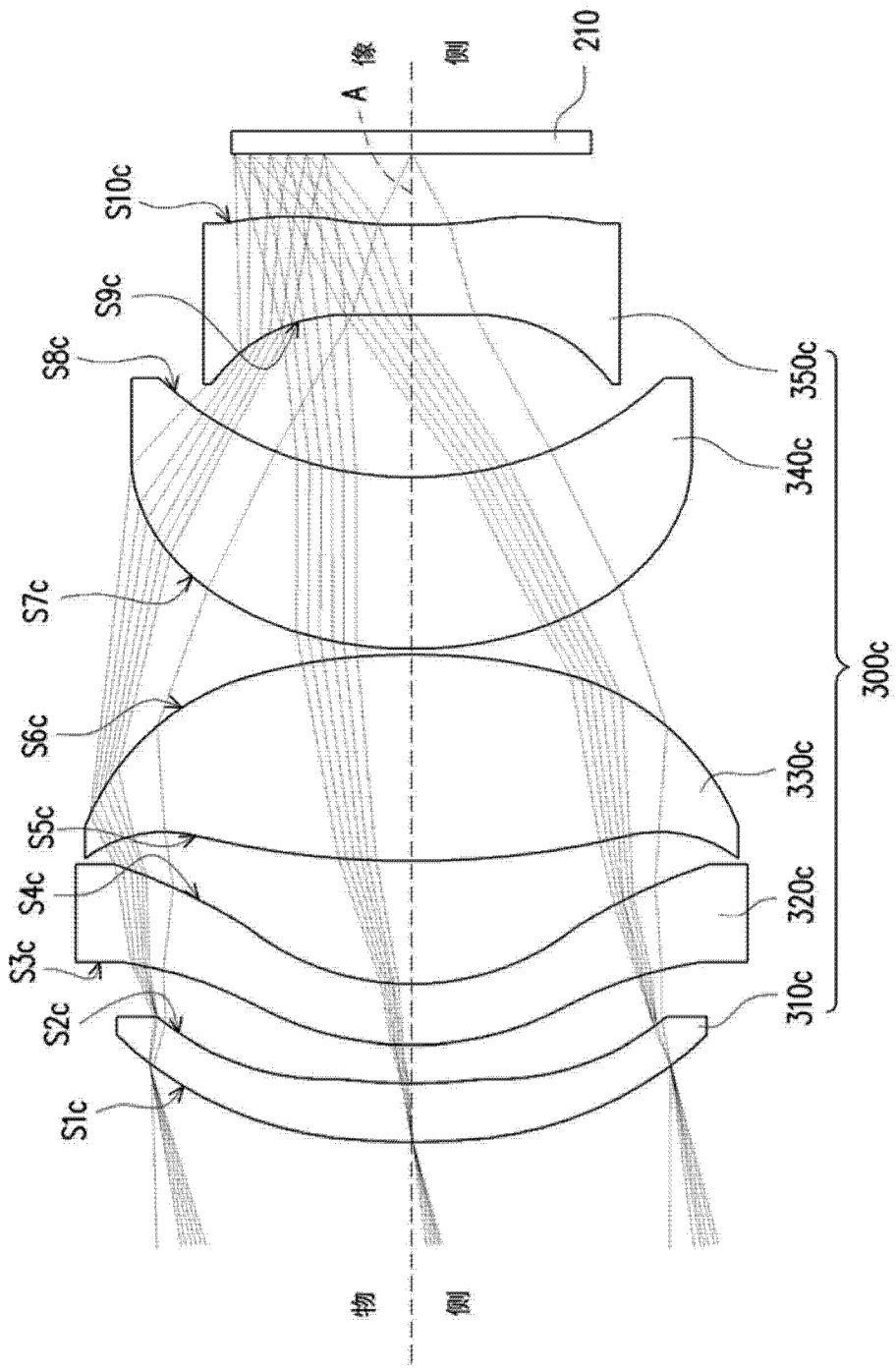


图 11

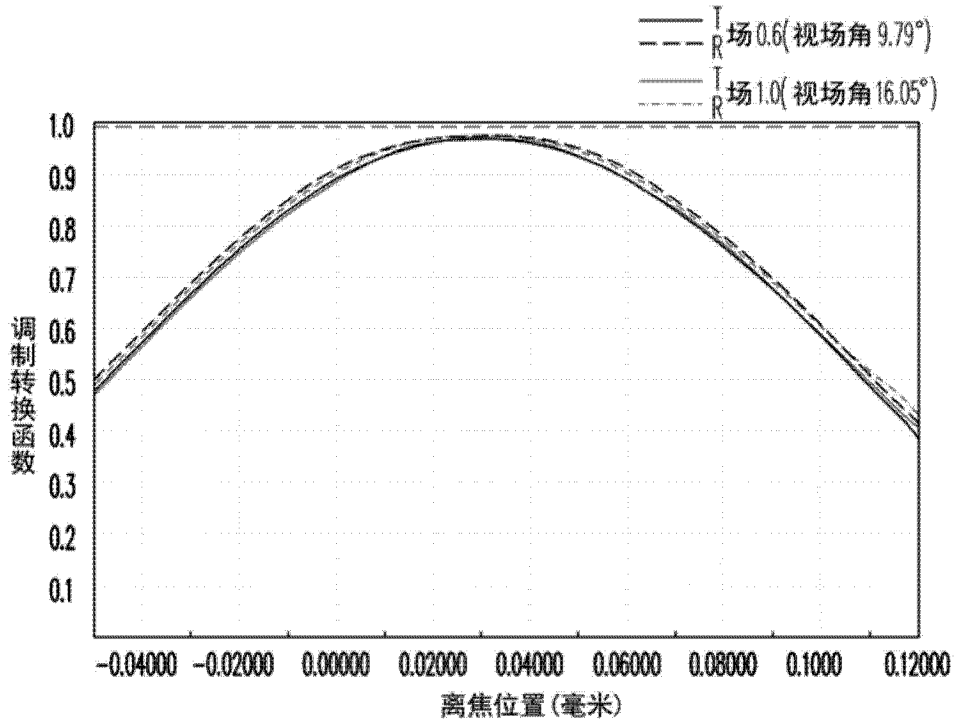


图 12A

