



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104049339 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410092948.4

审查员 莫凡

(22)申请日 2014.03.13

(30)优先权数据

2013-051055 2013.03.13 JP

2014-029911 2014.02.19 JP

2014-040214 2014.03.03 JP

(73)专利权人 株式会社理光

地址 日本东京都

(72)发明人 高野洋平

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 吴俊

(51)Int.Cl.

G02B 13/00(2006.01)

G03B 21/28(2006.01)

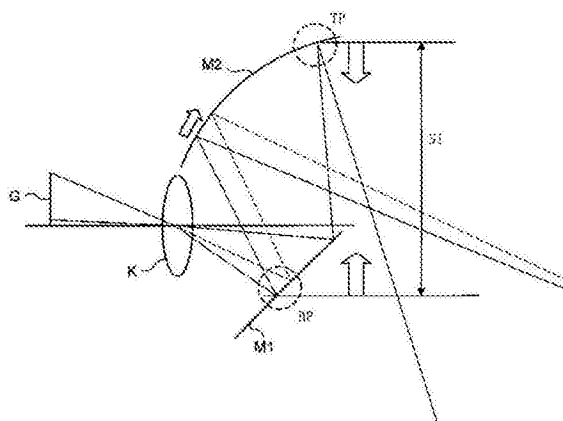
权利要求书1页 说明书45页 附图63页

(54)发明名称

投影光学系统与投影仪设备

(57)摘要

一种投影光学系统,包括:形成影像的成像单元;包括多个放大影像并把影像投影在屏幕上的透镜的折射光学系统;以及反射表面,其中,在折射光学系统与反射表面之间形成中间影像,投影光学系统满足“ $0.6 < D/Did < 0.8$ ”且“ $2.5 < Did/F < 5$ ”的条件,其中,“ Did ”代表在投影影像最大的聚焦状态中所述中间影像的最大近轴像高度,“ D ”代表光轴和近轴像表面与通过折射光学系统的孔径光阑中心的光束的交点之间的距离的最大值,“ F ”代表在投影影像最大的聚焦状态中折射光学系统的焦距。



1. 一种投影光学系统,按以下顺序依次包括:
形成影像的成像单元;
折射光学系统,包括放大影像并把影像投影在屏幕上的多个透镜;和
反射表面,
其中,在折射光学系统和反射表面之间形成中间影像;以及
投影光学系统满足“ $0.6 < D/Did < 0.8$ ”且“ $2.5 < Did/F < 5$ ”的条件,其中,
“ Did ”代表在投影影像最大的聚焦状态中所述中间影像的最大近轴像高度,
“ D ”代表光轴与近轴像表面的交点和近轴像表面与通过折射光学系统的光阑中心的光束的交点之间的距离的最大值,
“ F ”代表在投影影像最大的聚焦状态中所述折射光学系统的焦距。
2. 如权利要求1所述的投影光学系统,其中,
该投影光学系统满足“ $5 < \beta < 8$ ”的条件,“ β ”代表在投影影像最大的聚焦状态中所述折射光学系统的近轴放大率。
3. 如权利要求1或权利要求2所述的投影光学系统,其中,
该投影光学系统满足“ $0.4 < Y/F < 0.7$ ”的条件,“ Y ”代表光轴与成像单元的端部之间的距离的最大值。
4. 如权利要求1~2中任一项所述的投影光学系统,其中,
在聚焦状态中,光阑相对于成像单元是固定的。
5. 如权利要求1~2中任一项所述的投影光学系统,其中,
所述反射表面是布置在放大率最大侧的凹面镜。
6. 如权利要求5所述的投影光学系统,其中,
所述凹面镜包括自由曲面。
7. 如权利要求1~2中任一项所述的投影光学系统,其中,
该折射光学系统包括至少一个非球面透镜。
8. 如权利要求1~2中任一项所述的投影光学系统,还包括布置在折射光学系统与反射表面之间的反射镜。
9. 一种投影仪设备,包括权利要求1~8中任一项所述的投影光学系统。

投影光学系统与投影仪设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种投影光学系统和一种投影仪设备。

背景技术

[0002] 近来,通过数字微镜装置(DMD)或液晶显示屏产生影像并把影像投影到屏幕上的影像显示装置被广泛使用。特别是,对具有超短投影距离并能以很短的投影距离实现大画面的正面投影型投影仪的需求越来越多。而且,除了超短投影距离外,还需要设备小型化。

[0003] 日本公开专利申请2008-250296中揭示的投影光学系统使用折射光学系统形成中间影像,并使用凹面镜对该影像进行放大投影。因而能够通过减小镜子的尺寸使设备小型化,并能实现超短的投影距离。

[0004] 在日本公开专利申请2008-250296中揭示的投影光学系统中,中间影像的尺寸没有最佳化,因此镜子的尺寸未充分减小。而且,在日本公开专利申请2008-250296中揭示的投影光学系统中,投影距离不够短。另外,在日本公开专利申请2008-250296中揭示的投影光学系统中存在一个问题,即,由于镜子的尺寸未充分减少,因此外壳的尺寸较大。

[0005] 考虑到上述方面,需要提供一种尺寸小、性能高的投影光学系统和投影仪设备。

发明内容

[0006] 本发明之目的是至少部分地解决常规技术中存在的问题。本发明提供一种投影光学系统,该系统依次包括:形成影像的成像单元、包括多个放大影像并把影像投影在屏幕上的透镜的折射光学系统、以及反射表面,其中,在折射光学系统和反射表面之间形成中间影像,投影光学系统满足“ $0.6 < D/Did < 0.8$ ”且“ $2.5 < Did/F < 5$ ”的条件,其中,“Did”代表在投影影像最大的聚焦状态中所述中间影像的最大近轴像高度,“D”代表光轴与近轴像表面的交点和近轴像表面与通过折射光学系统的孔径光阑中心的光束的交点之间的距离的最大值,“F”代表在投影影像最大的聚焦状态中折射光学系统的焦距。

[0007] 本发明还提供一种包括上述投影光学系统的投影仪设备。

[0008] 通过参照附图阅读本发明的优选实施例的以下详细说明,能够更好地理解本发明的上述和其它目的、特征、优点、以及技术和行业意义。

附图说明

[0009] 图1是一种常规投影仪设备的截面图。

[0010] 图2是用于说明在小型化直接投影光学系统中发生的问题的示意图。

[0011] 图3是用于说明在小型化反射投影光学系统中发生的问题的示意图。

[0012] 图4是本发明的第一实施例的投影仪设备的概况示意图。

[0013] 图5是第一实施例的投影仪设备的截面图。

[0014] 图6是第一实施例的投影仪设备内的光轴与成像单元之间的位置关系的示意图。

[0015] 图7是说明用于设计第一实施例的投影仪设备的投影光学系统的条件表达式的每

个条件的示意图。

[0016] 图8是第一实施例的投影仪设备的近轴像平面与长距离(80英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0017] 图9是第一实施例的投影仪设备的近轴像平面与中距离(60英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0018] 图10是第一实施例的投影仪设备的近轴像平面与短距离(48英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0019] 图11是第一实施例的投影仪设备内提供的折射光学系统的透镜构造的示意图。

[0020] 图12是第一实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0021] 图13是第一实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0022] 图14是第一实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0023] 图15是第一实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0024] 图16是第一实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0025] 图17是第一实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0026] 图18是第一实施例的投影仪设备的框图。

[0027] 图19是本发明的第二实施例的投影仪设备的截面图。

[0028] 图20是第二实施例的投影仪设备内提供的折射光学系统的透镜构造的示意图。

[0029] 图21是第二实施例的投影仪设备的近轴像平面与长距离(80英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0030] 图22是第二实施例的投影仪设备的近轴像平面与中距离(60英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0031] 图23是第二实施例的投影仪设备的近轴像平面与短距离(48英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0032] 图24是第二实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0033] 图25是第二实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0034] 图26是第二实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0035] 图27是第二实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0036] 图28是第二实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0037] 图29是第二实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0038] 图30是本发明的第三实施例的投影仪设备的截面图。

[0039] 图31是第三实施例的投影仪设备内提供的折射光学系统的透镜构造的示意图。

[0040] 图32是第三实施例的投影仪设备的近轴像平面与长距离(80英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0041] 图33是第三实施例的投影仪设备的近轴像平面与中距离(60英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0042] 图34是第三实施例的投影仪设备的近轴像平面与短距离(48英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0043] 图35是第三实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0044] 图36是第三实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0045] 图37是第三实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0046] 图38是第三实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0047] 图39是第三实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0048] 图40是第三实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0049] 图41是本发明的第四实施例的投影仪设备的截面图。

[0050] 图42是第四实施例的投影仪设备内提供的折射光学系统的透镜构造的示意图。

[0051] 图43是第四实施例的投影仪设备的近轴像平面与长距离(80英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0052] 图44是第四实施例的投影仪设备的近轴像平面与中距离(60英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0053] 图45是第四实施例的投影仪设备的近轴像平面与短距离(48英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0054] 图46是第四实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0055] 图47是第四实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0056] 图48是第四实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置的示意图。

[0057] 图49是第四实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0058] 图50是第四实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕表面上625纳米波长

(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0059] 图51是第四实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0060] 图52是本发明的第五实施例的投影仪设备的截面图。

[0061] 图53是第五实施例的投影仪设备的投影光学系统内提供的折射光学系统的透镜构造的示意图。

[0062] 图54是第五实施例的投影仪设备的近轴像平面与长距离(80英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0063] 图55是第五实施例的投影仪设备的近轴像平面与中距离(60英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0064] 图56是第五实施例的投影仪设备的近轴像平面与短距离(48英寸)主光束的绘图交点的示意图。

[0065] 图57是第五实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)的示意图。

[0066] 图58是第五实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)的示意图。

[0067] 图59是第五实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)的示意图。

[0068] 图60是第五实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0069] 图61是第五实施例的投影仪设备的中投影距离(60英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0070] 图62是第五实施例的投影仪设备的短投影距离(48英寸)屏幕表面上625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)的成像特征(mm)的光斑示意图。

[0071] 图63是每个实施例中的投影仪设备的投影光学系统的“高度”和“深度”示意图。

[0072] 图64是每个实施例中的投影仪设备的投影光学系统的“宽度”示意图。

具体实施方式

[0073] 概况

[0074] 首先,将参照图1至图4说明本发明的实施例的投影仪设备的概况。图1是一种常规投影仪设备的截面图。图1的截面图仅示出了投影仪设备的一个主要部分。在图1中,投影仪设备具有处于外壳H中的投影光学系统TK,该投影光学系统包括成像单元G、平行板F、折射光学系统K、反射平面镜M1、以及凹面镜M2。折射光学系统K具有孔径光阑S。

[0075] 为了减小投影光学系统TK的尺寸,减小反射平面镜M1与凹面镜M2之间的空间的尺寸很重要。该空间在图1中以虚线围出。图2是说明在小型化直接投影光学系统中发生的问题的示意图,该直接投影光学系统通过凹面镜M2反射成像单元G形成的影像一次,并把影像投影在屏幕上。如图2所示,在该直接投影光学系统中,通过缩短共轭点KP(即,通过缩短透镜的焦距(加宽角度))等方式,可以减小影仪设备的总长度方向的尺寸。这种方法可以减小投影仪设备在总长度方向上的尺寸。但是,由于更大的角度增大出射角,因而增大凹面镜M2

的尺寸,因此投影仪设备的尺寸未充分减小。

[0076] 图3是说明在通常的小型化反射投影光学系统中发生的问题的示意图,该反射投影光学系统通过反射平面镜M1和凹面镜M2把成像单元G形成的影像反射两次,并把影像投影在屏幕上。像在直接投影光学系统中的情况一样,当仅缩短图3所示的反射投影光学系统的焦距时,角度变大,并且凹面镜M2的顶部部分TP下降。但是,同时,反射平面镜M1的底部部分BP也下降。因此,反射平面镜M1与凹面镜M2之间的空间尺寸SIS未减小。更大的角度会增大凹面镜M2的镜子尺寸,导致凹面镜M2和折射光学系统K的透镜之间发生冲突。

[0077] 图4是第一实施例的投影仪设备的概况示意图。第一实施例的投影仪设备实现了折射光学系统K的焦距的减小,并形成具有负畸变(桶形畸变)的中间影像。因此,在第一实施例的投影仪设备中,凹面镜M2的顶部部分TP下降,而反射平面镜M1的底部部分BP升高,如图4所示。因而第一实施例的投影仪设备能够减小反射平面镜M1与凹面镜M2之间的空间尺寸SIS。而且,通过使中间影像发生桶形畸变,第一实施例的投影仪设备能够减小(压缩)中间影像的尺寸。因此,能够减小凹面镜M2的尺寸,并使投影仪设备小型化。凹面镜M2的尺寸的减小能防止凹面镜M2与折射光学系统K的透镜之间发生冲突。

[0078] 第一实施例

[0079] 下面说明第一实施例的投影仪设备。图5是第一实施例的投影仪设备的截面图。图5的截面图仅示出了第一实施例的投影仪设备的一个主要部分。在图5中,投影仪设备包括处于外壳1中的投影光学系统7,该投影光学系统包括成像单元2、平行板3、折射光学系统4、反射平面镜5(一种反射镜)和凹面镜6(一种反射面)。折射光学系统4具有孔径光阑8。

[0080] 可以使用光阀(例如DMD、透射液晶面板、以及反射液晶面板)作为成像单元2。当成像单元2不具有自发光功能时,使用来自照明光学系统9的照射光来照射成像单元2,以形成投影影像。照明光学系统9优选具有高效照亮成像单元2的功能。可以使用棒形积分器或蝇眼积分器等作为照明光学系统9,以进一步匀化照度。可以使用超高压水银灯、氙气灯、卤素灯和发光二极管(LED)等白光光源作为照明光源。另外,还可以使用单色光发光LED和激光二极管(LD)等单色光源。第一实施例的投影仪设备是采用DMD作为成像单元2的一个例子。布置在成像单元2附近的平行板3是成像单元2的保护镜片(密封镜片)。

[0081] 下列符号是在第一实施例以及在后文中所述的第二至第四实施例中使用的符号。

[0082] f:整个系统的焦距

[0083] NA:数值孔径(孔径效率)

[0084] ω :半视角(度)

[0085] R:曲率半径(非球面的近轴曲率半径)

[0086] D:间距

[0087] Nd:折光率

[0088] Vd:阿贝数

[0089] K:非球面的锥形常数

[0090] Ai:i阶非球面常数

[0091] Cj:自由曲面系数

[0092] 使用近轴曲率半径(近轴曲率)的倒数(C)、从光轴算起的高度(H)、锥形常数(K)、各阶非球面系数,并假定非球面量X处于光轴方向,则非球面形状可定义为以下表达式(1)。

非球面形状通过提供近轴曲率半径、锥形常数和自由曲面系数来指定。

$$[0093] \quad X = \frac{C \cdot H^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot H^2)}} + \sum_{i=1} A_i \cdot H^i \quad (1)$$

[0094] 使用近轴曲率半径(近轴曲率)的倒数(C)、从光轴算起的高度(H)、锥形常数(K)、以及上述的自由曲面系数,并假定自由曲面量X处于光轴方向,则自由曲面形状可定义为以下表达式(2)。自由曲面通过提供近轴曲率半径、锥形常数和自由曲面系数来指定。在包含连接孔径光阑8的中心和投影影像的中心的的光束的面上,把垂直于的光轴的方向作为Y方向。

$$[0095] \quad X = \frac{C \cdot H^2}{1 + \sqrt{(1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot H^2)}} + \sum_{j=1} C_j \cdot x^m y^n \quad (2)$$

[0096] 在上述表达式(2)中,“j”满足以下表达式(3)的条件。

$$[0097] \quad j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1 \quad (3)$$

[0098] 图5中的实线所示的路径是分别与折射光学系统4的不同聚焦对应的路径。如图5所示,在包含通过影像中心、光阑中心和屏幕中心的光束的面上,假定光轴方向对应Z轴,并且垂直于的光轴的方向对应Y轴。在包含通过影像中心、光阑中心和屏幕中心的光束的面上,假定从+Z方向朝+Y方向旋转是旋转+α。

[0099] 由成像单元2(例如DMD)基于影像信息进行二维强度调制的光通量成为作为物光的投影光通量。来自于成像单元2的投影光通量在通过包括至少一个非球面透镜、反射平面镜5和凹面镜6的折射光学系统4后成为成像光通量。即,在成像单元2上形成的影像被投影光学系统7放大并投影在屏幕上,作为投影影像。

[0100] 在此,图6是光轴与成像单元2之间的位置关系的示意图。图7是说明在设计投影光学系统时使用的条件表达式中的每个条件的示意图。成像单元2形成影像的表面是成像表面。折射光学系统4的光学元件共享光轴,成像单元2相对于光轴布置在偏离Y方向的位置,如图6所示。当B0是包含成像单元2的成像表面的平面与光轴的交点时,符号“B”代表折射光学系统4的交点B0的共轭点。包含共轭点B并垂直于光轴的表面是近轴像平面。如图7所示,符号“D”代表光轴与近轴像平面的交点B和近轴像平面与通过光阑中心的光束(以下称为主光束)的交点之间的最大距离。通过把光轴与成像单元2的端部之间的距离最大处的点(图6中的符号“L0”)乘以折射光学系统4的近轴放大率所获得的结果是最大近轴像高度Did。

[0101] 在第一实施例中,折射光学系统4和一个凹面镜6组成投影光学系统7。可以增加投影光学系统7的镜子数目,以便为反射平面镜5提供光功率。

[0102] 通过折射光学系统4的光形成中间影像,该中间影像是与成像单元2在成像单元2的近侧形成的影像信息相对于反射平面镜5共轭的空间影像。该中间影像不一定必须形成平面影像。折射光学系统4具有至少一个非球面透镜。非球面透镜的过度校正会形成具有桶形畸变的中间影像。在第一实施例以及后文所述的另一个实施例中,中间影像成为曲面影像。中间影像被布置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6放大并投影在屏幕上。虽然中间影像有像面曲率(桶形畸变),但是像面曲率和桶形畸变被自由曲面凹面镜6同时校正。因

此,能够获得高质量投影影像。而且,通过在中间影像上形成桶形畸变,可以减小中间影像的尺寸。因此,可以减小凹面镜6的必要镜子尺寸,从而使投影仪设备小型化。中间影像上的像面曲率和桶形畸变被自由曲面凹面镜6校正。因此,能够提高设计折射光学系统4和投影光学系统的自由度,这对投影仪设备的小型化有显著作用。例如,通过折射光学系统平衡像面曲率和桶形畸变能够降低自由曲面凹面镜6的载荷,从而进一步减小投影仪设备的尺寸。

[0103] 图8、图9和图10分别是长距离(80英寸)、中距离(60英寸)和短距离(48英寸)情况下主光束与近轴像平面的绘图交点的示意图。在图8、图9和图10中,黑点指示从多个视角观察的主光束与近轴像平面的交点的坐标,虚线指示近轴像。如图8、图9和图10所示,在每种屏幕尺寸中都发生了桶形畸变。即,这表明中间影像的尺寸被压缩和减小。中间影像尺寸的减小可减小自由曲面凹面镜6的尺寸。因此,能够减小投影仪设备的尺寸并降低投影仪设备的成本。

[0104] 在第一实施例中,在从长距离侧至短距离侧的聚焦方向,折射光学系统4的一组正透镜(=图11中的第一组透镜15)、反射平面镜5、以及自由曲面凹面镜6相对于成像单元2的成像表面固定,而折射光学系统4的一组正透镜(=图11中的第二组透镜16)和折射光学系统4的一组负透镜(=图11中的第三组透镜17)朝成像单元2移动。光学系统4的一组正透镜(图11中的第四组透镜18)朝放大侧移动。即,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,执行称为浮动焦点的过程。因此,第一实施例的投影仪设备能够严格控制像面曲率和畸变像差。在第一实施例的投影仪设备中,在按上述方式移动的透镜中使用非球面透镜,非球面透镜的过度校正导致在中间影像上产生桶形畸变,因而中间影像的尺寸减小。