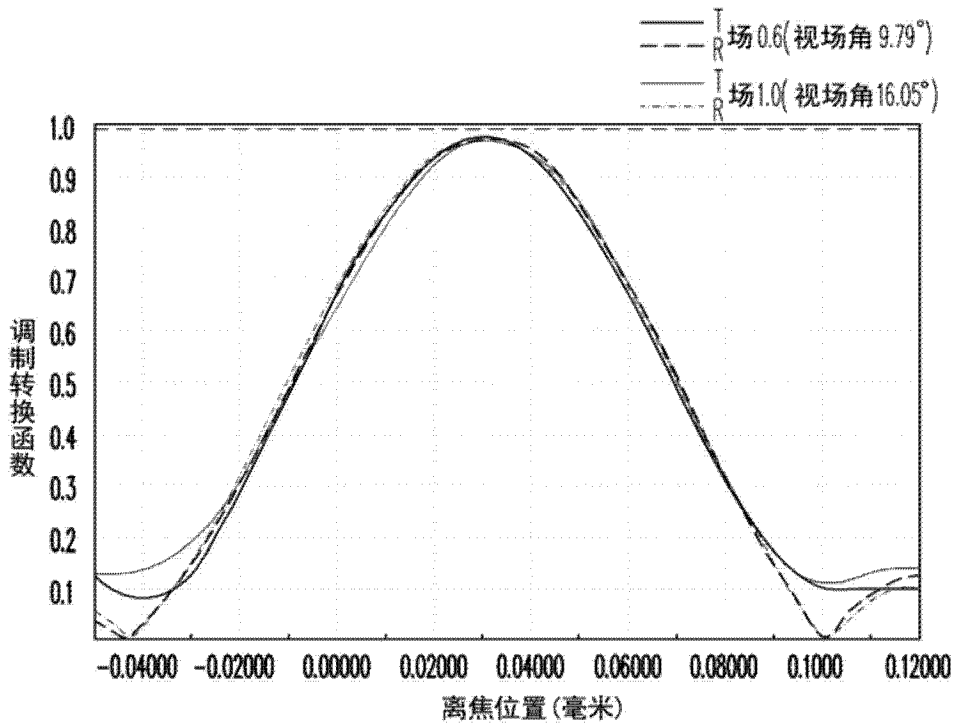


图 12B

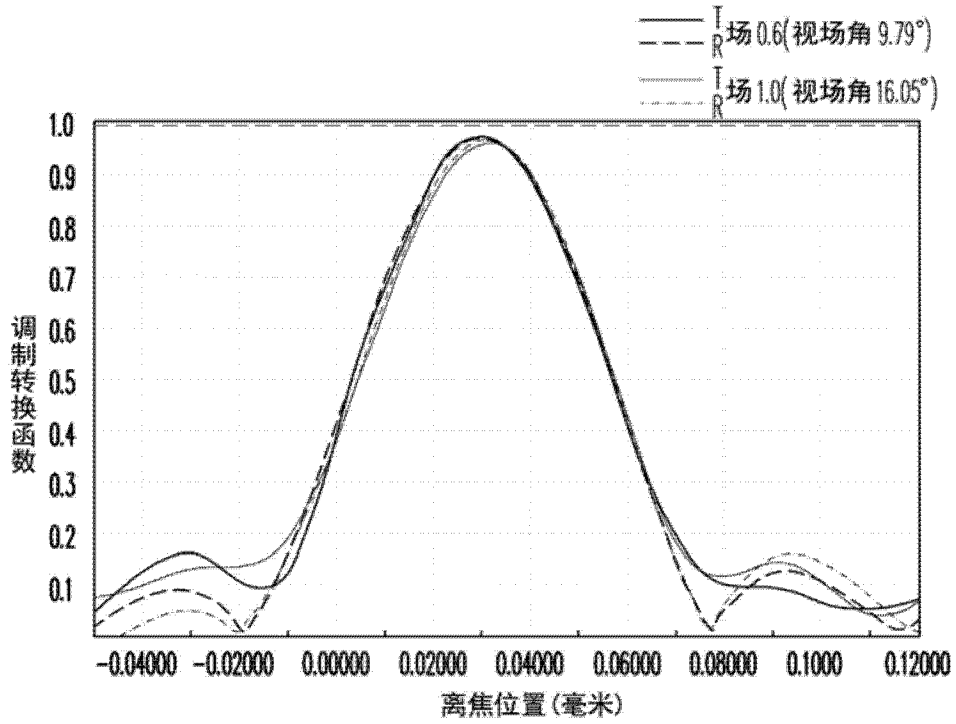


图 12C

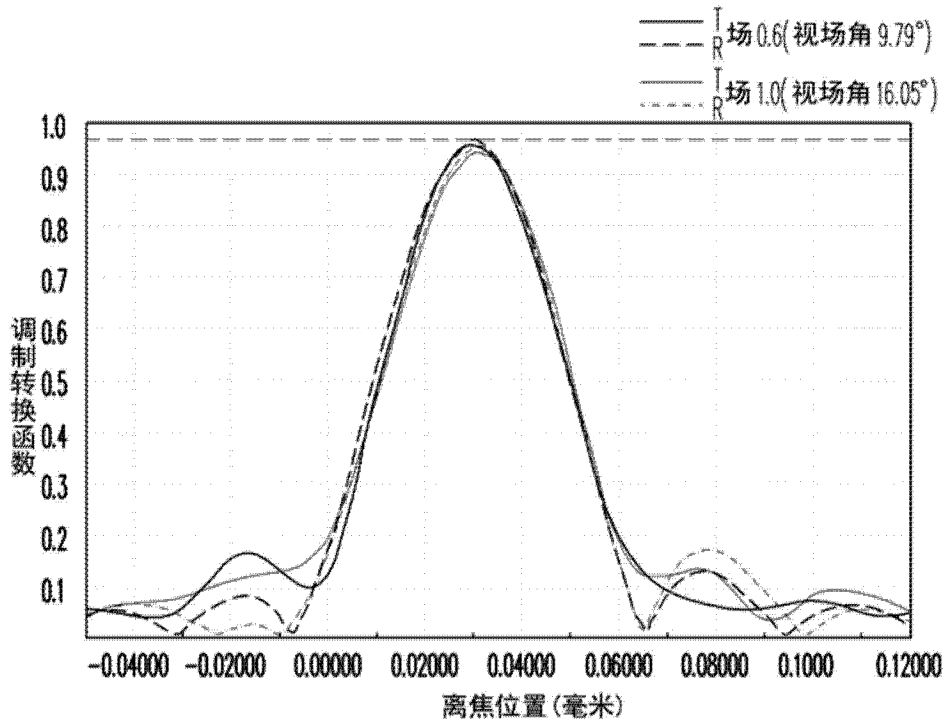


图 12D

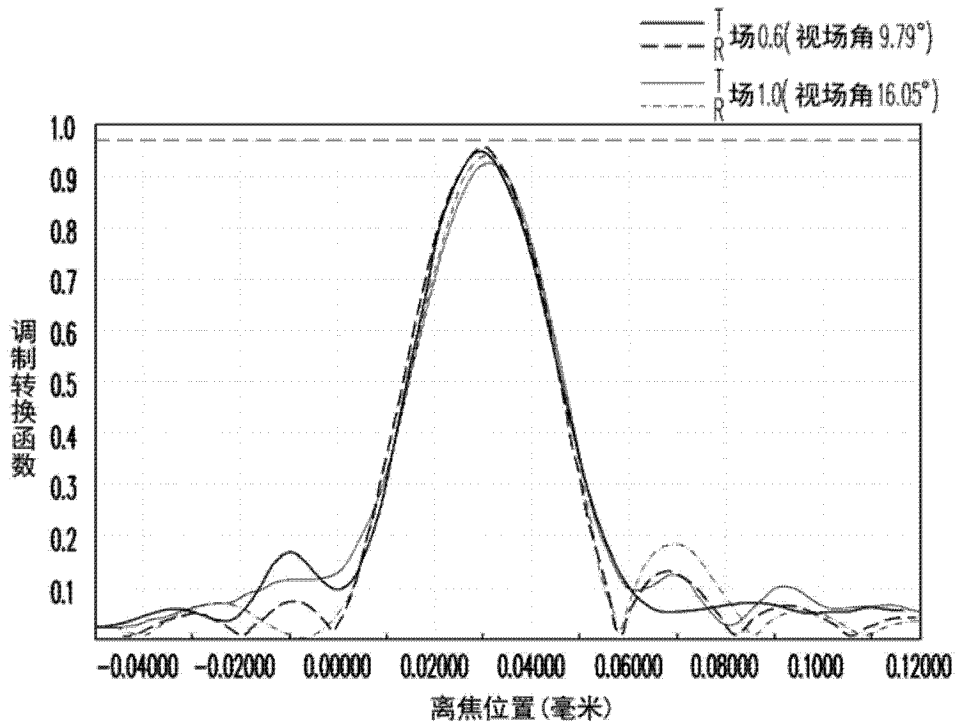


图 12E

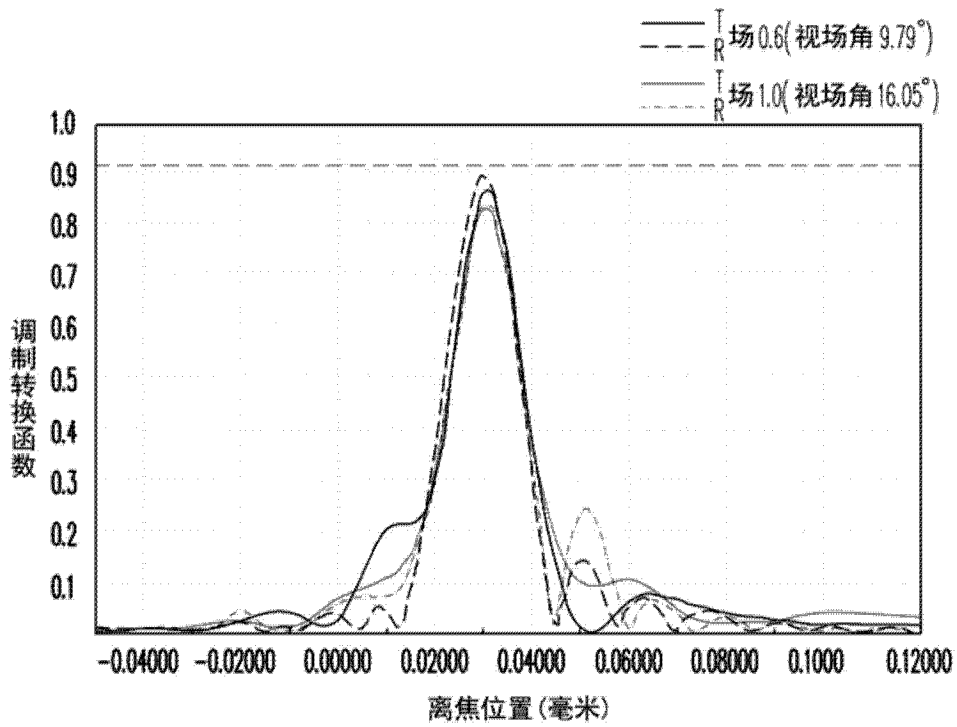


图 12F