[0105] 图11是折射光学系统4的透镜构造的示意图。如图11所示,从成像单元2至放大侧,折射光学系统4依次包括具有正折射能力的第一组透镜15和具有负折射能力的第二组透镜16。折射光学系统4还包括具有负折射能力及一个非球面透镜的第三组透镜17、以及具有正折射能力及两个非球面透镜的第四组透镜18。而且,折射光学系统4包括反射平面镜5、以及布置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6。在随着投影距离的变化从长距离侧至短距离侧聚焦时,折射光学系统4使正的第二组透镜16和负的第三组透镜17朝成像单元2移动,并使负的第四组透镜18朝放大侧移动。

[0106] 从成像单元2算起,第一组透镜15依次包括:较凸的面朝向成像单元2的双面非球面双凸透镜21、以及凸面朝向成像单元2的负弯月透镜22。而且,第一组透镜15包括:较凸的面朝向放大侧的双凸透镜23、由凸面朝向放大侧的负弯月透镜构成的胶合透镜24、以及较凸的面朝向放大侧的双凸透镜25。而且,第一组透镜15包括:较凹的面朝向放大侧的双凹透镜26、凸面朝向放大侧的正弯月透镜27、由凸面朝向屏幕侧的负弯月透镜构成的胶合透镜28、以及较凸面朝向放大侧的双凸透镜29。

[0107] 第二组透镜16包括凸面朝向成像单元2的正弯月透镜30。第三组透镜17包括:凸面朝向放大侧的负弯月透镜31、以及较凹的面朝向成像单元2的双面非球面双凹透镜32。第四组透镜18包括:较凹的面朝向成像单元2的双面非球面双凹透镜33、以及较凸的面朝向放大侧的双面非球面双凸透镜34。

[0108] 下列的表1至5示出了第一实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统4的数据。表1中的“i”代表从成像单元2算起的第i个表面(棱镜表面、透镜表面、光阑表面、反射表面)。

[0109] 数值孔径

[0110] 表1

[0111] 数值孔径:0.195

[0112]

i	R	D	Nd	Vd
1	∞	1.00		
2	∞	1.00	1.51680	64.2000
3	∞	28.00		
4*	14.232	5.85	1.48749	70.4412
5*	-82.606	1.03		
6	28.360	1.00	1.84666	23.7779
7	17.723	9.48		
8	54.064	4.83	1.54814	45.7843
9	-9.762	0.80	1.90366	31.3150
10	-15.549	0.10		
光阑	∞	0.3		
11	102.973	2.68	1.48749	70.4412
12	-16.673	0.10		

[0113]

13	-29.387	3.99	1.83481	42.7218
14	23.734	3.83		
15	-34.163	5.47	1.53172	48.8407
16	-9.107	0.90	1.80400	46.5834
17	-21.305	3.69		
18	72.991	5.05	1.63980	34.4664
19	-32.929	变量A		
20	41.387	2.83	1.69895	30.1279
21	111.113	变量B		
22	-20.391	1.00	1.90366	31.3150
23	-154.612	3.04		
24*	-47.793	2.76	1.53046	55.8000
25*	64.889	变量C		
26*	-75.133	2.19	1.53046	55.8000
27*	118.861	2.18		
28*	95.608	5.47	1.53046	55.8000
29*	-48.685	变量D		
30	∞	-68.57	反射表面	
31*	∞	变量E	反射表面	

[0114] 聚焦

[0115] 表2

[0116]

	短距离	标准	长距离
屏幕尺寸	48英寸	60英寸	80英寸
变量A	8.19	8.53	8.47
变量B	10.24	10.04	10.01
变量C	9.34	7.37	4.86
变量D	43.42	45.26	47.86
变量E	240.88	292.74	378.87

[0117] 非球面系数

[0118] 表3

[0119]

	K	A4	A6	A8	A10	A12
第4个表面	-0.6086	-2.0495E-07	2.6808E-07	-8.9454E-10	2.4766E-11	
第5个表面	0.0000	7.7240E-05	9.9601E-08	2.4227E-09	1.1000E-11	
第24个表面	2.5635	2.1612E-05	-8.0809E-09	-2.3562E-12	2.4255E-14	
第25个表面	-89.5733	-3.7358E-05	5.4039E-08	-8.4950E-11	6.3554E-14	
第26个表面	0.0000	-3.0637E-05	5.4039E-08	-7.1309E-11	-1.9333E-14	1.6204E-16
第27个表面	21.8336	-4.2214E-05	-1.1300E-08	7.8769E-11	-2.3214E-13	2.9588E-16
第28个表面	-99.0000	-7.5596E-06	-3.4189E-08	6.3468E-11	-9.6075E-14	
第29个表面	2.4863	-2.6426E-06	3.1525E-08	-4.7602E-11	-1.0050E-14	

[0120] 自由曲面系数

[0121] 表4

[0122]

K	0
C4	1.2660E-02
C6	9.5211E-03
C8	1.7134E-05
C10	-1.2972E-04
C11	-1.3398E-06
C13	1.8186E-06
C15	-2.0112E-06
C17	-2.9636E-08
C19	1.0972E-07
C21	1.3390E-08
C22	5.2749E-10
C24	-8.1285E-10
C26	1.5367E-09
C28	5.5051E-10
C30	1.0513E-11
C32	-3.3882E-11
C34	-1.4158E-11
C36	5.0848E-15
C37	-1.1671E-13
C39	1.8650E-13
C41	-2.4957E13
C43	-2.7201E-13
C45	-5.2890E-14
C47	-1.1336E-15
C49	6.6744E-15
C51	7.4842E-15

[0123]	C53	2.6273E-15
	C55	2.0300E-16
	C56	1.2438E-17
	C58	9.8405E-18
	C60	8.4606E-17
	C62	1.0066E-16
	C64	4.5295E-17
	C66	6.0515E-18

[0124] DMD尺寸

[0125] 点尺寸:10.8 μ m

[0126] 横向长度:13.824mm

[0127] 竖向长度:8.64mm

[0128] 从光轴至装置中心的距离:5.63mm

[0129] 下表5示出了在最靠近反射表面的透镜产生的投影影像最大的聚焦状态中从顶点算起反射平面镜5和自由曲面凹面镜6的位置坐标。旋转的角度在曲面法线和光轴之间。

[0130] 表5

[0131]

	Y轴	Z轴	A
第30个表面	0.00	47.86	-45.00
第31个表面	68.57	53.26	-95.92

[0132] 图12示出了长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图13示出了中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图14示出了短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。根据图12至图14,在第一实施例的投影设备中提供的折射光学系统4在每个放大倍率和每个投影距离时能够投影出畸变较小的投影影像。图15至图17示出了光斑图。在图15至图17的光斑图中,示出了625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)在屏幕表面上的成像特征(mm)。成像单元2上的每个光斑的视场位置由坐标(x,y)给出。

[0133] 图18是第一实施例的投影设备的框图。第一实施例的投影机布置为使外壳1的正面(前面)1a朝向屏幕(投影表面)42。投影设备通过普通电缆(例如专用电缆)和通用串行总线(USB)电缆连接至外部信息处理设备(例如个人电脑(PC)设备),以便彼此通讯。投影设备还可按照已知的无线通讯协议通过无线通讯连接至PC设备,以便彼此通讯。投影设备具有上述的投影光学系统7、控制装置44、存储装置45和通讯装置46。投影设备由处于外壳1中的图象处理单元、供电单元和冷却风扇(未示出)等以及上述的投影光学系统7构成。

[0134] 投影光学系统7在控制装置44的控制下把投影影像投影在屏幕42上。通过投影光学系统7投影在屏幕42上的投影影像可以从PC设备43向投影设备传送的影像。即,在这

种情况下,显示在PC设备43的显示器上的图像被投影光学系统7作为投影影像投影在屏幕42上。

[0135] 上述内容可总结如下。在第一实施例的投影仪设备中,“D”是在投影影像最大的聚焦状态中中间影像的最大近轴像高度。在投影仪设备中,“D”是光轴与近轴像表面的交点和近轴像表面与通过折射光学系统4的光阑中心的光束的交点之间的距离。在投影仪设备中,“F”是在投影影像最大的聚焦状态中折射光学系统4的焦距。在投影仪设备中,投影光学系统7设计为满足“ $0.6 < D/D_{id} < 0.8$ (条件表达式1)”且“ $2.5 < D_{id}/F < 5$ (条件表达式2)”的条件表达式。条件表达式1和条件表达式2是分别定义中间影像的适当畸变量范围和中间影像的尺寸的表达式。更优选的是,投影光学系统7设计为满足“ $0.65 < D/D_{id} < 0.80$ (条件表达式3)”且“ $3 < D_{id}/F < 4.5$ (条件表达式4)”。

[0136] 为了通过镜子减小投影光学系统的尺寸,减小折射光学系统和凹面镜之间的距离很重要(参见图1)。因此,可以考虑缩短折射光学系统和凹面镜之间的距离,或者减小凹面镜本身的尺寸。通常,使用折射光学系统形成中间影像的投影光学系统的一个限制是只能在中间凹面镜之前形成中间影像。因此,为了减小总长度,需要缩短成像单元和影像的共轭长度。共轭长度可通过缩短折射光学系统的焦距来减小。但是,在缩短焦距时,凹面镜的出射角变宽,并且凹面镜的尺寸增大,因而会导致投影仪设备尺寸增大的弊病。

[0137] 特别是,在投影光学系统中,考虑到与照明系统的平衡,通常采用焦点后移型透镜,以保证后焦点。在这种情况下,中间影像发生枕形畸变,因而使凹面镜的尺寸增大。当减小对凹面镜的出射角以减小凹面镜的尺寸时,除非适当控制中间影像的畸变像差,否则折射光学系统的焦距会变小。此时,成像单元和中间影像的共轭长度变长,因而使投影仪设备的尺寸增大。即,为了在减少凹面镜尺寸的同时缩短系统的总长度,需要控制适当的中间影像畸变像差以及中间影像本身的尺寸。

[0138] 当折射光学系统的焦距和中间影像的畸变量之间达到最优关系时,能在减小成像单元和中间影像的同时减小凹面镜的尺寸。当中间影像的畸变量超过表达式1的上限时,凹面镜的尺寸会增大,因而导致投影仪设备的尺寸增大。当中间影像的畸变量小于表达式1的下限时,镜子上的负载会增加,这导致对制造误差的敏感性提高,并且屏幕上的畸变校正不足。当中间影像的尺寸超过表达式2的上限时,中间影像变大,凹面镜上的负载减小,这不利于降低对制造误差的敏感性。但是,凹面镜的尺寸增大,因此,投影仪设备的尺寸增大。当中间影像的尺寸小于表达式2的下限时,中间影像变小,因而凹面镜的尺寸减小,这有利于减小投影仪设备的尺寸。但是,凹面镜上载荷会增大,在此情况下,导致对制造误差的更敏感。

[0139] 由于这些原因,在第一实施例的投影仪设备中,投影光学系统7设计为满足条件表达式1和条件表达式2。通过这种方式,能够压缩中间影像并减小其尺寸,从而减小凹面镜6的尺寸。凹面镜6的尺寸的减小有助于投影仪设备的小型化。

[0140] 在第一实施例的投影仪设备中,对于投影影像最大时的折射光学系统4的近轴横向放大率 β ,投影仪设备设计为满足“ $5 < \beta < 8$ (条件表达式5)”的条件表达式。更优选的是,投影仪设备设计为满足“ $6 < \beta < 7$ (条件表达式6)”的条件表达式。条件表达式5和6是定义中间影像的适当高度范围的表达式。若在投影影像最大时折射光学系统4的近轴横向放大率 β 的值超过条件表达式5(或条件表达式6)的上限,则能够降低凹面镜的载荷,从而降低对制造误差的敏感性。但是,凹面镜的镜子尺寸会增大,因而导致投影仪设备的尺寸增大。若在投影

影像最大时折射光学系统4的近轴横向放大率 β 的值小于条件表达式5(或条件表达式6)的下限,则有利于减小投影仪设备的尺寸。但是,需要增大凹面镜上的载荷以获得具有所需尺寸的投影影像,因而会导致对制造误差更敏感。

[0141] 因此,在第一实施例的投影仪设备中,投影光学系统7设计为使投影影像最大时折射光学系统4的近轴横向放大率 β 的值是由条件表达式5(或条件表达式6)定义的值。通过这种方式,能够设置适当的中间影像高度并减小凹面镜6的尺寸,从而减小投影仪设备的尺寸。

[0142] 在第一实施例的投影仪设备中,对于光轴和成像单元2端部之间的距离最大值 Y ,投影仪设备设计为满足“ $0.4 < Y/F < 0.7$ (条件表达式7)”的条件表达式。更优选的是,投影仪设备设计为满足“ $0.45 < Y/F < 0.65$ (条件表达式8)”的条件表达式。条件表达式7和8是指示折射光学系统4的适当焦距范围的表达式。当折射光学系统4的焦距小于条件表达式7(或条件表达式8)的下限时,凹面镜6的光束入射角变小,这不利于减小凹面镜6的尺寸。但是,共轭长度变成长,而这更不可取,因为需要加大外壳1的总长度方向上的尺寸。当折射光学系统4的焦距超过条件表达式7(或条件表达式8)的上限时,可以减小共轭长度,并且无需增大外壳1的总长度方向上的尺寸。但是,在这种情况下,凹面镜6的光束入射角变宽,这会增大凹面镜6的尺寸,因而导致投影仪设备的尺寸增大。

[0143] 由于这些原因,在第一实施例的投影仪设备中,投影光学系统7设计为使折射光学系统4的焦距为由条件表达式7(或条件表达式8)定义的值。通过这种方式,能够设置折射光学系统4的适当焦距,从而减小投影仪设备的尺寸。

[0144] 在第一实施例的投影仪设备中,在聚焦状态中,孔径光阑8相对于成像单元2是固定的。这能通过聚焦减少中间影像的畸变量变化,从而减少屏幕上的放大影像的畸变变化。

[0145] 在第一实施例的投影仪设备中,投影仪设备设计为使作为反射表面的一个例子的凹面镜6布置在放大率最大侧。投影光学系统7构造为通过凹面镜6放大并投影由折射光学系统4形成的中间影像。这种构造能够减小凹面镜6的尺寸,从而减小投影仪设备的尺寸。

[0146] 在第一实施例的投影仪设备中,凹面镜6具有自由曲面形状。因此,在中间影像上发生的桶形畸变能够被凹面镜6的自由曲面充分校正。因而能获得没有畸变的高质量投影影像。

[0147] 在第一实施例的投影仪设备中,在构成折射光学系统4的多个透镜中,至少一个透镜是非球面透镜。在使用常规投影光学系统时,中间影像常常具有枕形畸变。但是,借助于非球面透镜,非球面透镜的过度校正会使中间影像发生桶形畸变。因此,可以减小中间影像的尺寸,而中间影像的尺寸的减小有利于减小投影仪设备的尺寸。

[0148] 在第一实施例的投影仪设备中,作为反射表面的一个例子,在折射光学系统4和凹面镜6之间提供有反射镜5。因此,能够减小折射光学系统4和凹面镜6之间的距离。

[0149] 仅提供反射平面镜5难以减少折射光学系统4和凹面镜6之间的距离。因此,在第一实施例的投影仪设备中,在提供反射平面镜5的同时,还满足上述的条件表达式1~8中定义的条件。如参照图1~3提供的说明所示,为了减小在折射光学系统和凹面镜之间具有反射平面镜的投影光学系统的尺寸,需要减小反射镜端部和凹面镜端部之间的距离。但是,当仅通过减小共轭长度来缩短折射光学系统的焦距时,从折射光学系统至凹面镜的出射角变宽,因而反射镜的尺寸需要增大。而且,不能避免折射光学系统和光束之间发生冲突,因此,

必须增大投影仪设备(外壳1)在总长度方向上的尺寸。

[0150] 但是,当投影仪设备设计为包含反射平面镜5并满足条件表达式1~8定义的条件时,能够减少共轭长度(即,相当于反射平面镜5和凹面镜6之间的距离),并减小从折射光学系统4的透镜至反射平面镜5的光束出射角。因此能够在减小折射光学系统4和凹面镜6之间的距离的同时防止折射光学系统4和光束发生冲突,从而减小投影仪设备的尺寸。

[0151] 通过这种方式,根据第一实施例的投影仪设备,能够提供具有超短投影距离的小尺寸、高性能投影仪设备。

[0152] 第二实施例

[0153] 下面将说明第二实施例的投影仪设备。第二实施例的投影仪设备与第一实施例的投影仪设备的不同之处仅在于折射光学系统的构造。因此,在用于说明第二实施例的投影仪设备的附图中,所示出的与上述第一实施例的投影仪设备中的相同的操作或功能的部分将用与第一实施例的投影仪设备中的相同的符号来表示,并省略其详细说明。下文中对第二实施例的说明将主要集中于与第一实施例的不同的折射光学系统。

[0154] 图19是第二实施例的投影仪设备的截面图。图19中的实线所示的路径是聚焦移动路径。图20示出了第二实施例的投影仪设备的投影光学系统50中提供的折射光学系统51。在图19和20中,由成像单元2(例如DMD)基于影像信息进行二维强度调制的光通量变成作为物光的投影光通量。来自于成像单元2的投影光通量在通过包括至少一个非球面透镜、反射平面镜5和凹面镜6的折射光学系统51后成为成像光通量。即,在成像单元2(例如DMD)上形成的影像被投影光学系统50放大并投影在屏幕上,作为投影影像。可以增加镜子的数量,以便为反射平面镜5提供光功率。

[0155] 通过折射光学系统51的光形成中间影像,该中间影像是与成像单元2在成像单元2的近侧形成的影像信息相对于凹面镜6共轭的空间影像。该中间影像不一定必须形成为平面影像。在第二实施例以及后文所述的第三和第四实施例中,中间影像形成为曲面影像。中间影像被布置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6放大并投影在屏幕上。在中间影像上发生的像面曲率和畸变被凹面镜6的自由曲面校正。凹面镜6的自由曲面对中间影像上发生的像面曲率和畸变进行校正。因此能够提高设计折射光学系统51和投影光学系统50的自由度,这对投影仪设备的小型化有显著作用。

[0156] 图21、图22和图23分别是长距离(80英寸)、中距离(60英寸)和短距离(48英寸)情况下主光束与近轴像平面的绘图交点的示意图。在图21~23中,黑点指示从多个视角观察的主光束与近轴像平面的交点的坐标,虚线指示近轴像。如图21~23所示,在每种屏幕尺寸中都发生了桶形畸变。这表明中间影像的尺寸被压缩和减小。在第二实施例的投影仪设备中,可以通过这种方式减小中间影像的尺寸。因此,可以减小自由曲面凹面镜6的尺寸,而这能够减小投影仪设备的尺寸,并降低投影仪设备的成本。

[0157] 在第二实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,图20所示的折射光学系统51的第一组透镜55、反射平面镜5和自由曲面凹面镜6相对于成像表面是固定的。第二组透镜56和第三组透镜57朝成像单元2移动。第四组透镜58朝放大侧移动。即,在第二实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,执行称为浮动焦点的过程。因此,第二实施例的投影仪设备能够严格控制像面曲率和畸变像差。在第二实施例的投影仪设备中,在按上述方式移动的透镜中使用非球面透镜,非球面透镜的过度校正导致在中间

影像上产生桶形畸变。投影仪设备的完整构造和操作已在上文中参照图18进行了说明。

[0158] 按从成像单元2至放大侧的顺序,折射光学系统51依次包括具有正折射能力的第一组透镜55以及具有负折射能力的第二组透镜56,如图20所示。折射光学系统51还包括具有负折射能力及一个非球面透镜的第三组透镜57以及具有正折射能力及两个非球面透镜的第四组透镜58。投影光学系统50由上述的折射光学系统51、图19所示的反射平面镜5、以及布置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6构成。在随着投影距离的变化从长距离侧至短距离侧聚焦时,第二组透镜56和第三组透镜57朝成像单元2移动,第四组透镜58朝放大侧移动。