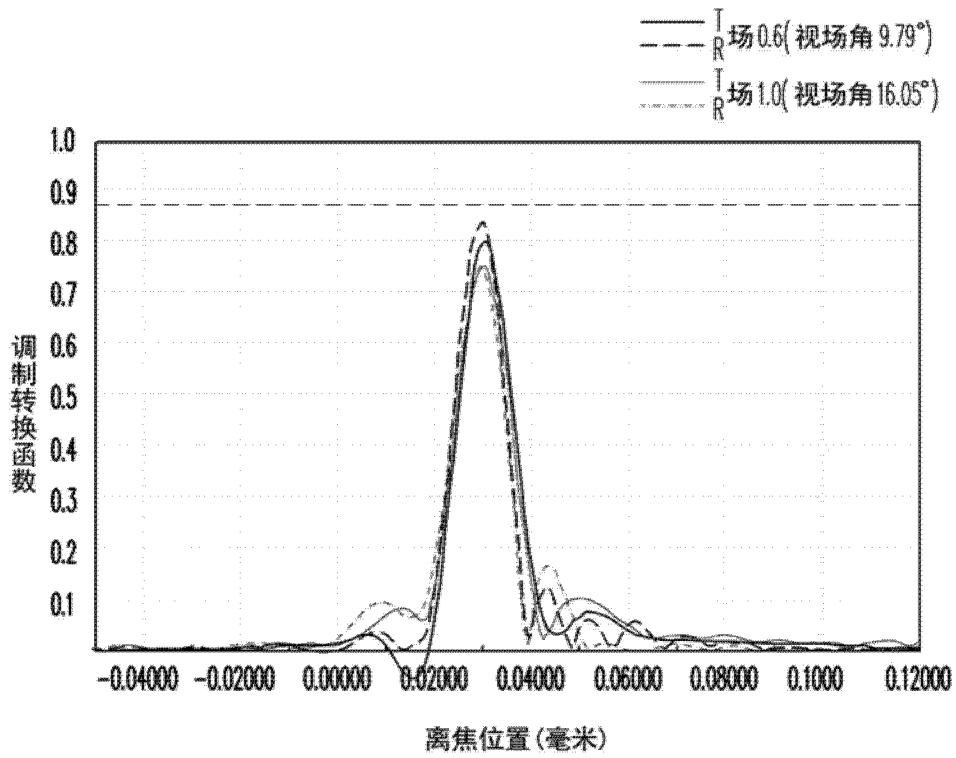


图 12G

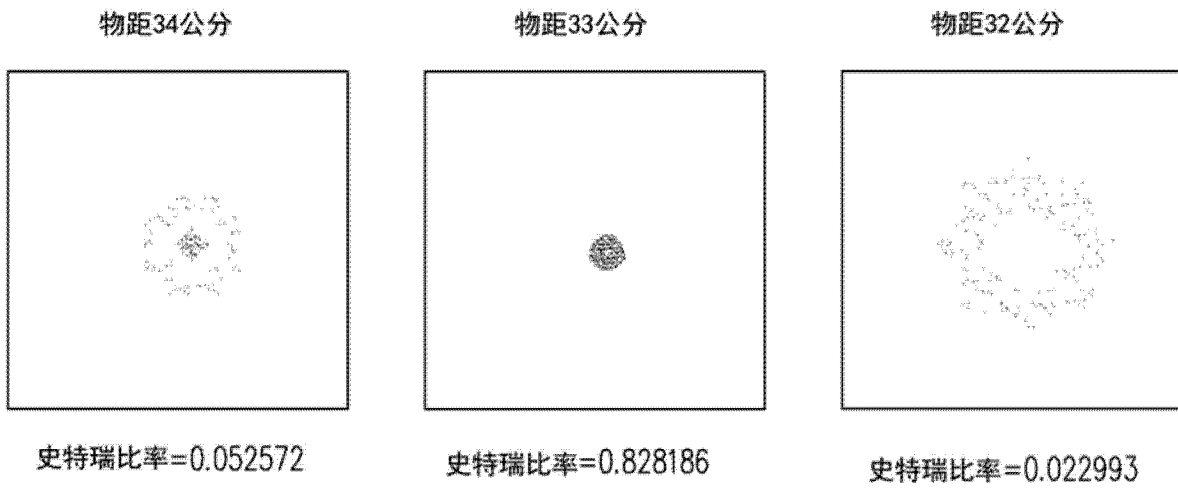


图 13A

图 13B

图 13C

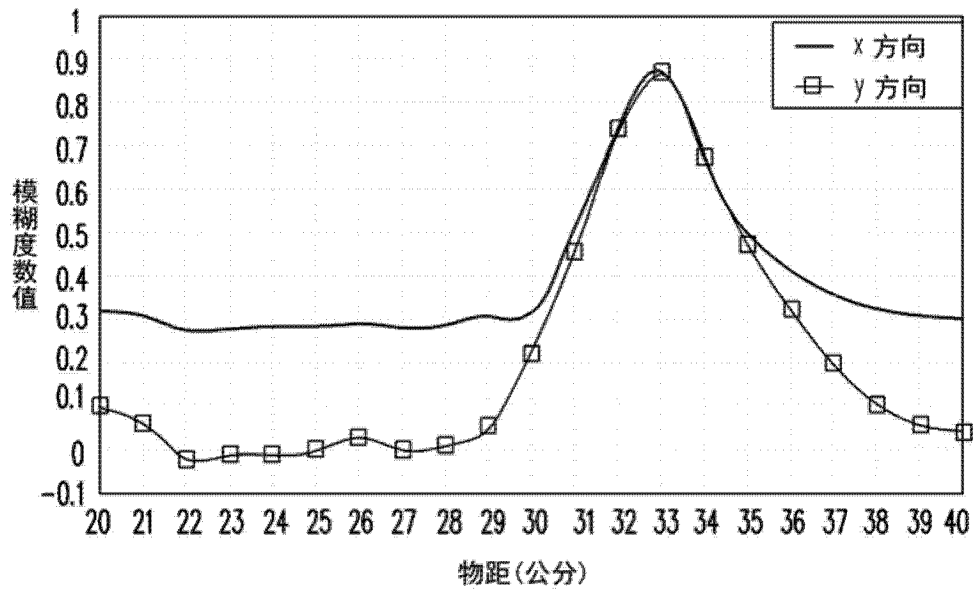


图 14

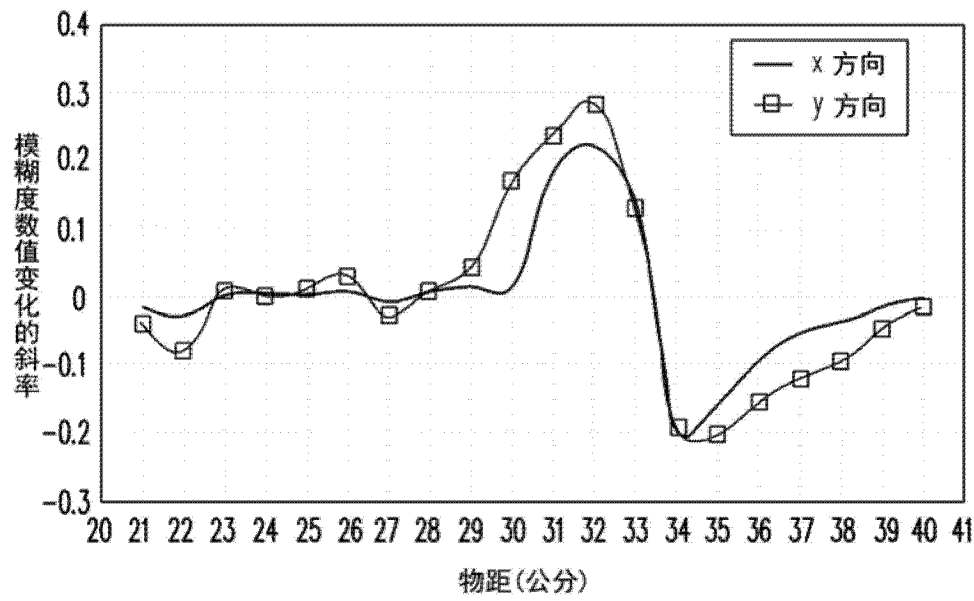


图 15

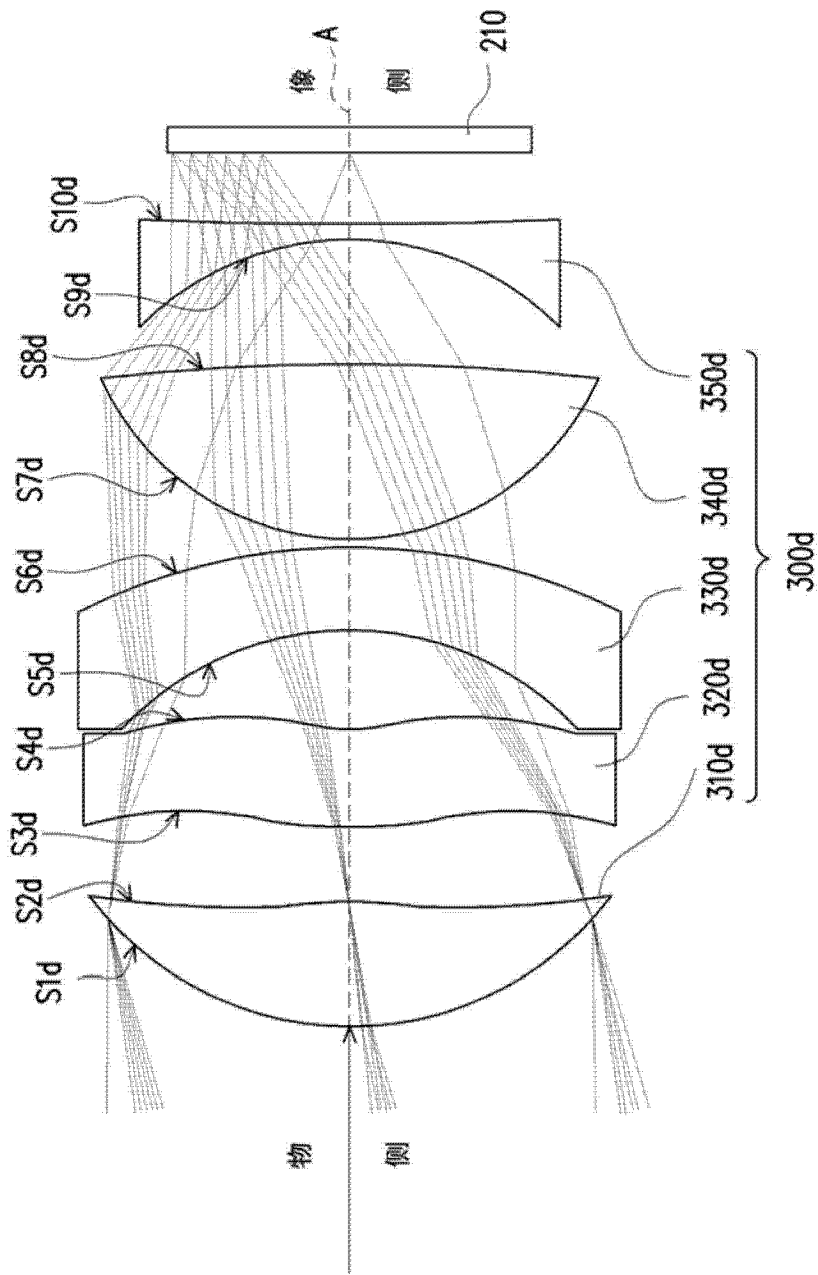