[0159] 从成像单元2算起,图20所示的第一组透镜55依次包括:较凸的面朝向成像单元2的双面非球面双凸透镜61、以及凸面朝向成像单元2的负弯月透镜62。而且,第一组透镜55包括:较凸的面朝向放大率侧的双凸透镜63、由凸面朝向放大侧的负弯月透镜构成的胶合透镜64、以及较凸的面朝向放大侧的双凸透镜65。而且,第一组透镜55包括:较凹的面朝向放大侧的双凹面透镜66、凸面朝向放大侧的正弯月透镜67、由凸面朝向放大侧的负弯月透镜构成的胶合透镜68、以及较凸面朝向放大侧的双凸透镜69。

[0160] 第二组透镜56包括凸面朝向成像单元2的正弯月透镜70。第三组透镜57包括:凸面朝向放大侧的负弯月透镜71、以及较凹的面朝向成像单元2的双面非球面双凹面透镜72。第四组透镜58包括:凸面朝向放大侧的双面非球面负弯月透镜73、以及较凸的面朝向放大侧的双面非球面双凸透镜74。

[0161] 下列的表6至10示出了第二实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统51的数据。表6中的“i”代表从成像单元2算起的第i个表面(棱镜表面、透镜表面、光阑表面、反射表面)。

[0162] 数值孔径:0.195

[0163] 表6

[0164] 数值孔径:0.195

[0165]

i	R	D	Nd	Vd
1	∞	1.00		
2	∞	1.00	1.51680	64.2000
3	∞	28.00		
4*	16.920	4.15	1.48749	70.4412
5*	-86.202	2.04		
6	30.400	1.00	1.84666	23.7779
7	19.376	4.94		

[0166]

8	45.510	6.27	1.57099	50.7999
9	-9.519	0.80	1.83400	37.1605
10	-16.682	0.10		
光阑	∞	0.3		
11	71.073	3.07	1.48749	70.4412
12	-17.224	0.30		
13	-76.088	1.08	1.83481	42.7253
14	19.237	3.32		
15	-24.803	9.78	1.51742	52.4309
16	-9.691	0.90	1.81600	46.6206
17	-21.668	5.46		
18	65.620	5.30	1.67270	32.0992
19	-44.454	变量A		
20	32.573	3.38	1.60342	38.0273
21	32.573	变量B		
22	-23.546	1.00	1.90366	31.3150
23	-139.608	5.49		
24*	-34.063	1.80	1.53046	55.8000
25*	49.884	变量C		
26*	-35.541	1.80	1.53046	55.8000
27*	-154.897	1.77		
28*	312.746	6.61	1.53046	55.8000
29*	-32.153	变量D		
30	∞	-68.26	反射表面	
31*	∞	变量E	反射表面	

[0167] 聚焦

[0168] 表7

[0169]

	短距离	标准	长距离
屏幕尺寸	48英寸	60英寸	80英寸

[0170]

变量A	8.31	8.64	8.83
变量B	7.71	7.49	7.34
变量C	9.56	7.57	5.45
变量D	43.42	45.30	47.38
变量E	239.64	291.73	378.48

[0171] 非球面系数

[0172] 表8

[0173]

	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16	A18	A20
第4个表面	0.8790	-8.147 E-06	7.963 E-07	-2.359 E-08	8.740 E-10	-1.631E-11	1.926E-13	-1.267 E-15	3.416 E-18	4.068 E-21
第5个表面	0.0000	1.154 E-04	9.967 E-07	-1.776 E-08	6.499 E-10	-7.829E-12	4.256E-14			
第24个表面	-0.0404	2.788 E-06	-2.383 E-07	3.201 E-09	-2.415 E-11	1.055E-13	-4.443E-16	1.378E -18	-2.488 E-21	1.875 E-24
第25个表面	-0.2134	-7.826 E-05	1.602E -07	2.303 E-10	-4.612 E-12	2.533E-14	-8.935E-17	2.026E -19	-2.604 E-22	1.399 E-25
第26个表面	0.0000	1.274 E-04	-1.491 E-06	8.274 E-09	-2.989 E-11	8.213E-14	-1.793E-16	2.831E -19	-2.691 E-22	1.110 E-25
第27个表面	0.0000	9.022 E-05	-1.202 E-06	7.918 E-09	-4.107 E-11	1.534E-13	-3.773E-16	5.706E -19	-4.764 E-22	1.665 E-25
第28个表面	0.0000	-5.948 E-05	-2.365 E-08	4.093 E-09	-4.114 E-11	2.085E-13	-6.040E-16	1.018E -18	-9.269 E-22	3.522 E-25

[0174]

表面										
第29个表面	-0.4278	-8.147 E-06	-1.792 E-07	2.959E -09	-2.254 E-11	1.064E-13	-3.047E-16	5.085E -19	-4.554 E-22	1.690 E-25

[0175] 自由曲面系数

[0176] 表9

[0177]

K	0
C4	1.2974E-02
C6	1.0016E-02
C8	-1.8075E-05
C10	-1.4660E-04
C11	-1.5503E-06
C13	1.2966E-06
C15	-19.642E-06
C17	-2.0682E-08
C19	1.1516E-07
C21	1.5877E-08
C22	5.9787E-10
C24	-6.7728E-10
C26	1.5581E-09
C28	5.1414E-10
C30	9.4263E-12
C32	-3.7110E-11
C34	-1.4931E-11
C36	-1.1494E-13
C37	-1.3005E-13
C39	1.9814E-13
C41	-2.6621E-13
C43	-2.5121E-13

[0178]	C45	-4.3397E-14
	C47	-1.0627E-15
	C49	7.6546E-15
	C51	7.5943E-15
	C53	2.3787E-15
	C55	8.5541E-17
	C56	1.3608E-17
	C58	9.9039E-18
	C60	9.1950E-17
	C62	1.0020E-16
	C64	4.0743E-17
	C66	4.5165E-18

[0179] DMD尺寸

[0180] 点尺寸:10.8 μ m

[0181] 横向长度:13.824mm

[0182] 竖向长度:8.64mm

[0183] 从光轴至装置中心的距离:5.63mm

[0184] 下表10示出了在最靠近反射表面的透镜产生的投影影像最大的聚焦状态中从顶点算起反射平面镜5和自由曲面凹面镜6的位置坐标。旋转的角度在曲面法线和光轴之间。

[0185] 表10

[0186]

	Y轴	Z轴	α
第30个表面	0.00	47.38	-45.00
第31个表面	68.26	54.52	-98.65

[0187] 图24示出了长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图25示出了中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图26示出了短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。根据图24至图26,在第二实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统51在每个放大倍率和每个投影距离时能够投影出畸变较小的投影影像。图27至图29示出了光斑图。在图27至图29的光斑图中,示出了625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)在屏幕表面上的成像特征(mm)。成像单元2上的每个光斑的视场位置由坐标(x,y)给出。

[0188] 从上述说明可以能够清晰看到,在第二实施例的投影仪设备中,在折射光学系统51中提供的非球面透镜导致中间影像发生桶形畸变,从而压缩中间影像并减小其尺寸。通过这种方式,能够减小凹面镜6的尺寸,凹面镜6的尺寸的减小有助于投影仪设备的小型化。在中间影像上发生的桶形畸变被自由曲面凹面镜6校正,校正后的中间影像被投影在屏幕

上。因此,能够获得高质量投影影像,并实现与上述第一实施例相同的效果。

[0189] 第三实施例

[0190] 下面将说明第三实施例的投影仪设备。第三实施例的投影仪设备与上述实施例的投影仪设备的不同之处仅在于折射光学系统的构造。因此,在用于说明第三实施例的投影仪设备的附图中,所示出的与上述第一实施例的投影仪设备中的相同的操作或功能的部分将用与第一实施例的投影仪设备中的相同的符号来表示,并省略其详细说明。下文中对第三实施例的说明将主要集中于与上述实施例的不同的折射光学系统。

[0191] 图30是第三实施例的投影仪设备的截面图。图30中的实线所示的是聚焦移动路径。图31示出了第三实施例的投影仪设备的投影光学系统80中提供的折射光学系统81的透镜构造。在图30和31中,由成像单元2(例如DMD)基于影像信息进行二维强度调制的光通量变成作为物光的投影光通量。来自于成像单元2的投影光通量在通过包括至少一个非球面透镜、反射平面镜5和凹面镜6的折射光学系统81后成为成像光通量。即,在成像单元2(例如DMD)上形成的影像被投影光学系统80放大并投影在屏幕上,作为投影影像。可以增加镜子的数量,以便为反射平面镜5提供光功率。

[0192] 通过折射光学系统81的光形成中间影像,该中间影像是与成像单元2在成像单元2的近侧形成的影像信息相对于凹面镜6共轭的空间影像。该中间影像不一定必须形成为平面影像。在第三实施例以及后文所述的第四实施例中,中间影像形成为曲面影像。中间影像被布置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6放大并投影在屏幕上。在中间影像上发生像面曲率和畸变。但是,发生在中间影像上的像面曲率和畸变被凹面镜6的自由曲面校正,校正后的中间影像被投影在屏幕上。凹面镜6的自由曲面对发生在中间影像上的像面曲率和畸变进行校正。因此能够提高设计折射光学系统81和投影光学系统80的自由度,这对投影仪设备的小型化有显著作用。

[0193] 图32、图33和图34分别是长距离(80英寸)、中距离(60英寸)和短距离(48英寸)情况下主光束与近轴像平面的绘图交点的示意图。在图32~34中,黑点指示从多个视角观察的主光束与近轴像平面的交点的坐标,虚线指示近轴像。如图32~34所示,在每种屏幕尺寸中都发生了桶形畸变。这表明中间影像的尺寸被压缩和减小。在第三实施例的投影仪设备中,可以通过这种方式减小中间影像的尺寸。因此,可以减小自由曲面凹面镜6的尺寸,而这能够减小投影仪设备的尺寸,并降低投影仪设备的成本。

[0194] 在第三实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,图31所示的折射光学系统81的第一组透镜85、反射平面镜5和自由曲面凹面镜6相对于成像表面是固定的。第二组透镜86和第三组透镜87朝成像单元2移动。第四组透镜88朝放大侧移动。即,在第三实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,执行称为浮动焦点的过程。因此,第三实施例的投影仪设备能够严格控制像面曲率和畸变像差。在第三实施例的投影仪设备中,在按上述方式移动的透镜中使用非球面透镜,非球面透镜的过度校正导致在中间影像上产生桶形畸变。投影仪设备的完整构造和操作已在上文中参照图18进行了说明。

[0195] 按从成像单元2至放大侧的顺序,折射光学系统81依次包括具有正折射能力的第一组透镜85以及具有负折射能力的第二组透镜86,如图31所示。折射光学系统81还包括具有负折射能力及一个非球面透镜的第三组透镜87以及具有正折射能力及两个非球面透镜的第四组透镜88。投影光学系统80包括上述的折射光学系统81、反射平面镜5、以及布置在

放大率最大侧的自由曲面凹面镜6。在随着投影距离的变化从长距离侧至短距离侧聚焦时，折射光学系统81使正的第二组透镜86和负的第三组透镜87朝成像单元2移动，并使负的四组透镜88朝放大侧移动。

[0196] 从成像单元2算起，第一组透镜85依次包括：较凸的面朝向成像单元2的双面非球面双凸透镜91、以及凸面朝向成像单元2的负弯月透镜92。而且，第一组透镜85包括：凸面朝向成像单元2的负弯月透镜93、由较凸的面朝向成像单元2的双凸透镜构成的胶合透镜94、以及较凸的面朝向放大侧的双面非球面双凸透镜95。而且，第一组透镜85包括：较凹的面朝向放大侧的双凹面透镜96、凸面朝向放大侧的正弯月透镜97、由凸面朝向放大侧的负弯月透镜构成的胶合透镜98、以及较凸面朝向放大侧的双凸透镜99。

[0197] 第二组透镜86包括凸面朝向成像单元2的正弯月透镜100。第三组透镜87包括：凸面朝向放大侧的负弯月透镜101、以及较凹的面朝向成像单元2的双面非球面双凹面透镜102。第四组透镜88包括：凸面朝向放大侧的双面非球面负弯月透镜103、以及凸面朝向放大侧的双面非球面正弯月透镜104。

[0198] 下列的表11至15示出了第三实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统81的数据。表11中的“i”代表从成像单元2算起的第i个表面(棱镜表面、透镜表面、光阑表面、反射表面)。

[0199] 数值孔径:0.195

[0200] 表11

[0201] 数值孔径:0.195

[0202]

i	R	D	Nd	Vd
1	∞	1.00		
2	∞	1.00	1.51680	64.1983
3	∞	28.00		
4*	19.765	3.36	1.48749	70.2363
5*	-67.954	4.50		
6	24.431	1.00	1.90366	31.3150
7	15.965	4.58		
8	29.430	0.75	1.90366	31.3150
9	12.701	6.46	1.58144	40.7476
10	-20.585	0.30		
光阑	∞	0.3		
11	25.032	4.42	1.48749	70.4412
12	-18.832	0.30		
13	-75.099	1.01	1.83481	42.7253
14	15.401	3.65		

[0203]

15	-35.558	3.52	1.48749	70.2363
16	-12.066	1.20	1.90366	31.3150
17	-24.959	9.14		
18	98.434	5.26	1.78470	26.2912
19	-44.523	变量A		
20	41.6444	3.57	1.69895	30.1279
21	138.666	变量B		
22	-27.076	1.20	1.84666	23.7779
23	-112.416	4.89		
24*	-24.847	3.73	1.53046	55.8000
25*	67.396	变量C		
26*	-21.980	4.36	1.53046	55.8000
27*	-26.619	0.30		
28*	-53.067	4.00	1.53046	55.8000
29*	-30.336	变量D		
30	∞	-79.13	反射表面	
31*	∞	变量E	反射表面	

[0204] 聚焦

[0205] 表12

[0206]

	短距离	标准	长距离
屏幕尺寸	48英寸	60英寸	80英寸
变量A	6.50	7.57	8.50
变量B	8.94	8.47	8.05
变量C	13.64	12.01	10.26
变量D	40.57	41.60	42.83
变量E	239.78	291.71	378.38

[0207] 非球面系数

[0208] 表13

[0209]

	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
第4个表面	0.321	-1.549E-05	2.348E-07	-8.023E-10	2.681E-11			
第5个表面	0.000	6.621E-05	2.759E-07	-1.140E-11	2.885E-11			
第11个表面	0.039	1.376E-06	-4.475E-08					
第12个表面	0.189	2.530E-06	-6.381E-08					
第24个表面	-0.727	1.733E-05	-1.008E-07	3.294E-10	-5.241E-13			
第25个表面	-3.607	-4.578E-05	7.716E-08	-1.653E-10	2.335E-13	-1.953E-16		
第26个表面	-0.801	2.660E-05	-3.323E-07	1.159E-09	-1.614E-12	8.043E-16		
第27个表面	-0.439	1.047E-05	7.131E-08	-1.254E-09	3.952E-12	-4.868E-15	2.111E-18	
第28个表面	2.299	-7.581E-05	5.903E-07	-3.350E-09	9.671E-12	-1.452E-14	1.119E-17	-3.585E-21

[0210]

第 29 个 表 面	-1.174	-5.710E-05	2.478E-07	-1.176E-09	3.283E-12	-4.590E-15	3.119E-18	-8.254E-22
------------------------	--------	------------	-----------	------------	-----------	------------	-----------	------------

[0211] 自由曲面系数

[0212] 表14

[0213]

K	0
C4	1.2663E-02
C6	9.0693E-03
C8	-1.4730E-05
C10	-1.5861E-04
C11	-1.6146E-06
C13	1.7056E-06
C15	-1.9417E-06
C17	-1.8278E-08
C19	1.2447E-07
C21	1.7523E-08
C22	6.1211E-10
C24	-6.9304E-10
C26	1.4859E-09
C28	4.8433E-10
C30	7.2389E-12
C32	-3.8764E-11
C34	-1.6595E-11
C36	-3.3449E-13
C37	-1.3657E-13
C39	1.4026E-13
C41	-2.9312E-13
C43	-2.3637E-13
C45	-3.9507E-14

[0214]	C47	-6.9844E-16
	C49	7.0885E-15
	C51	6.9612E-15
	C53	2.4919E-15
	C55	6.5428E-17
	C56	1.4330E-17
	C58	1.3597E-17
	C60	8.4166E-17
	C62	8.6819E-17
	C64	3.5818E-17
	C66	3.2204E-18

[0215] DMD尺寸

[0216] 点尺寸:10.8 μ m

[0217] 横向长度:13.824mm

[0218] 竖向长度:8.64mm

[0219] 从光轴至装置中心的距离:5.62mm

[0220] 下表15示出了在最靠近反射表面的透镜产生的投影影像最大的聚焦状态中从顶点算起反射平面镜5和自由曲面凹面镜6的位置坐标。旋转的角度在曲面法线和光轴之间。

[0221] 表15

[0222]

	Y轴	Z轴	α
第30个表面	0.00	42.83	-45.00
第31个表面	79.13	51.06	-99.28

[0223] 图35示出了长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图36示出了中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图37示出了短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。根据图35至图37,在第三实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统81在每个放大倍率和每个投影距离时能够投影出畸变较小的投影影像。图38至图40示出了光斑图。在图38至图40的光斑图中,示出了625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)在屏幕表面上的成像特征(mm)。成像单元2上的每个光斑的视场位置由坐标(x,y)给出。

[0224] 从上述说明可以能够清晰看到,在第三实施例的投影仪设备中,在折射光学系统81中提供的非球面透镜导致中间影像发生桶形畸变,从而压缩中间影像并减小其尺寸。通过这种方式,能够减小凹面镜6的尺寸,凹面镜6的尺寸的减小有助于投影仪设备的小型化。在中间影像上发生的桶形畸变被自由曲面凹面镜6校正,校正后的中间影像被投影在屏幕上。因此,能够获得高质量投影影像,并实现与上述实施例相同的效果。

[0225] 第四实施例

[0226] 下面将说明第四实施例的投影仪设备。第四实施例的投影仪设备与上述实施例的投影仪设备的不同之处仅在于折射光学系统的构造。因此,在用于说明第四实施例的投影仪设备的附图中,所示出的与上述第一实施例的投影仪设备中的相同的操作或功能的部分将用与第一实施例的投影仪设备中的相同的符号来表示,并省略其详细说明。下文中对第四实施例的说明将主要集中于与上述实施例的不同的折射光学系统。

[0227] 图41是第四实施例的投影仪设备的截面图。图41中的实线所示的是聚焦移动路径。图42示出了第四实施例的投影仪设备的投影光学系统110中提供的折射光学系统111的透镜构造。在图41和42中,由成像单元2(例如DMD)基于影像信息进行二维强度调制的光通量变成作为物光的投影光通量。来自于成像单元2的投影光通量在通过包括至少一个非球面透镜、反射平面镜5和凹面镜6的折射光学系统111后成为成像光通量。即,在成像单元2(例如DMD)上形成的影像被投影光学系统110放大并投影在屏幕上,作为投影影像。可以增加镜子的数量,以便为反射平面镜5提供光功率。

[0228] 通过折射光学系统111的光形成中间影像,该中间影像是与成像单元2在成像单元2的近侧形成的影像信息相对于凹面镜6共轭的空间影像。该中间影像不一定必须形成为平面影像。在第四实施例中,中间影像形成为曲面影像。中间影像被布置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6放大并投影在屏幕上。在中间影像上发生像面曲率和畸变。但是,发生在中间影像上的像面曲率和畸变被凹面镜6的自由曲面校正,校正后的中间影像被投影在屏幕上。凹面镜6的自由曲面对发生在中间影像上的像面曲率和畸变进行校正。因此能够提高设计折射光学系统111和投影光学系统110的自由度,这例如对投影仪设备的小型化有显著作用。

[0229] 图43、图44和图45分别是长距离(80英寸)、中距离(60英寸)和短距离(48英寸)情况下主光束与近轴像平面的绘图交点的示意图。在图43~45中,黑点指示从多个视角观察的主光束与近轴像平面的交点的坐标,虚线指示近轴像。如图43~45所示,在每种屏幕尺寸中都发生了桶形畸变。这表明中间影像的尺寸被压缩和减小。在第四实施例的投影仪设备中,可以通过这种方式减小中间影像的尺寸。因此,可以减小自由曲面凹面镜6的尺寸,而这能够减小投影仪设备的尺寸,并降低投影仪设备的成本。