图 16

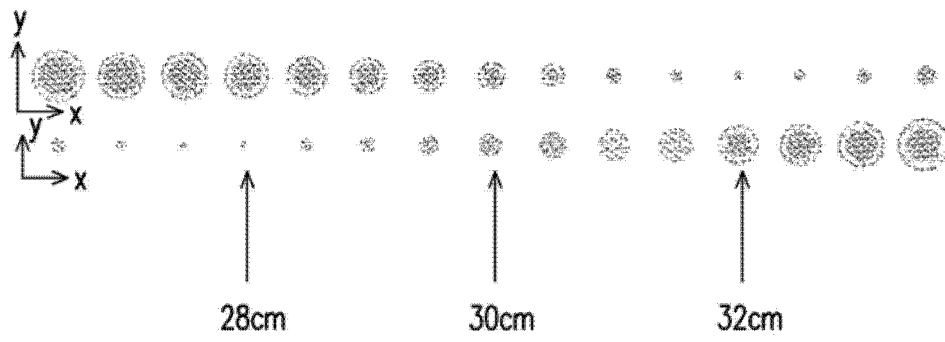


图 17

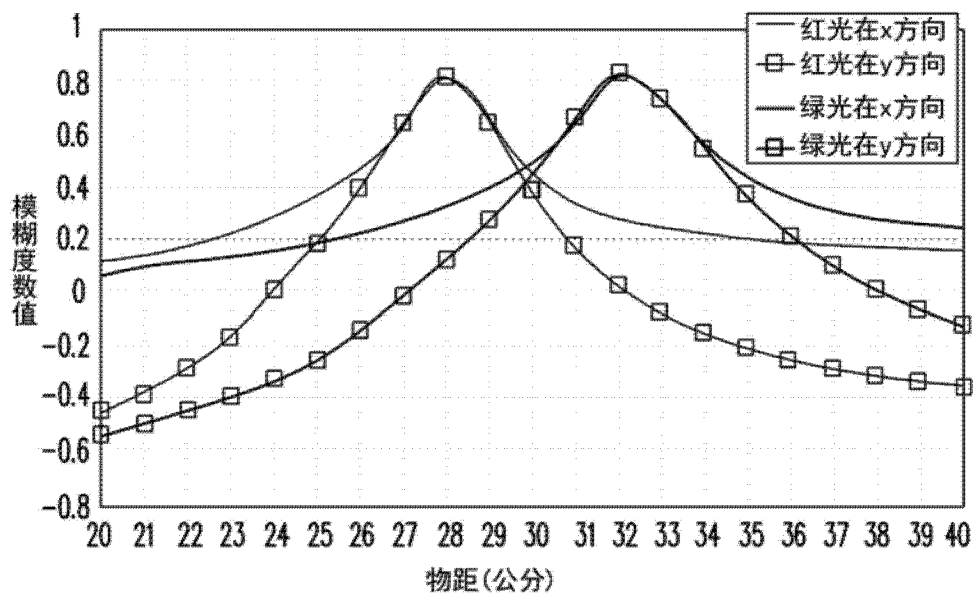


图 18

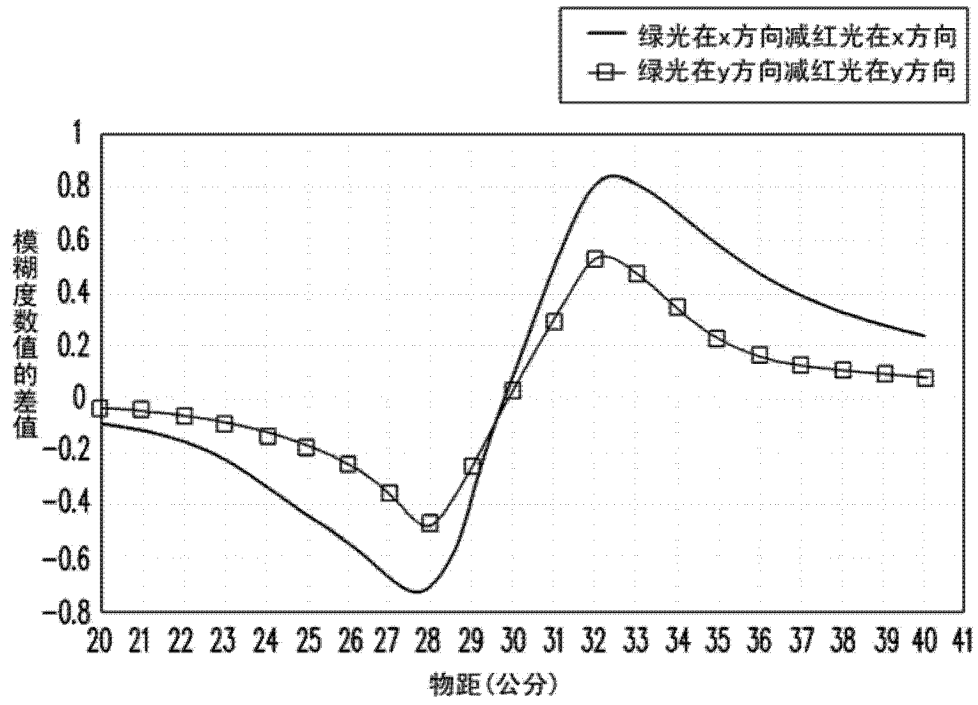


图 19

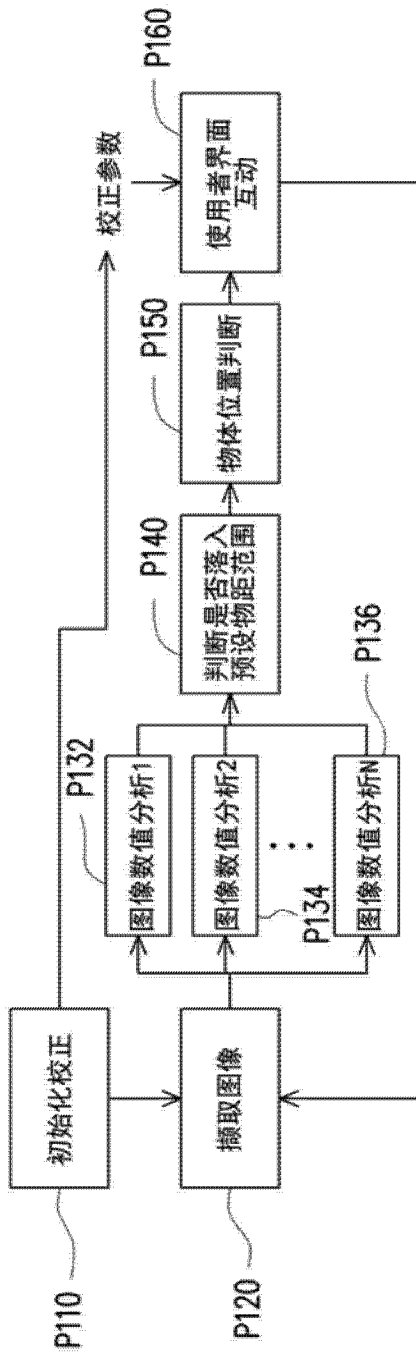


图 20

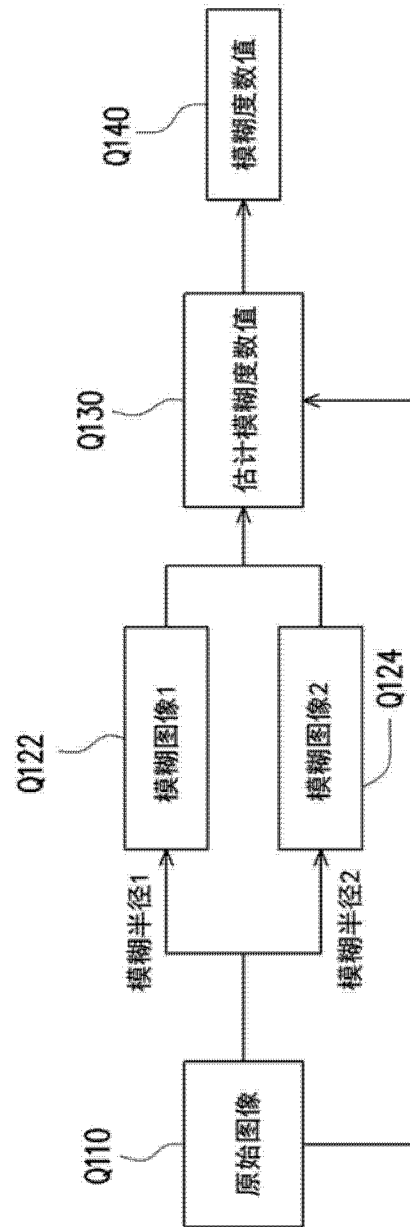