[0230] 在第四实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,图42所示的折射光学系统111的第一组透镜115、反射平面镜5和自由曲面凹面镜6相对于成像表面是固定的。第二组透镜116和第三组透镜117朝成像单元2移动,第四组透镜118朝放大侧移动。即,在第四实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,执行称为浮动焦点的过程。因此,第四实施例的投影仪设备能够严格控制像面曲率和畸变像差。在第四实施例的投影仪设备中,在按上述方式移动的透镜中使用非球面透镜,非球面透镜的过度校正导致在中间影像上产生桶形畸变。投影仪设备的完整构造和操作已在上文中参照图18进行了说明。

[0231] 按从成像单元2至放大侧的顺序,折射光学系统111依次包括具有正折射能力的第一组透镜115以及具有负折射能力的第二组透镜116,如图42所示。折射光学系统111还包括具有负折射能力及一个非球面透镜的第三组透镜117以及具有正折射能力及两个非球面透镜的第四组透镜118。投影光学系统110包括上述的折射光学系统111、反射平面镜5、以及布

置在放大率最大侧的自由曲面凹面镜6。在随着投影距离的变化从长距离侧至短距离侧聚焦时,折射光学系统111使正的第二组透镜116和负的第三组透镜117朝成像单元2移动,并使负的第四组透镜118朝放大侧移动。

[0232] 从成像单元2算起,第一组透镜115依次包括:较凸的面朝向成像单元2的双面非球面双凸透镜121、以及凸面朝向成像单元2的负弯月透镜122。而且,第一组透镜115包括:凸面朝向成像单元2的负弯月透镜123、以及由较凸的面朝向成像单元2的双凸透镜构成的胶合透镜124。而且,第一组透镜115包括较凸的面朝向放大侧的双面非球面双凸透镜125、较凹的面朝向放大侧的双凹面透镜126、以及凸面朝向放大侧的正弯月透镜127。第一组透镜115包括:由凸面朝向放大侧的负弯月透镜构成的胶合透镜128、以及较凸的面朝向放大侧的双凸透镜129。

[0233] 第二组透镜116包括凸面朝向成像单元2的正弯月透镜130。第三组透镜117包括:凸面朝向放大侧的负弯月透镜131、以及较凹的面朝向成像单元2的双面非球面双凹面透镜132。第四组透镜118包括:凸面朝向放大侧的双面非球面负弯月透镜133、以及凸面朝向放大侧的双面非球面正弯月透镜134。

[0234] 下列的表16至20示出了第四实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统111的数据。表16中的“i”代表从成像单元2算起的第i个表面(棱镜表面、透镜表面、光阑表面、反射表面)。

[0235] 数值孔径:0.195

[0236] 表16

[0237] 数值孔径:0.195

[0238]

i	R	D	Nd	Vd
1	∞	1.00		
2	∞	1.00	1.51680	64.1983
3	∞	28.00		
4*	18.975	5.24	1.48749	70.2363
5*	-94.721	7.45		
6	36.928	1.20	1.90366	31.3150
7	18.890	3.09		
8	24.244	0.80	1.90366	31.3150
9	12.422	6.64	1.58144	40.7476
10	-20.056	1.12		
光阑	∞	0.3		
11	26.609	4.26	1.48749	70.4412
12	-18.832	0.30		
13	-48.135	1.00	1.83481	42.7253
14	18.449	3.42		
15	-36.328	3.34	1.48749	70.2363
16	-12.512	1.20	1.90366	31.3150

[0239]

17	-30.033	9.33		
18	76.247	5.47	1.78470	26.2912
19	-51.163	变量A		
20	43.722	3.70	1.69895	30.1279
21	185.916	变量B		
22	-26.601	1.20	1.84666	23.7779
23	-90.143	3.09		
24*	-29.253	3.38	1.53046	55.8000
25*	79.813	变量C		
26*	-20.078	4.72	1.53046	55.8000
27*	-27.732	0.30		
28*	-49.739	4.00	1.53046	55.8000
29*	-25.525	变量D		
30	∞	-91.98	反射表面	
31*	∞	变量E	反射表面	

[0240] 聚焦

[0241] 表17

[0242]

	短距离	标准	长距离
屏幕尺寸	48英寸	60英寸	80英寸
变量A	5.18	6.14	6.94
变量B	8.77	8.38	8.04
变量C	15.10	13.50	11.63
变量D	36.91	37.94	39.36
变量E	269.44	328.05	425.91

[0243] 非球面系数

[0244] 表18

[0245]

	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
第4	-0.089	-2.469E-06	-4.814E-08	3.006E-09	-1.783E-11			

[0246]

个表面								
第5个表面	0.000	5.992E-05	4.412E-08	3.096E-09	-1.936E-11			
第11个表面	-0.343	-4.914E-07	-8.303E-08					
第12个表面	0.162	1.163E-05	-1.421E-07					
第24个表面	-0.385	5.395E-06	-5.090E-08	2.247E-10	-3.893E-13			
第25个表面	1.571	-4.021E-05	5.659E-08	-9.410E-11	1.044E-13	-9.756E-17		
第26个表面	-0.870	3.365E-05	-2.766E-07	6.312E-10	-3.809E-13	-9.115E-17		
第27个表面	-0.296	3.583E-05	-3.991E-07	1.406E-09	-3.220E-12	4.465E-15	-2.584E-18	
第28个表面	2.278	-3.223E-06	-3.479E-07	1.305E-09	-2.431E-12	3.404E-15	-3.356E-18	1.496E-21
第29个	-1.303	-1.658E-05	-7.439E-08	-8.252E-11	1.311E-12	-2.562E-15	1.961E-18	-5.377E-22

[0247]

表面								
----	--	--	--	--	--	--	--	--

[0248] 自由曲面系数

[0249] 表19

[0250]

K	0
C4	1.1720E-02
C6	8.4731E-03
C8	-2.3832E-05
C10	-1.5794E-04
C11	-1.3961E-06
C13	1.7240E-06
C15	-1.9360E-06
C17	-1.2236E-08
C19	1.2585E-07
C21	1.7568E-08
C22	5.2094E-10
C24	-7.2895E-10
C26	1.4519E-09
C28	4.8374E-10
C30	5.3852E-12
C32	-3.9451E-11
C34	-1.6489E-13
C36	-3.1742E-13
C37	-1.1651E-13
C39	1.5119E-13
C41	-2.7979E-13
C43	-2.2888E-13
C45	-4.0093E-14
C47	-4.3307E-16
C49	7.3286E-15

[0251]	C51	6.8302E-15
	C53	2.3829E-15
	C55	7.7935E-17
	C56	1.2179E-17
	C58	1.2304E-17
	C60	8.0415E-17
	C62	7.9418E-17
	C64	3.2335E-17
	C66	3.0703E-18

[0252] DMD尺寸

[0253] 点尺寸:10.8 μ m

[0254] 横向长度:13.824mm

[0255] 竖向长度:8.64mm

[0256] 从光轴至装置中心的距离:5.64mm

[0257] 下表20示出了在最靠近反射表面的透镜产生的投影影像最大的聚焦状态中从顶点算起反射平面镜5和自由曲面凹面镜6的位置坐标。旋转的角度在曲面法线和光轴之间。

[0258] 表20

[0259]

	Y轴	Z轴	α
第30个表面	0.00	39.36	-45.00
第31个表面	91.98	48.28	-99.97

[0260] 图46示出了长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图47示出了中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图48示出了短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。根据图46至图48,在第四实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统111在每个放大倍率和每个投影距离时能够投影出畸变较小的投影影像。图49至图51示出了光斑图。在图49至图51的光斑图中,示出了625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)在屏幕表面上的成像特征(mm)。成像单元2上的每个光斑的视场位置由坐标(x,y)给出。从上述说明可以能够清晰看到,在第四实施例的投影仪设备中,在折射光学系统111中提供的非球面透镜导致中间影像发生桶形畸变,从而压缩中间影像并减小其尺寸。通过这种方式,能够减小凹面镜6的尺寸,凹面镜6的尺寸的减小有助于投影仪设备的小型化。在中间影像上发生的桶形畸变被自由曲面凹面镜6校正,校正后的中间影像被投影在屏幕上。因此,能够获得高质量投影影像,并实现与上述实施例相同的效果。

[0261] 第五实施例

[0262] 下面将说明第五实施例的投影仪设备。第五实施例的投影仪设备与上述实施例的投影仪设备的不同之处仅在于折射光学系统的构造。因此,在用于说明第五实施例的投影

仪设备的附图中,所示出的与上述第一实施例的投影仪设备中的相同的操作或功能的部分将用与第一实施例的投影仪设备中的相同的符号来表示,并省略其详细说明。下文中对第五实施例的说明将主要集中于与上述实施例的不同的折射光学系统。

[0263] 图52示出了第五实施例的投影仪设备的横截面。图53示出了第五实施例的投影仪设备的投影光学系统140中提供的折射光学系统141的镜头构造。在图52中,镜头组聚焦移动路径以实线示出。第五实施例的投影仪设备包括投影光学系统140,其构造满足“ $2.5 < D/d < 6$ (条件表达式9)”和“ $0.4 < Y/F < 0.75$ (条件表达式10)”。因此,能够使用较大且分辨率较高的DMD等元件作为成像单元2。

[0264] 在图52和53中,由成像单元2(例如DMD)基于影像信息进行二维强度调制的光通量变成作为物光的投影光通量。来自于成像单元2的投影光通量在通过包括至少一个非球面透镜、反射平面镜5和凹面镜6的折射光学系统141后成为成像光通量。即,在成像单元2上形成的影像被投影光学系统140放大并投影在屏幕上,作为投影影像。

[0265] 通过折射光学系统141的光形成中间影像,该中间影像是与成像单元2在成像单元2的近侧形成的影像信息相对于反射平面镜5共轭的空间影像。该中间影像不一定必须形成成为平面影像,可以形成成为曲面影像。这也适用于上述实施例。中间影像被布置在放大率最大侧的凹面镜6(自由曲面凹面镜)放大并投影在屏幕上。在中间影像上发生像面曲率和畸变。但是,使用自由曲面凹面镜6,可以对发生在中间影像上的像面曲率和畸变进行校正。通过这种方式,能够降低透镜系统的畸变校正载荷,从而提高设计的自由度,这能更容易地减小投影仪设备的尺寸。

[0266] 图54、图55和图56分别是在长距离(80英寸)、中距离(60英寸)和短距离(48英寸)情况下第五实施例的投影仪设备的主光束与近轴像平面的绘图交点的示意图。在图54~56中,黑点指示从多个视角观察的主光束与近轴像平面的交点的坐标,虚线指示近轴像。如图54~56所示,在每种屏幕尺寸中都发生了桶形畸变。这表明中间影像被压缩。因此,在第五实施例的投影仪设备中,中间影像尺寸的减小能够减小自由曲面凹面镜6的尺寸,这能够降低成本,并减小设备的尺寸。

[0267] 在第五实施例的投影仪设备中,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,正透镜组151(参见图53)、反射平面镜5和自由曲面凹面镜6相对于成像表面是固定的。相反,正透明组152(参见图53)、负透镜组153(参见图53)朝成像单元2移动,并且正镜头组154(参见图53)向放大侧移动。即,通过浮动焦点能够严格控制像面曲率和畸变像差。在第五实施例的投影仪设备中,在透镜组152、153、154中使用非球面透镜,这能够改善校正效果。成像的必要部件(例如影像处理单元、供电单元、冷却风扇(在图52中未示出)等)与投影光学系统140一起容置在外壳1中。

[0268] 按从成像单元2至放大侧的顺序,投影光学系统140的折射光学系统141依次包括具有正折射能力的第一组透镜151以及具有负折射能力的第二组透镜152,如图53所示。折射光学系统141还包括具有负折射能力及一个非球面透镜的第三组透镜153以及具有正折射能力及一个非球面透镜的第四组透镜154。

[0269] 从成像单元2算起,第一组透镜151依次包括:较凸的面朝向成像单元2的双面非球面双凸透镜161、以及较凹面朝向放大侧双凹透镜162。而且,第一透镜组151包括由凸面朝向成像单元2的负弯月透镜163构成的胶合透镜165、凸面朝向成像单元2的正弯月透镜164、

以及孔径光阑8。另外,第一透镜组151包括较凸面朝向成像单元2的双面非球面双凸透镜166、以及凸面朝向成像单元2的负弯月透镜167。第一透镜组151包括由较凸面朝向放大侧的双凸透镜168构成的胶合透镜170、较凹面朝向成像单元2的双凹透镜169、以及较凸面朝向放大侧的正弯月透镜171。

[0270] 第二组透镜152包括较凸面朝向放大侧的双凸透镜172、以及较凸面朝向成像单元2的正弯月透镜173。第三组透镜153包括凸面朝向放大侧的负弯月透镜174、以及较凹面朝向成像单元2的双面非球面双凹透镜175。第四组透镜154包括凸面朝向放大侧的双面非球面正弯月透镜176。

[0271] 在这种折射光学系统141中,例如,在从长距离侧至短距离侧聚焦时,正的第二组透镜152和负的第三组透镜153朝成像单元2移动,正的第四组透镜154朝放大侧移动。

[0272] 下列的表21至24示出了第五实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统141的数据。表21中的“i”代表从成像单元2算起的第i个表面(棱镜表面、透镜表面、光阑表面、反射表面)。

[0273] 数值孔径:0.200

[0274] 表21

[0275]

i	R	D	Nd	vd
1	∞	1		
2	∞	1	1.51680	64.1983
3	∞	29		
4*	12.975	5.28	1.48749	70.2363
5*	-29.299	2.06		
6	-40.76	0.8	1.86879	26.3428
7	35.62	3.15		
8	21.156	0.8	1.8	29.8447
9	10.395	3.78	1.54814	45.7843
10	70.46	0.61		
光阑	∞	2.44		
11*	23.366	4.28	1.73785	27.4138
12*	-25.543	0.3		
13	40.202	0.8	1.82395	44.458
14	16.681	2.16		
15	1262.987	4.79	1.48749	70.4412
16	-12.216	1	1.8147	35.8667
17	56.709	5.65		
18	-227.979	4.76	1.58723	39.4156

[0276]

19	-25.861	变量A		
20	130.721	5.28	1.51633	64.142
21	-70.396	6.54		
22	49.348	5.45	1.58108	33.9747
23	320.489	变量B		
24	-30.134	1.5	1.87464	34.8483
25	-122.918	3.34		
26*	-34.455	1.2	1.53046	55.8
27*	55.5	变量C		
28*	-64.791	5.28	1.53046	55.8
29*	-43.625	变量D		
30	∞	-69.19	反射表面	
31*	∞	变量E	反射表面	

[0277] 聚焦

[0278] 表22

[0279]

	短距离	标准	长距离
屏幕尺寸	48英寸	60英寸	80英寸
变量A	6.73	7.29	7.76
变量B	10.96	10.87	10.77
变量C	13.53	11.36	9.3
变量D	49.15	50.85	52.54
变量E	238.93	291.49	378.24

[0280] 非球面系数

[0281] 表23

[0282]

	K	A4	A6	A8	A10	A12	A14	A16
第4个表面	0.104	-4.28E-05	-1.14E-07	-3.46E-10	-4.96E-12			

[0283]

第5个表面	0	5.33E-05	-9.59E-08	5.24E-10				
第11个表面	-2.726	9.83E-06	-7.46E-08	-1.86E-10				
第12个表面	2.405	3.56E-05	-6.52E-08					
第26个表面	-3.952	5.57E-06	9.91E-09	-3.86E-11	2.41E-14			
第27个表面	-64.787	-2.31E-05	3.16E-08	-4.62E-11	3.52E-14	-1.81E-17		
第28个表面	1.978	-6.12E-05	1.27E-07	-9.95E-11	3.20E-14	-6.81E-18		
第29个表面	-0.469	-3.80E-05	4.35E-08	-1.50E-11	5.58E-14	-1.12E-16	7.35E-20	-1.80E-23

[0284] 自由曲面系数

[0285] 表24

[0286]

K	0
C4	1.12E-02
C6	2.34E-03
C8	7.40E-05

	C10	-2.53E-04
	C11	-9.36E-07
	C13	6.01E-06
	C15	-2.45E-06
	C17	-5.55E-08
	C19	1.60E-07
	C21	2.10E-08
	C22	2.14E-10
	C24	-3.22E-09
	C26	8.53E-10
	C28	5.87E-10
	C30	5.82E-12
	C32	-9.23E-11
	C34	-2.19E-11
[0287]	C36	8.17E-13
	C37	-2.62E-14
	C39	3.06E-13
	C41	-9.52E-13
	C43	-1.01E-13
	C45	-4.09E-14
	C47	2.19E-16
	C49	8.76E-15
	C51	7.08E-16
	C53	4.17E-15
	C55	-4.84E-17
	C56	2.42E-18
	C58	1.10E-17
	C60	7.91E-17
	C62	4.93E-17
	C64	3.72E-17
[0288]	C66	2.16E-18

[0289] DMD尺寸

[0290] 点尺寸:7.56 μm (WUXGA)

[0291] 侧向长度:14.5152mm

[0292] 竖向长度:9.072mm

[0293] 从光轴至设备中心的距离:5.91毫米

[0294] 下表25示出了在最靠近反射表面的透镜产生的投影影像最大的聚焦状态中从顶点算起反射平面镜5和自由曲面凹面镜6的位置坐标。旋转的角度在曲面法线和光轴之间。

[0295] 表25

[0296]

	Y轴	Z轴	α
第30个表面	0.00	52.54	-45.00
第31个表面	69.19	65.84	-98.88

[0297] 图54示出了第五实施例的投影仪设备的长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图55示出了中投影距离(60英寸)的屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图56示出了短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。根据图54至图56,在第五实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统141在每个放大倍率和每个投影距离时能够投影出畸变较小的投影影像。

[0298] 图57示出了长投影距离(80英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图58示出了中投影距离(60英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。图59示出了短投影距离(48英寸)屏幕上各个视角的光斑位置(波长:550纳米)。根据图57至图59,在第五实施例的投影仪设备中提供的折射光学系统141在每个放大倍率和每个投影距离时能够投影出畸变较小的投影影像。

[0299] 图60至图62示出了光斑图。在图60至图62的光斑图中,示出了625纳米波长(红光)、550纳米波长(绿光)和425纳米波长(蓝光)在屏幕表面上的成像特征(mm)。成像单元2上的每个光斑的视场位置由坐标(x,y)给出。

[0300] 在第五实施例的投影仪设备中,能够使用高分辨率成像单元(例如DMD)作为成像单元2。因此,能够在屏幕上投影高分辨率影像,并实现与上述实施例相同的效果。

[0301] 结论

[0302] 最后,表26示出了与上述的第一至第四实施例的投影仪设备的投影光学系统7、50、80、110、140中的上述条件表达式1、2、5、7、9、10对应的参数的值。

[0303] 表26

[0304]

	第一实施例	第二实施例	第三实施例	第四实施例	第五实施例
表达式1	0.669	0.691	0.727	0.798	0.607
表达式2	4.448	3.965	3.828	3.055	5.635
表达式5	6.868	6.633	6.831	6.474	7.654
表达式7	0.648	0.598	0.560	0.472	0.736
表达式9	4.448	3.965	3.828	3.055	5.635
表达式10	0.648	0.598	0.560	0.472	0.736

[0305] “Did”:在投影影像最大的聚焦状态中中间影像的最大近轴像高度。

[0306] “D”光轴与近轴像表面的交点和近轴像表面与通过折射光学系统4的光阑中心的光束的交点之间的距离的最大值。

[0307] “F”:在投影影像最大的聚焦状态中折射光学系统4的焦距。

[0308] “ $0.6 < D/Did < 0.8$ (条件表达式1)”

[0309] “ $2.5 < Did/F < 5$ (条件表达式2)”

[0310] “ β ”:投影影像最大时折射光学系统4的近轴横向放大率。

[0311] “ $5 < \beta < 8$ (条件表达式5)”

[0312] “Y”:光轴与成像单元2的端部之间的距离的最大值。

[0313] “ $0.4 < Y/F < 0.7$ (条件表达式7)”

[0314] “ $2.5 < Did/F < 6$ (条件表达式9)”

[0315] “ $0.4 < Y/F < 0.75$ (条件表达式10)”

[0316] 根据表26,这些实施例的投影仪设备的投影光学系统7、50、80、110、140的参数值在条件表达式1、2、5、7、9、10定义的范围之内。因此,在这些实施例的投影仪设备中,中间影像具有适当的尺寸,其畸变量适当。因此,例如,凹面镜6的尺寸的减小可显著减小投影仪设备的尺寸。而且,在这些实施例的投影仪设备中,中间影像的畸变被自由曲面凹面镜6校正,校正后的中间影像被投影。因此能够获得高质量投影影像。

[0317] 表27示出了上述实施例的投影光学系统7、50、80、110、140的示例尺寸(单位:毫米)。

[0318] 表27

[0319]

	第一实施例	第二实施例	第三实施例	第四实施例	第五实施例
高度	165.6	165.5	167.7	168.6	177.8
深度	94.7	95.3	106.5	119.1	100.2
宽度	88.1	88.1	91.5	90.3	102

[0320] 在如图63所示的反射平面镜5和光束的交点之中,从成像单元2算起的Z轴方向的最大距离H对应表27中的“高度”。反射平面镜5与光束的交点和自由曲面凹面镜6与光束的交点之间的Y轴方向的最大距离U(如图63所示)对应表27中的“深度”。自由曲面凹面镜6与光束的交点之间的X轴方向的最大距离W(如图64所示)对应表27中的“宽度”。

[0321] 如表27所示,这些实施例的投影仪设备的尺寸能够显著减小。而且,中间影像的畸变被自由曲面凹面镜6校正,校正后的中间影像被投影。因此能够获得高质量投影影像。

[0322] 本发明实现了提供小尺寸、高性能的投影光学系统和投影仪设备的效果。

[0323] 对相关申请的引用

[0324] 本专利申请要求2013年3月13日在日本提交的日本专利申请2013-051055、2014年2月19日在日本提交的日本专利申请2014-029911、以及2014年3月3日在日本提交的日本专利申请2014-040214的优先权,其完整内容通过引用结合在此。

[0325] 为了全面、清晰地进行揭示,本发明是通过一些实施例来说明的,但是所附权利要求不受这些实施例的限制,所属领域的技术人员能够在不脱离本文所述的基本原则的前提下做出的所有修饰和更改都应属于本发明的范围。