图 21

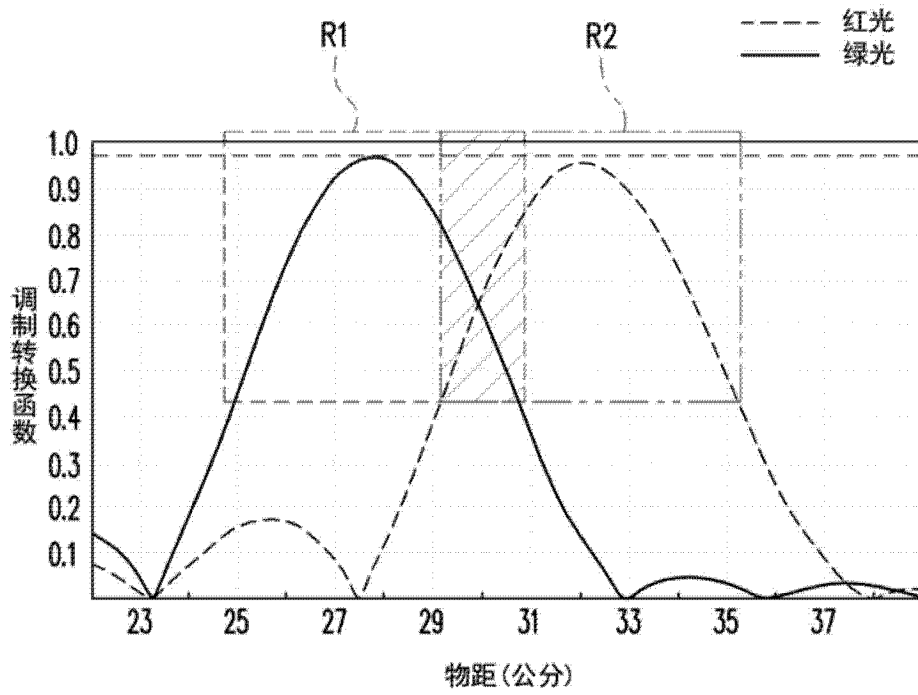


图 22

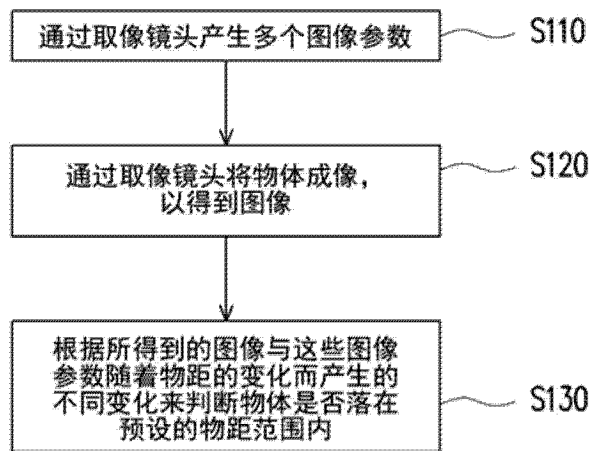


图 23