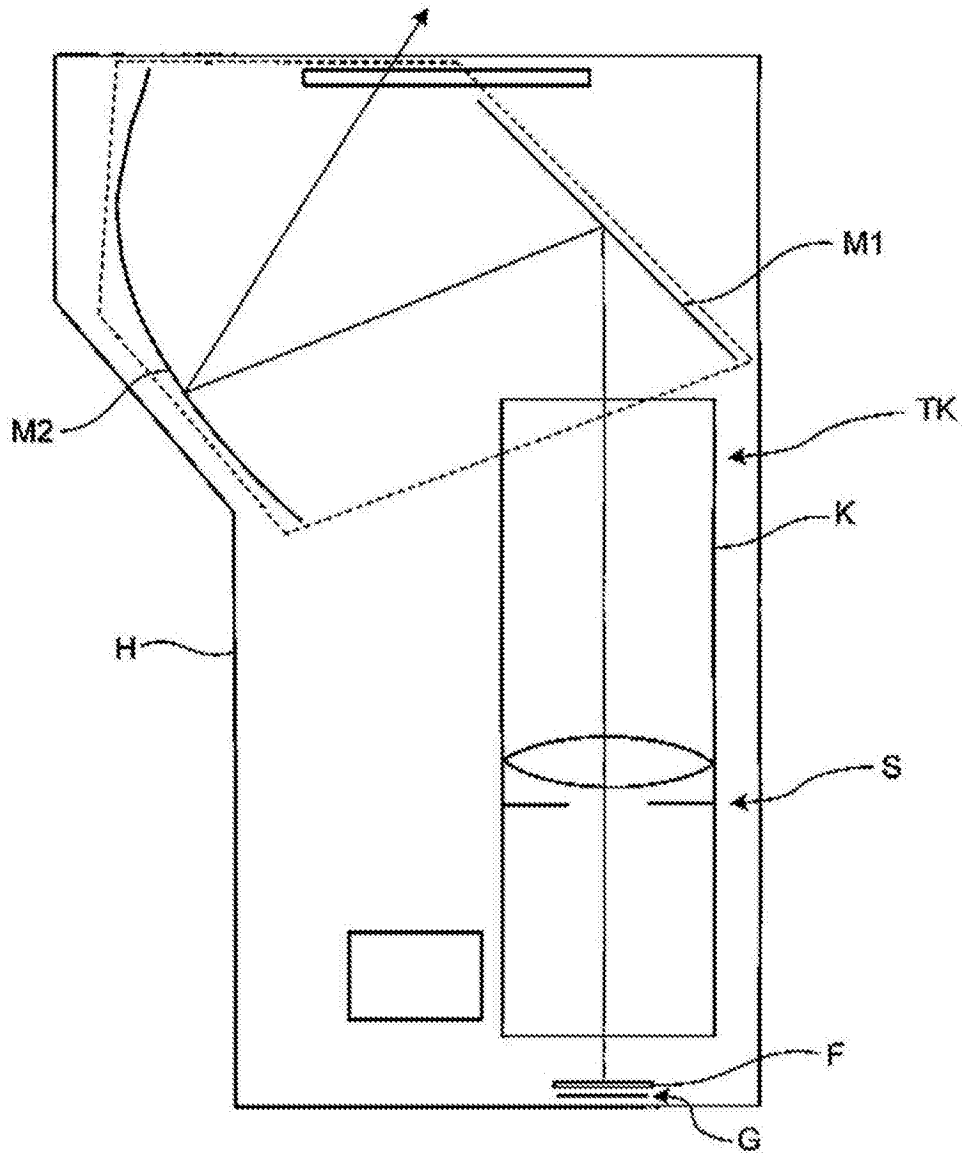


图1

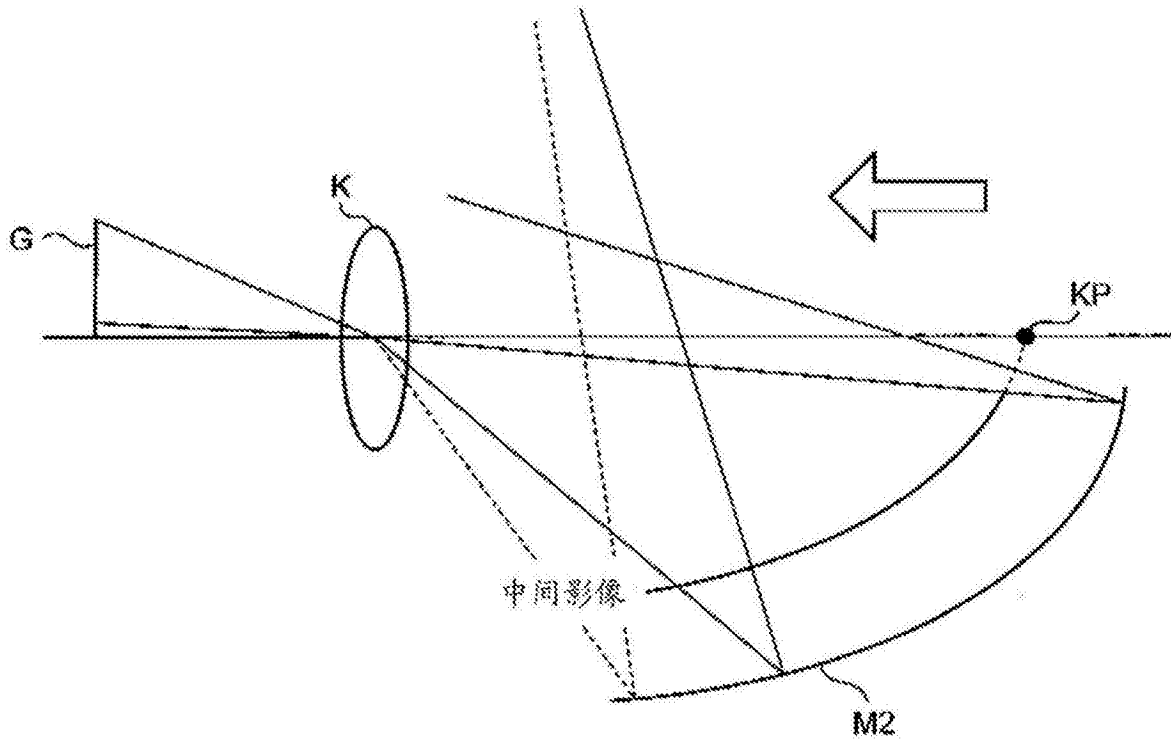


图2

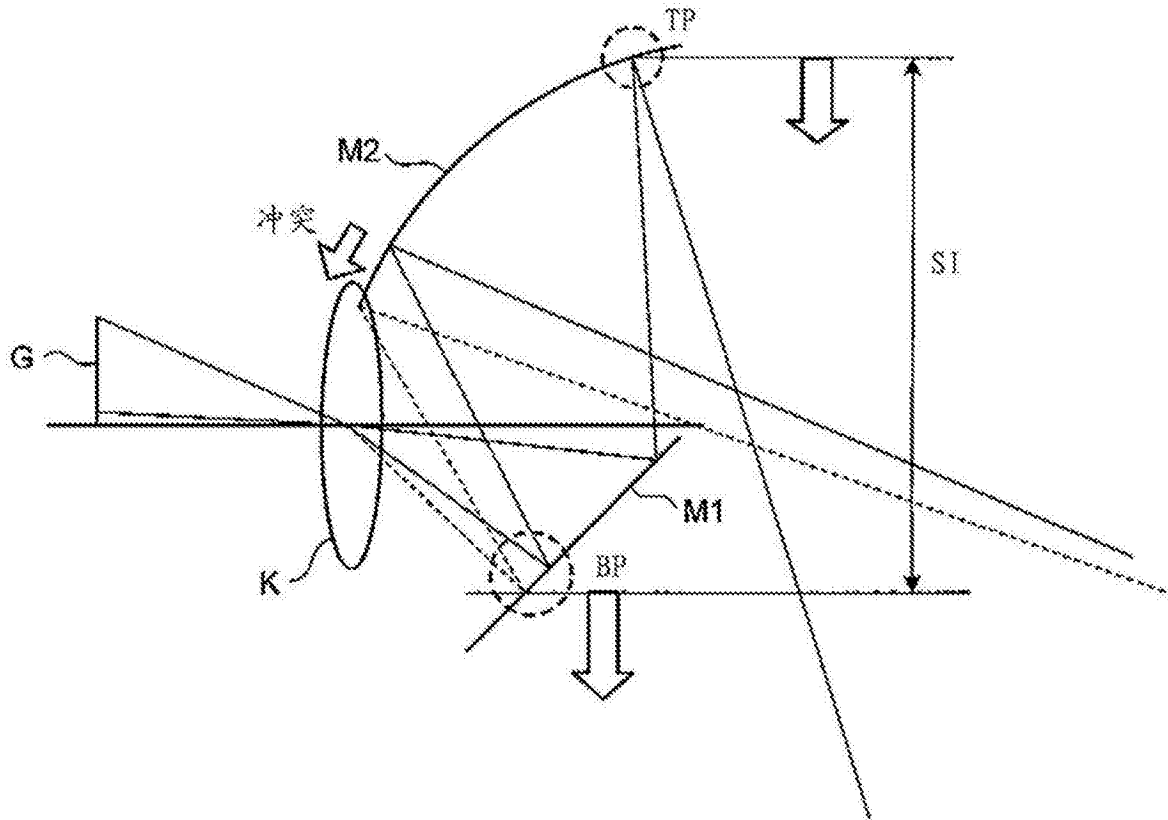


图3

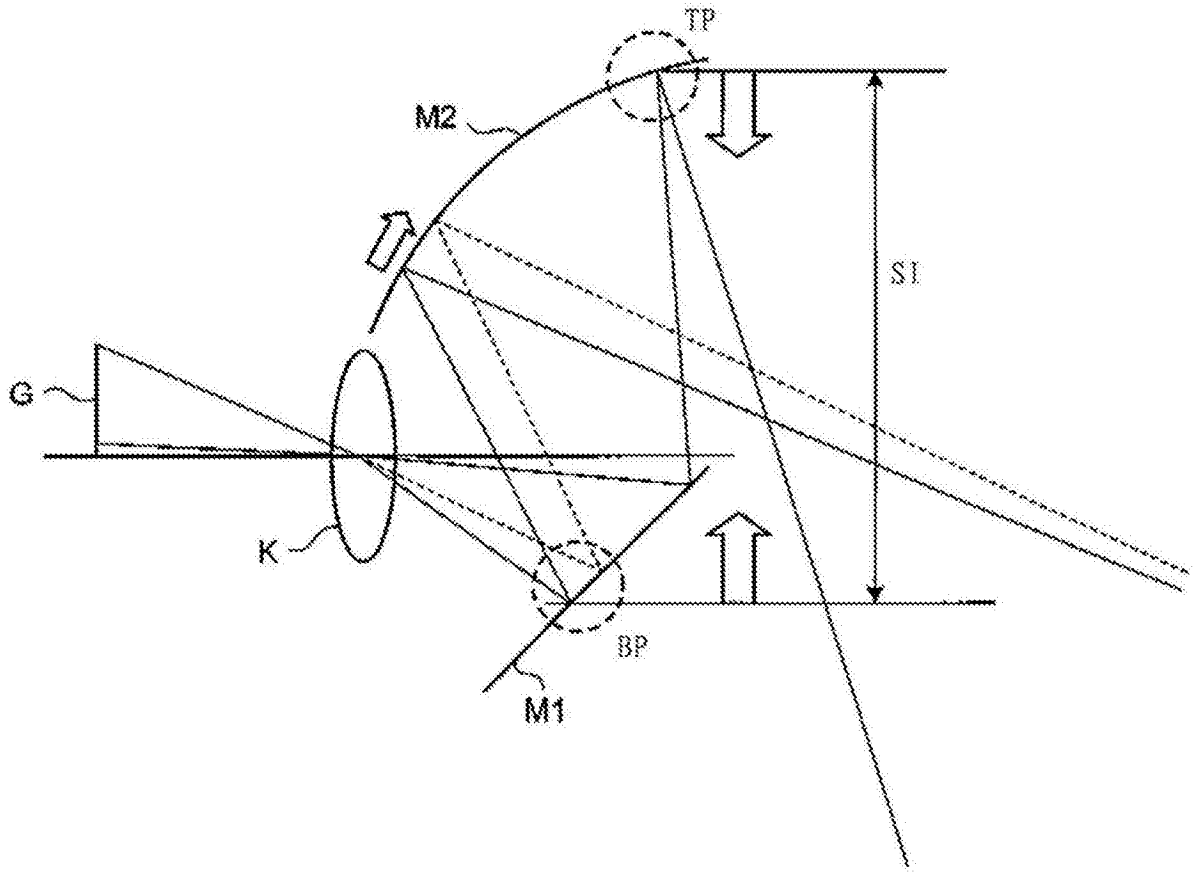


图4

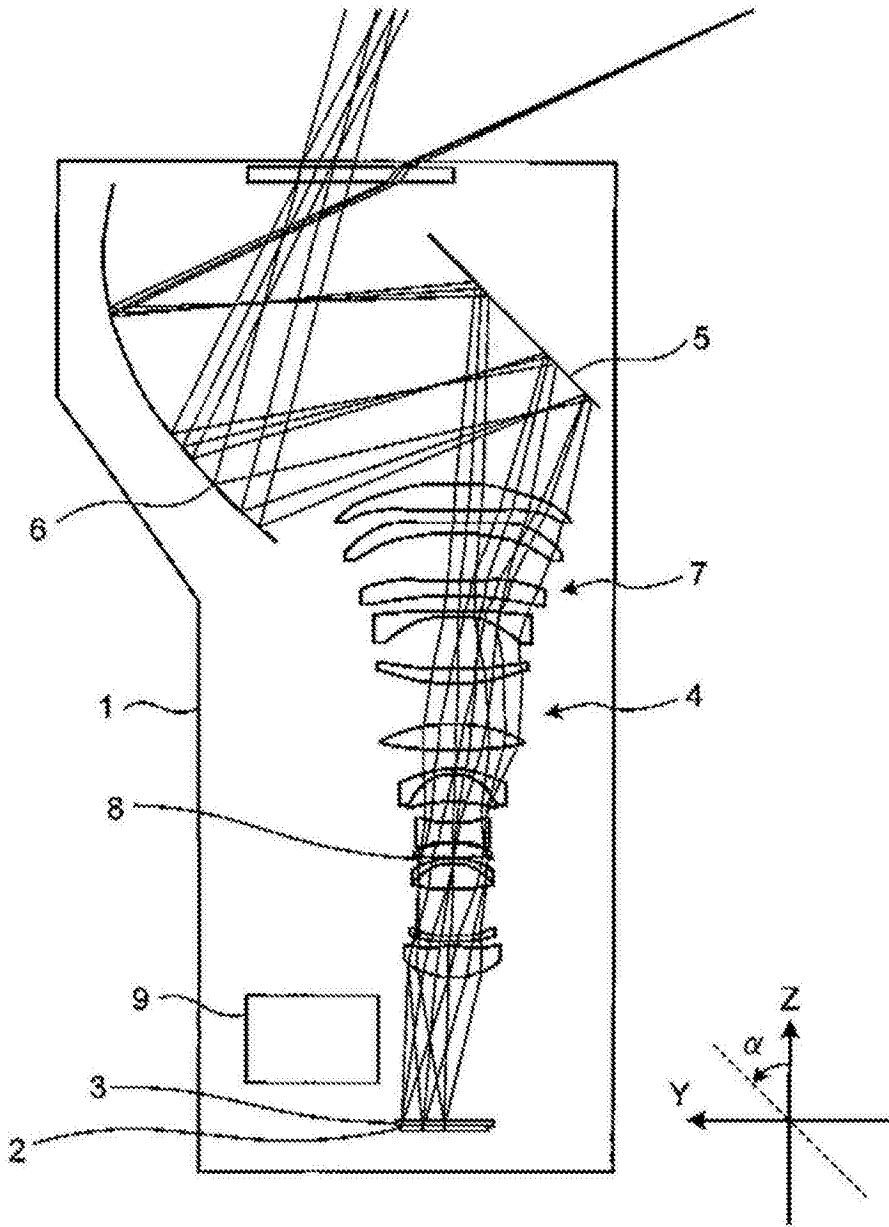


图5

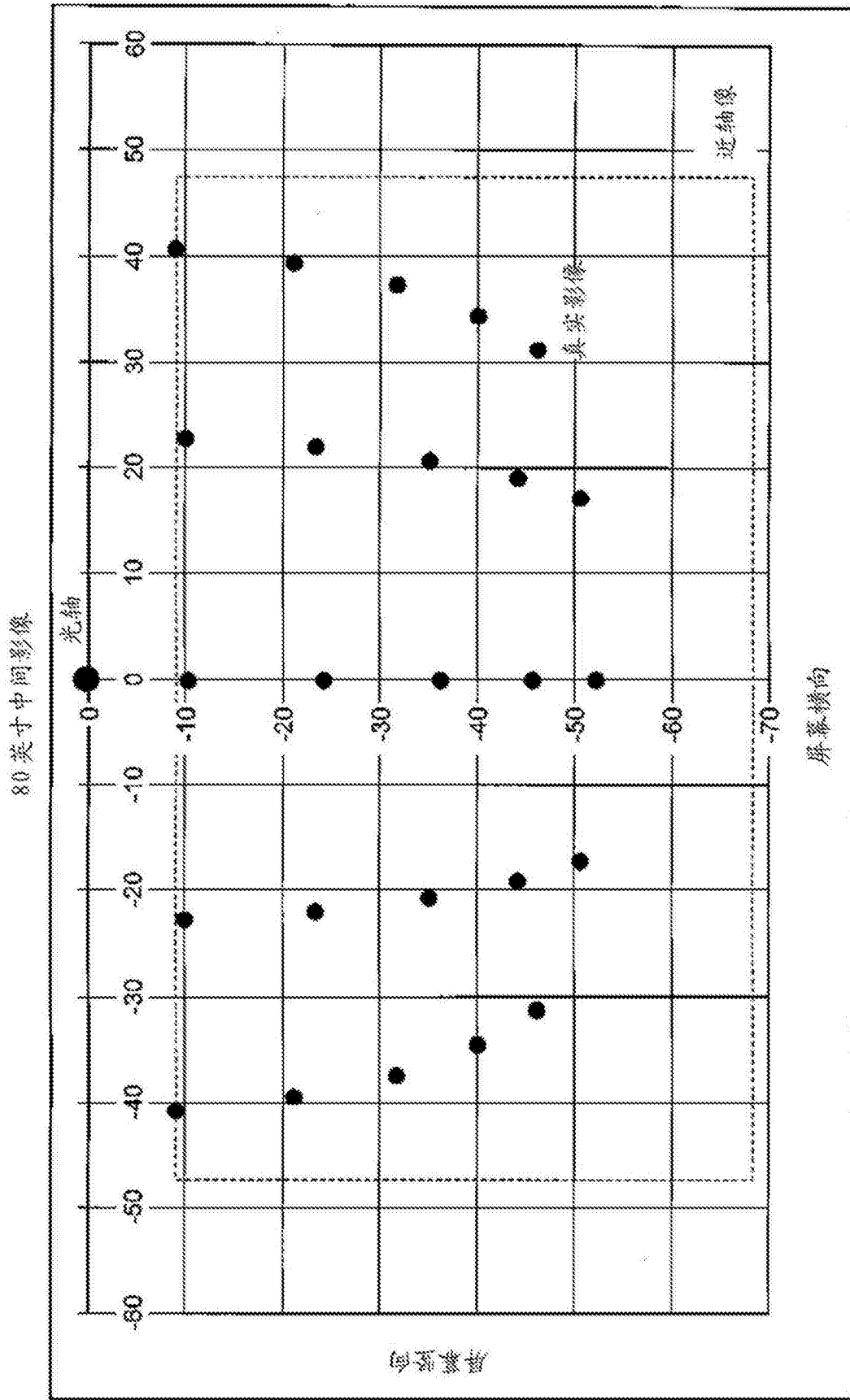


图8

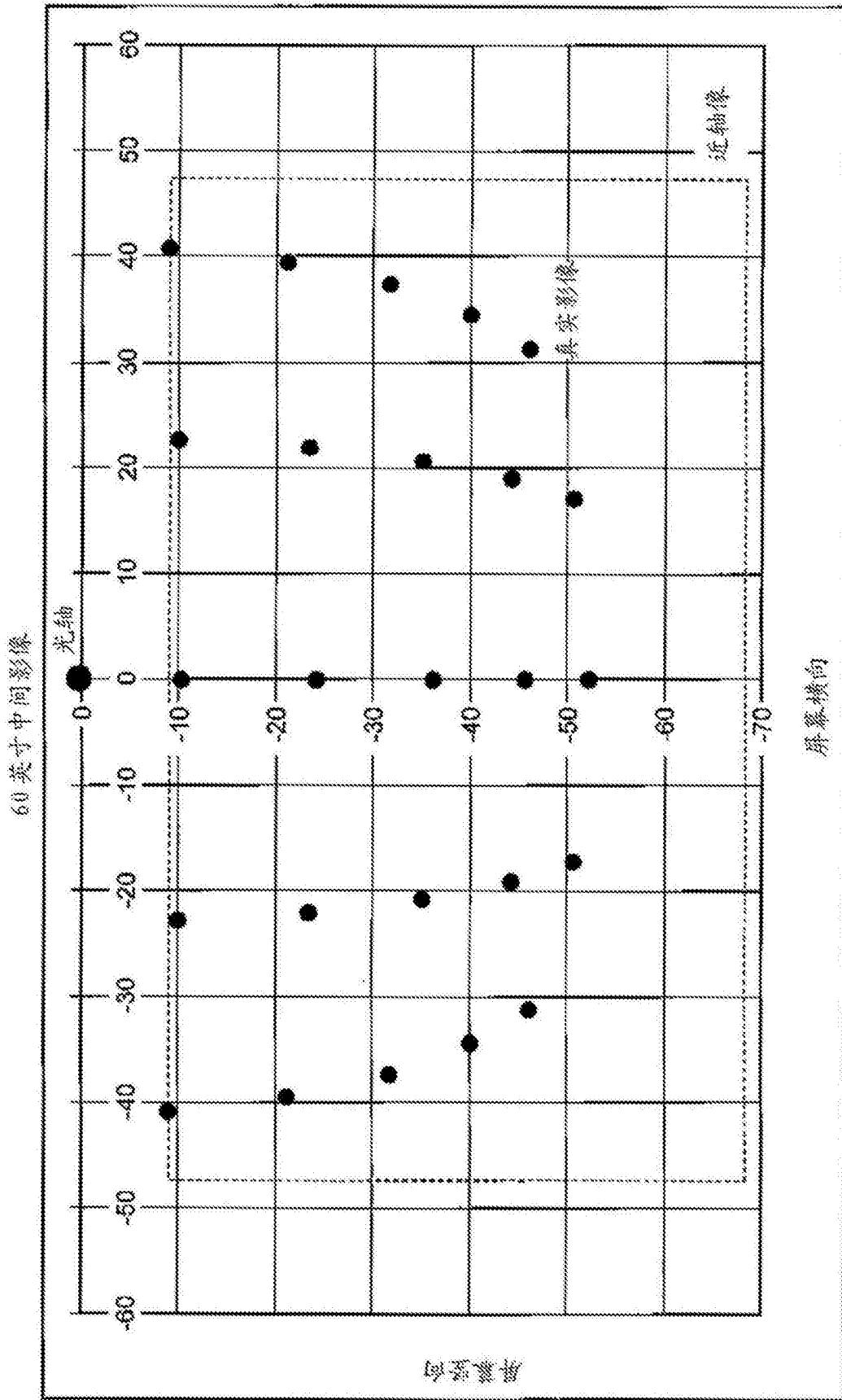


图9

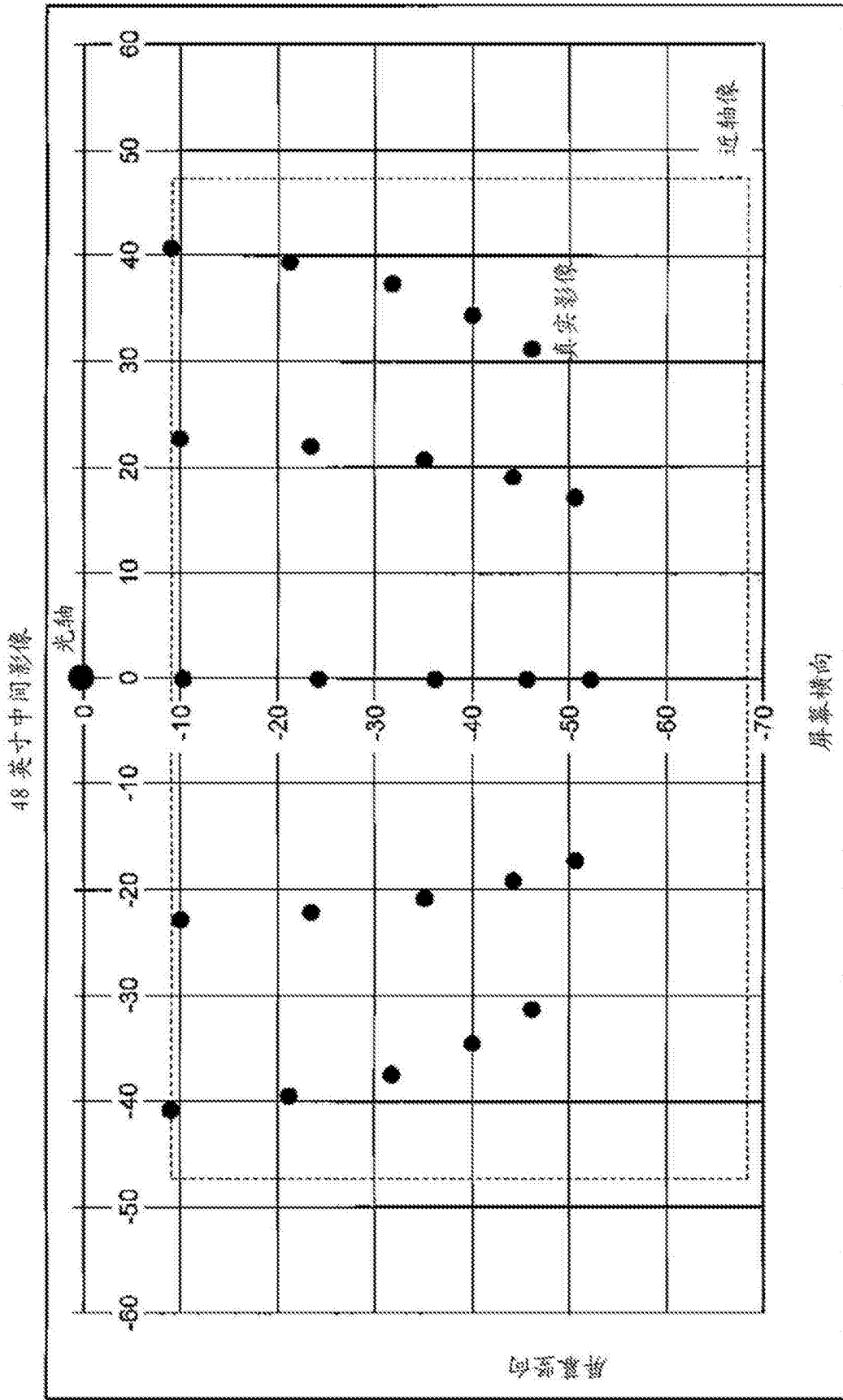


图10

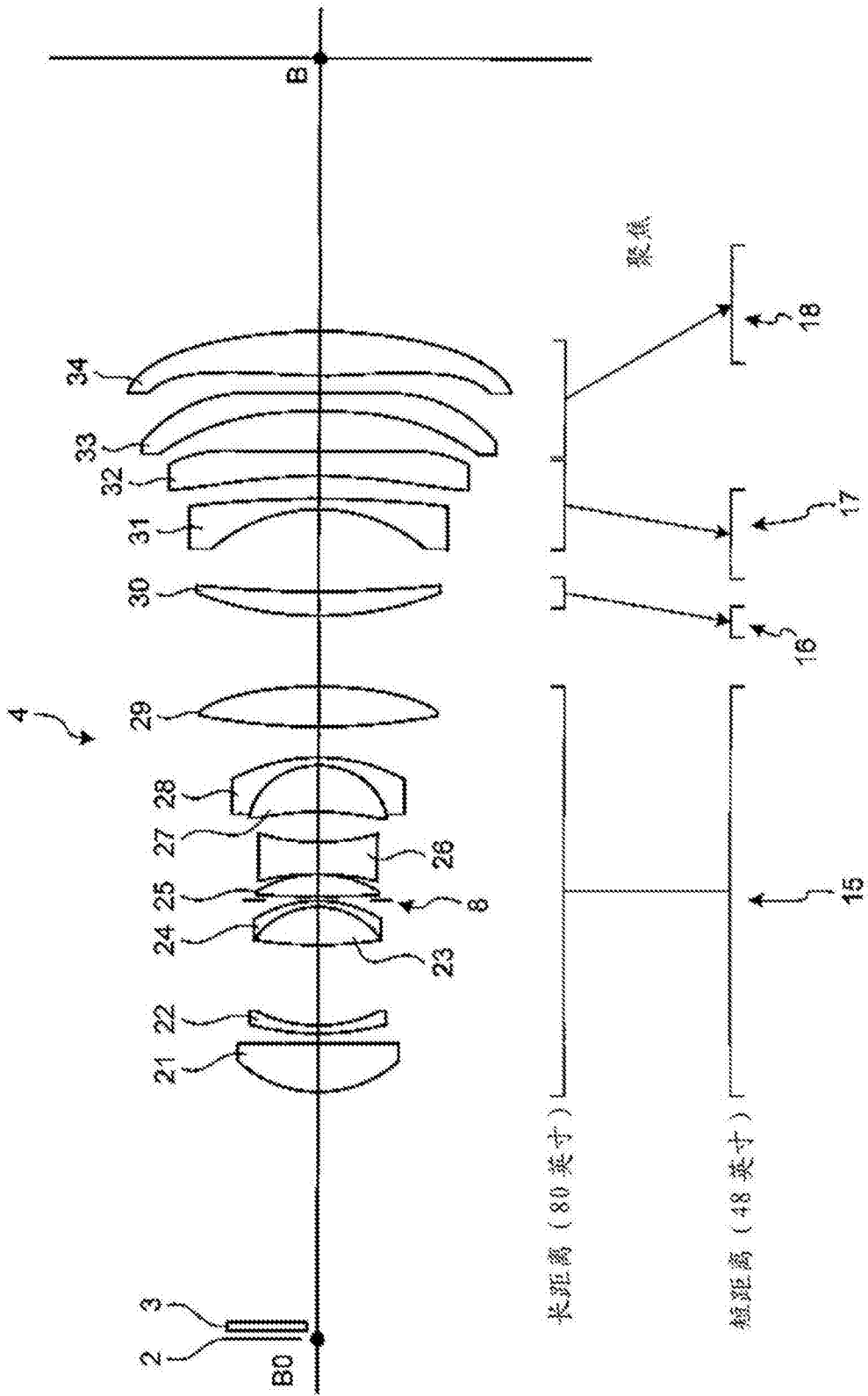


图11

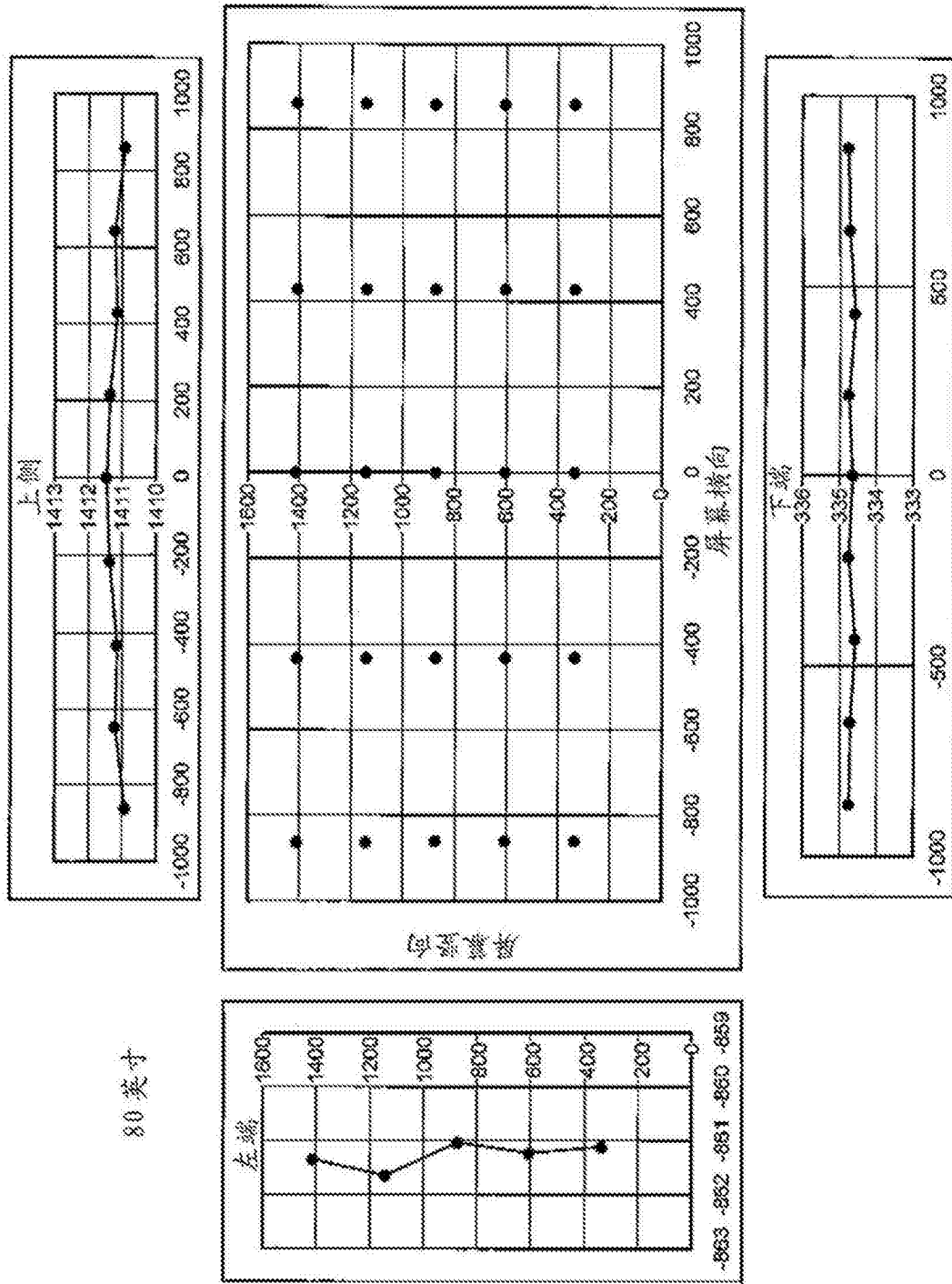


图12

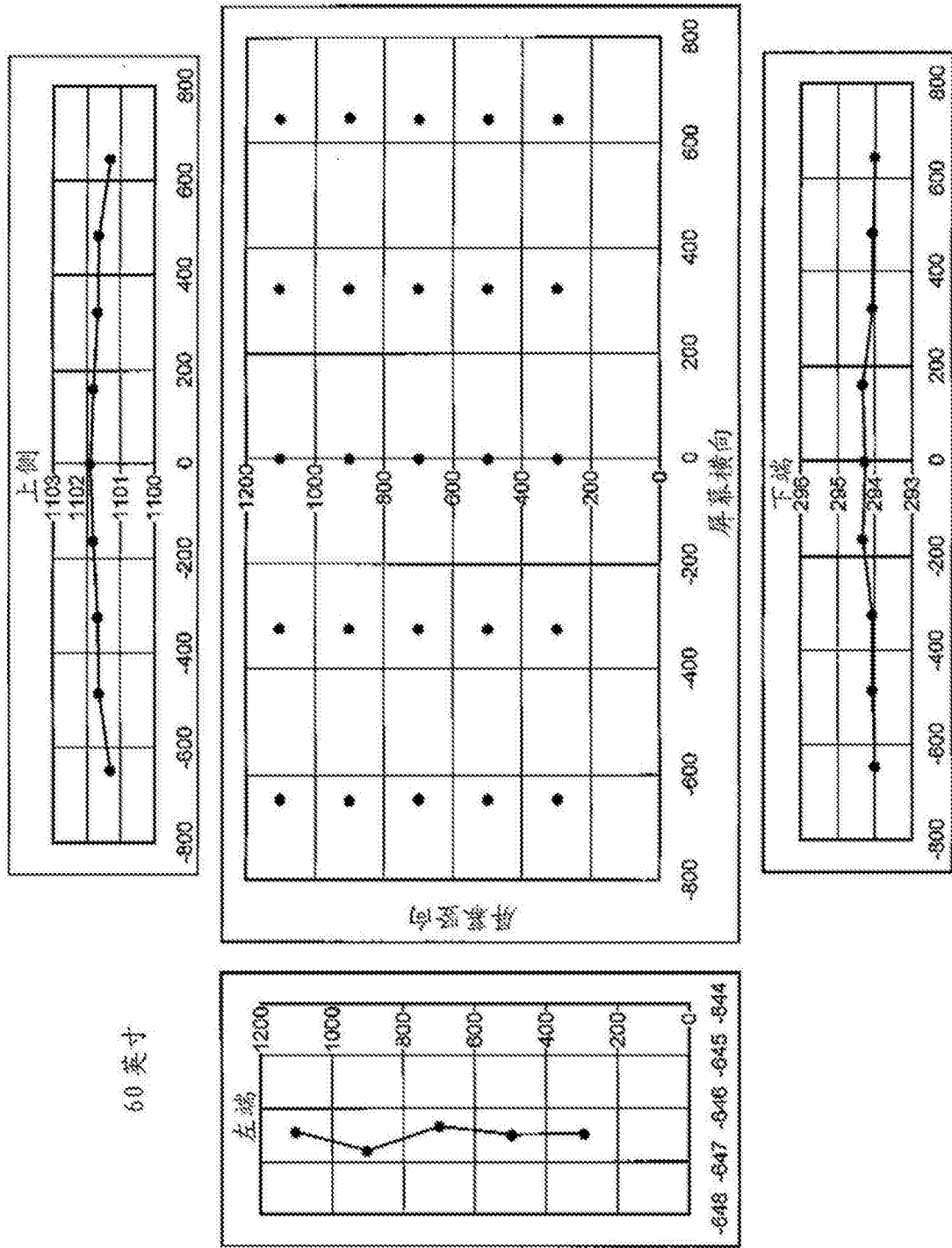


图13

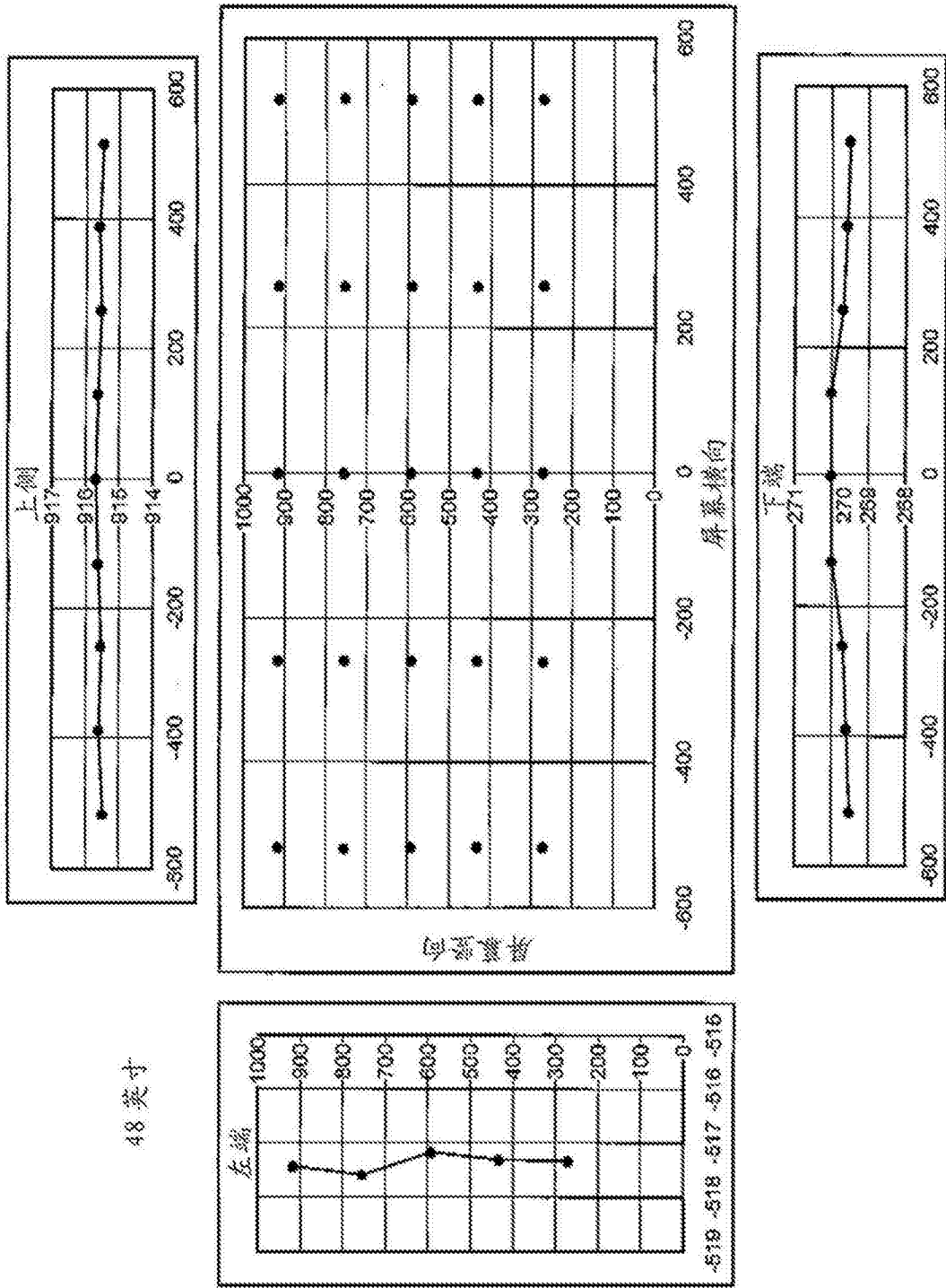


图14

80 英寸

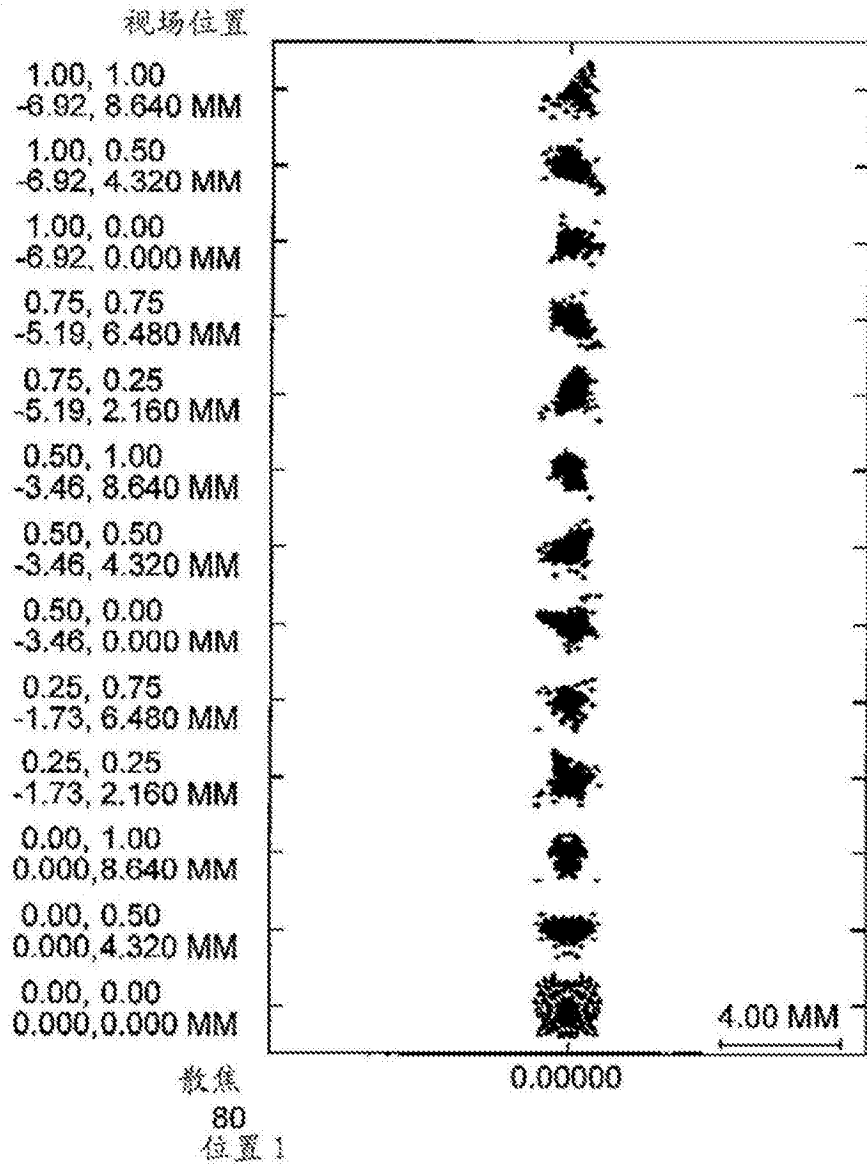
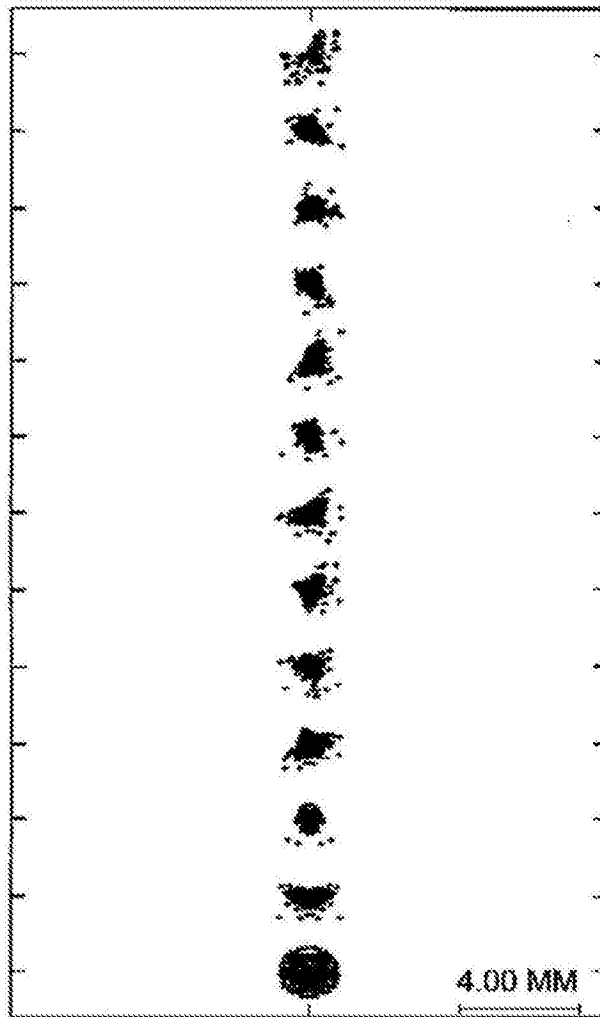


图15

60 英寸

视场位置

1.00, 1.00
-6.92, 8.640 MM
1.00, 0.50
-6.92, 4.320 MM
1.00, 0.00
-6.92, 0.000 MM
0.75, 0.75
-5.19, 6.480 MM
0.75, 0.25
-5.19, 2.160 MM
0.50, 1.00
-3.46, 8.640 MM
0.50, 0.50
-3.46, 4.320 MM
0.50, 0.00
-3.46, 0.000 MM
0.25, 0.75
-1.73, 6.480 MM
0.25, 0.25
-1.73, 2.160 MM
0.00, 1.00
0.000, 8.640 MM
0.00, 0.50
0.000, 4.320 MM
0.00, 0.00
0.000, 0.000 MM



散焦

0.00000

60
位置 2

图16

48 英寸

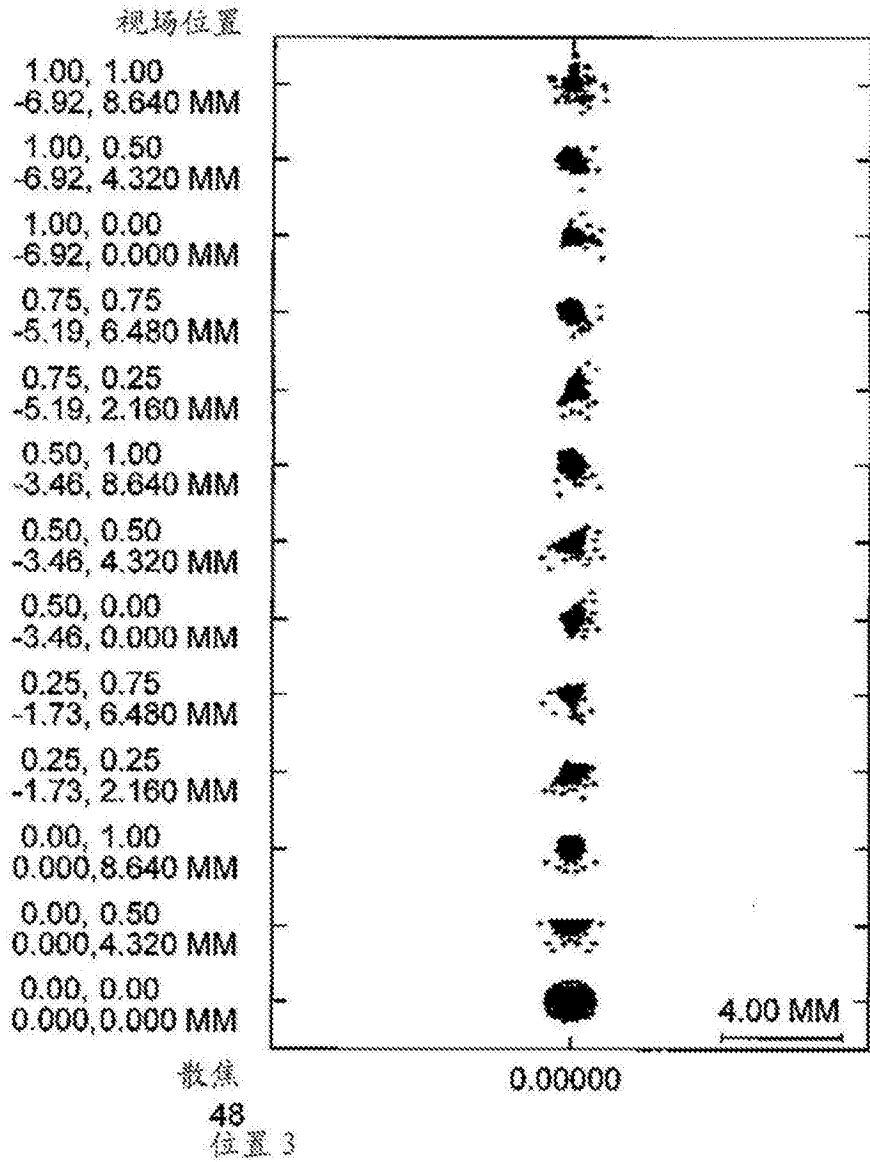


图17

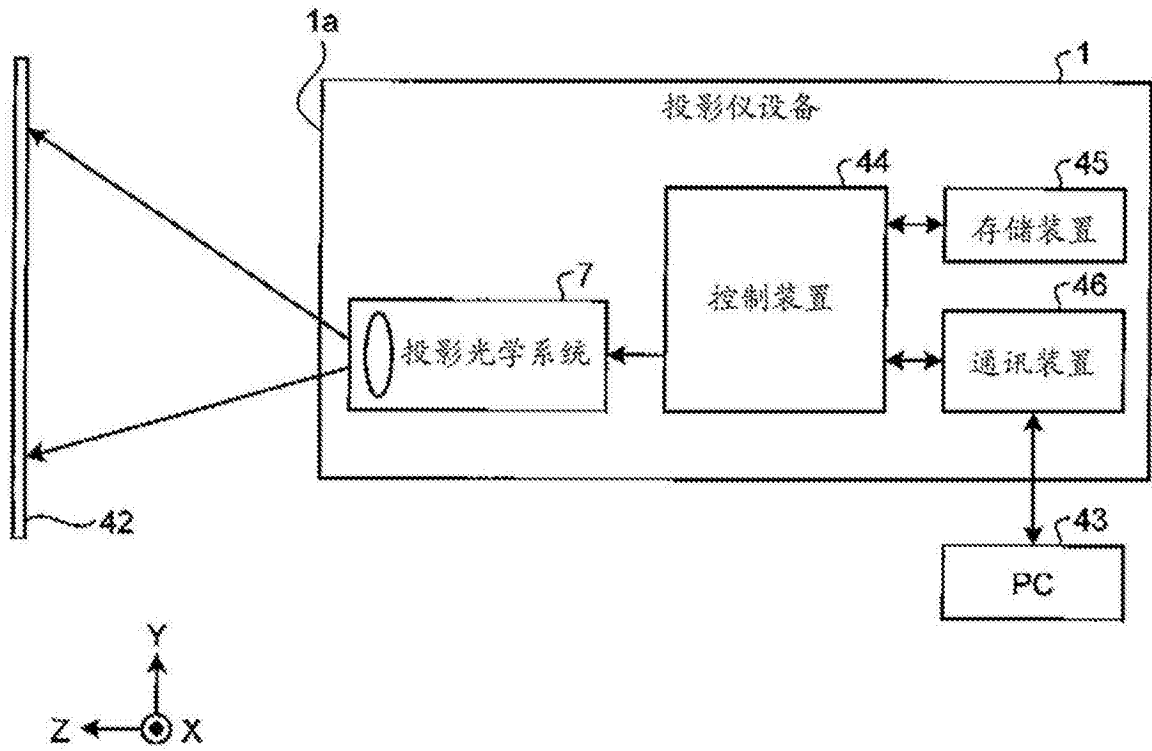


图18

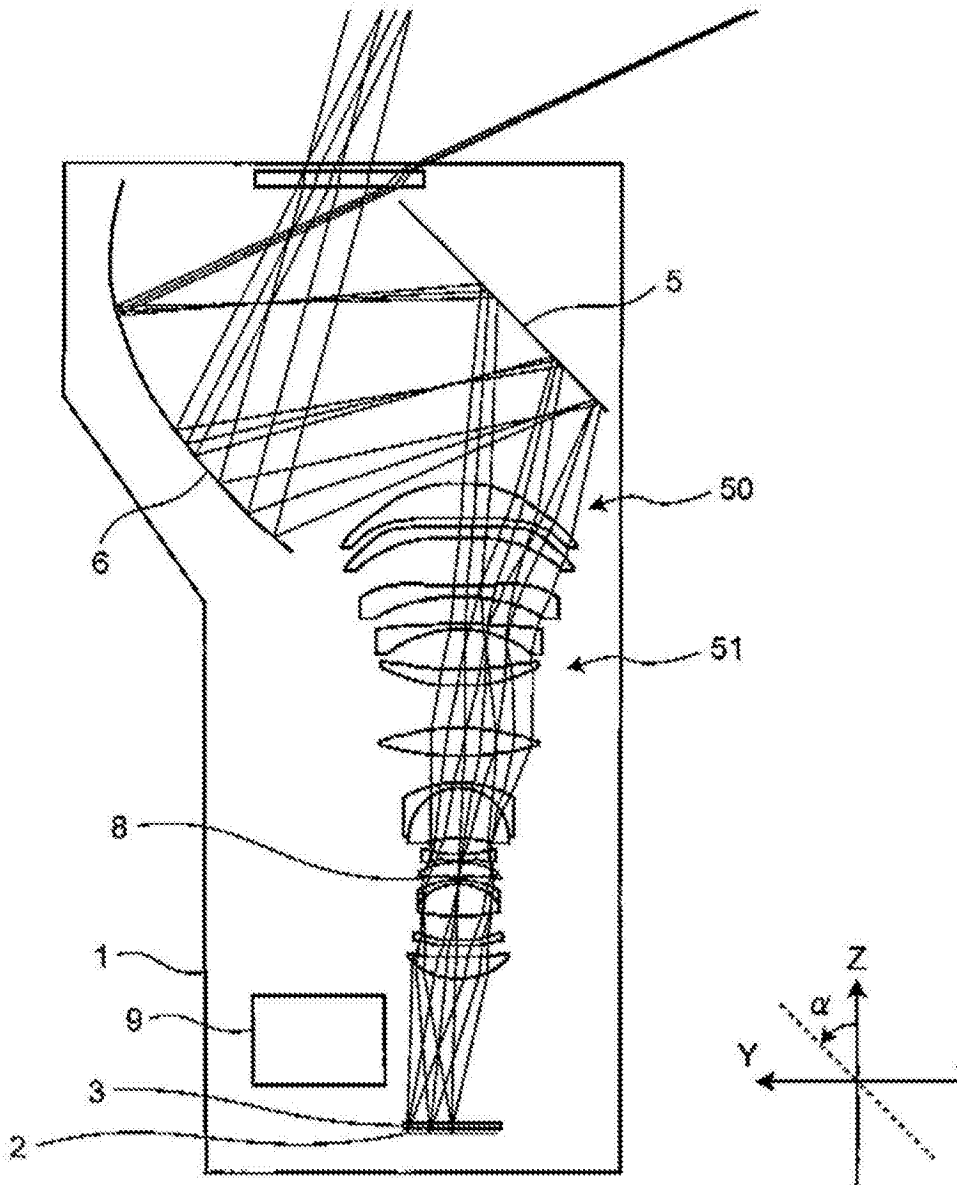


图19

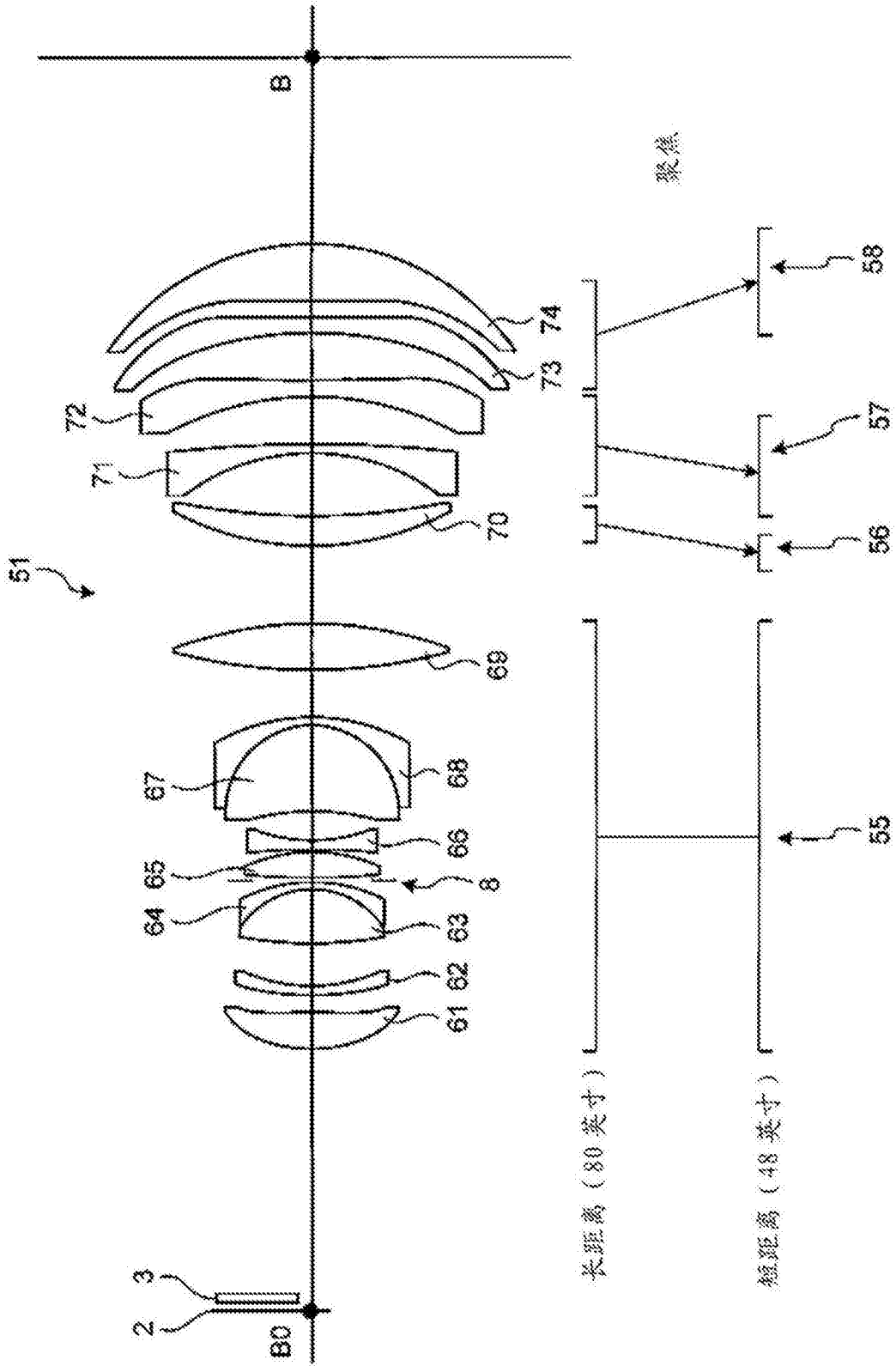


图20

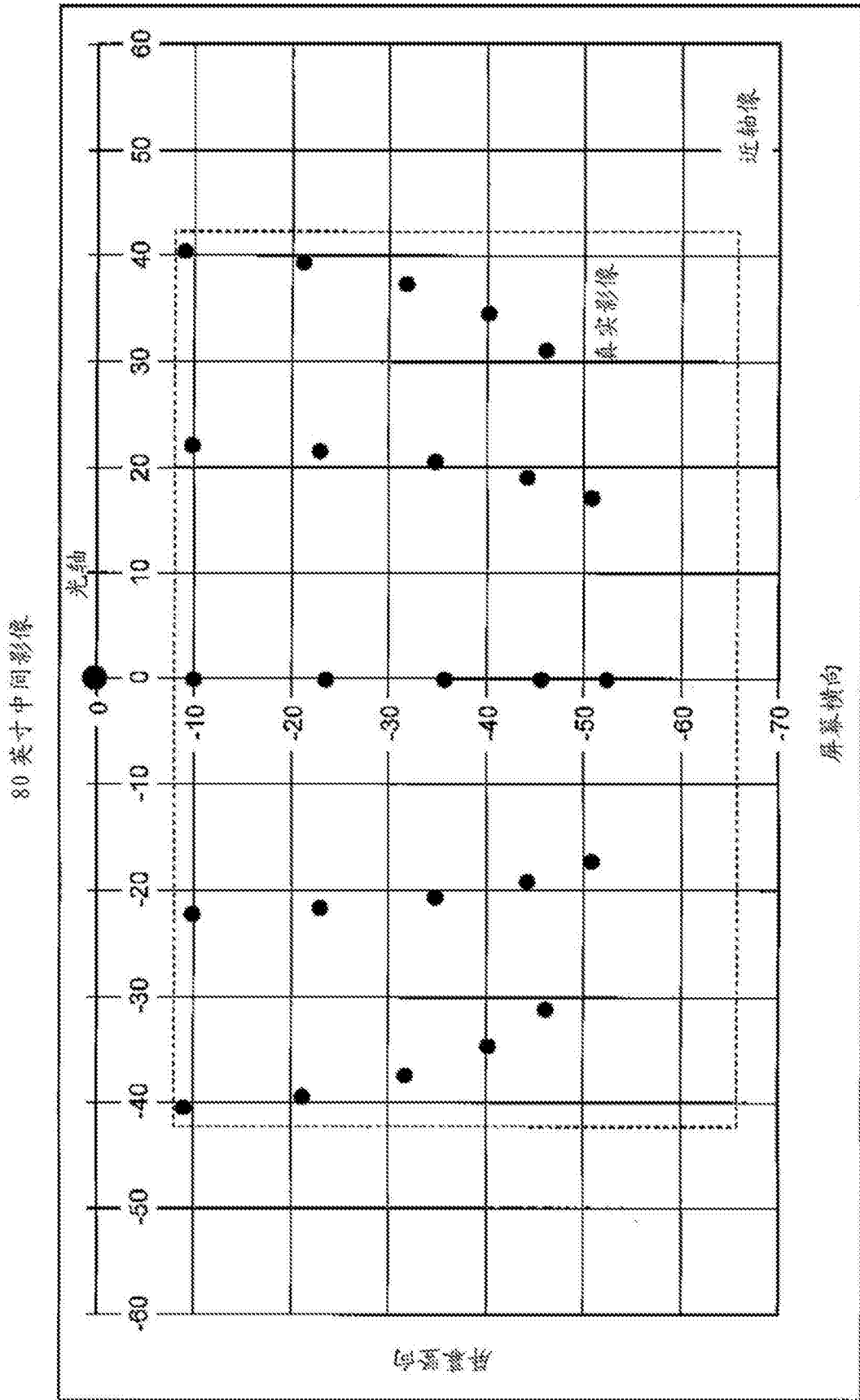


图21

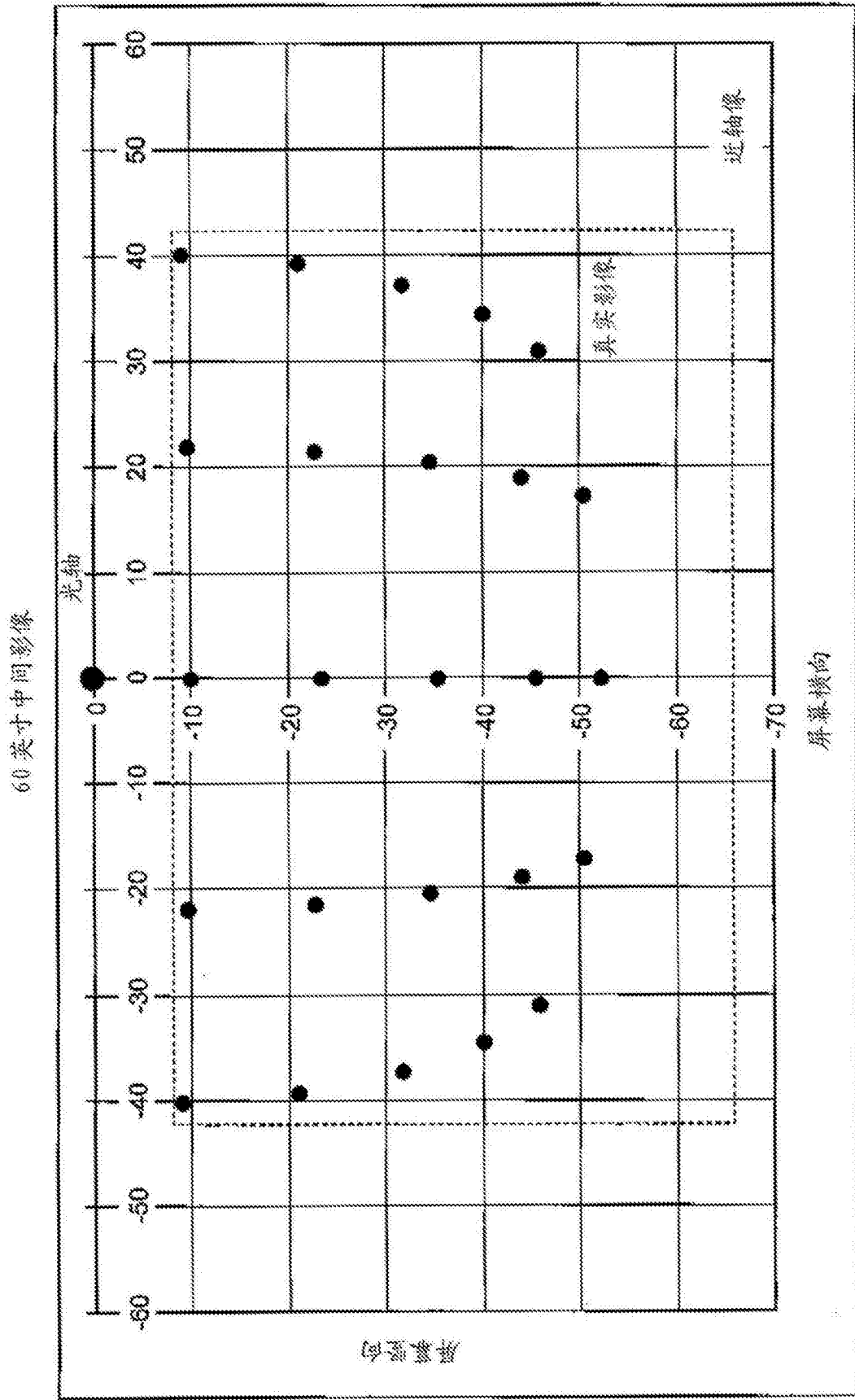


图22

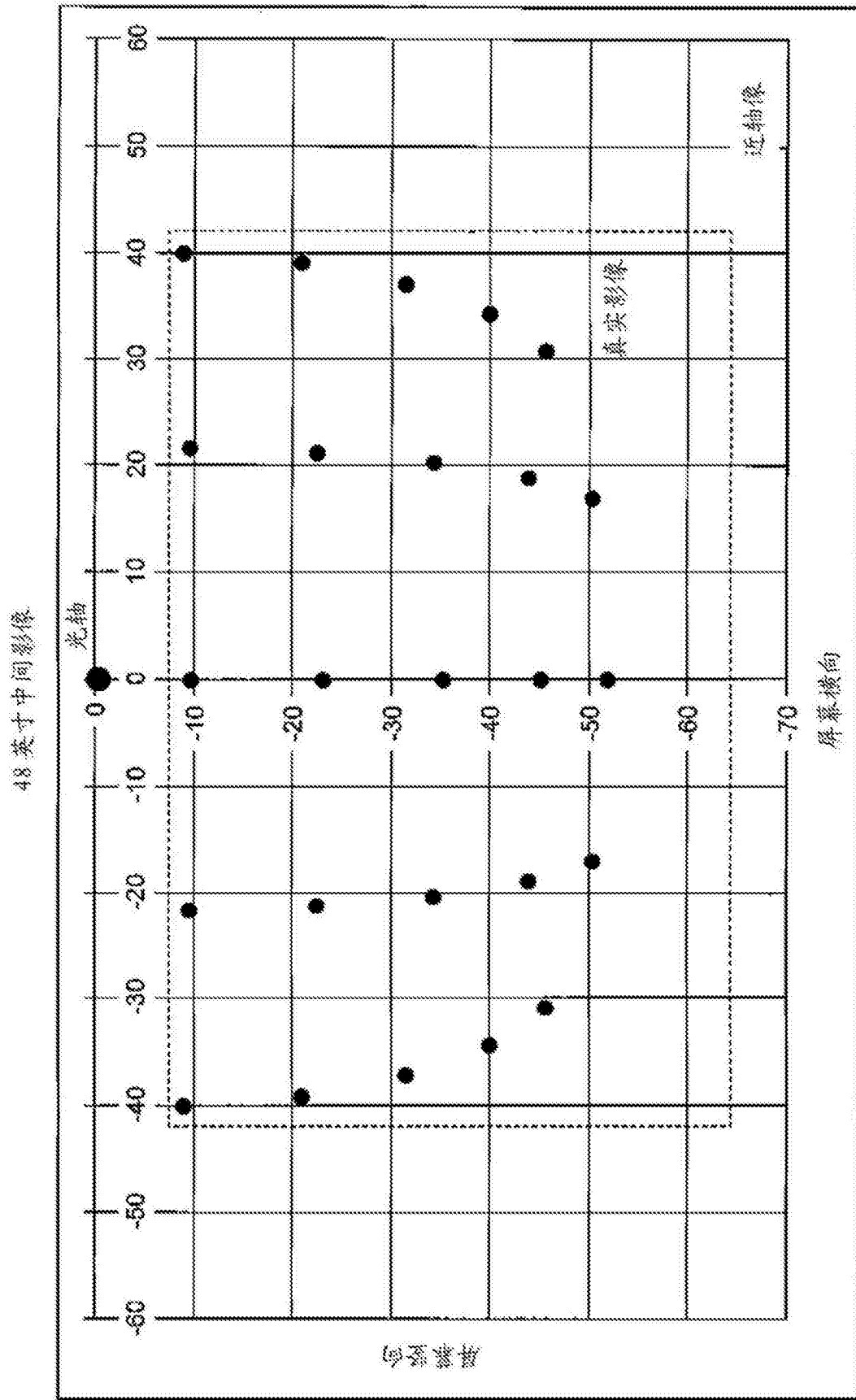


图23

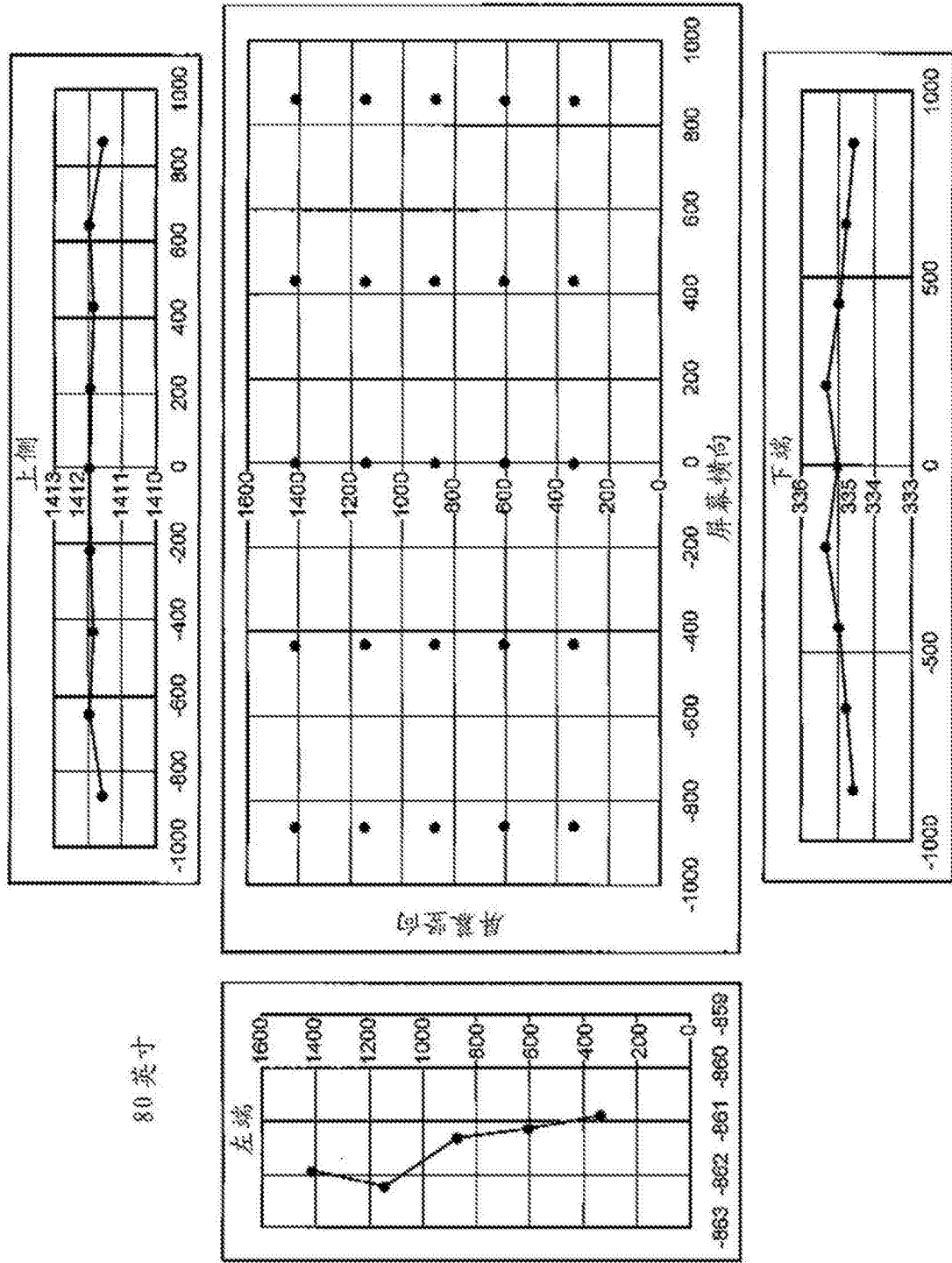


图24

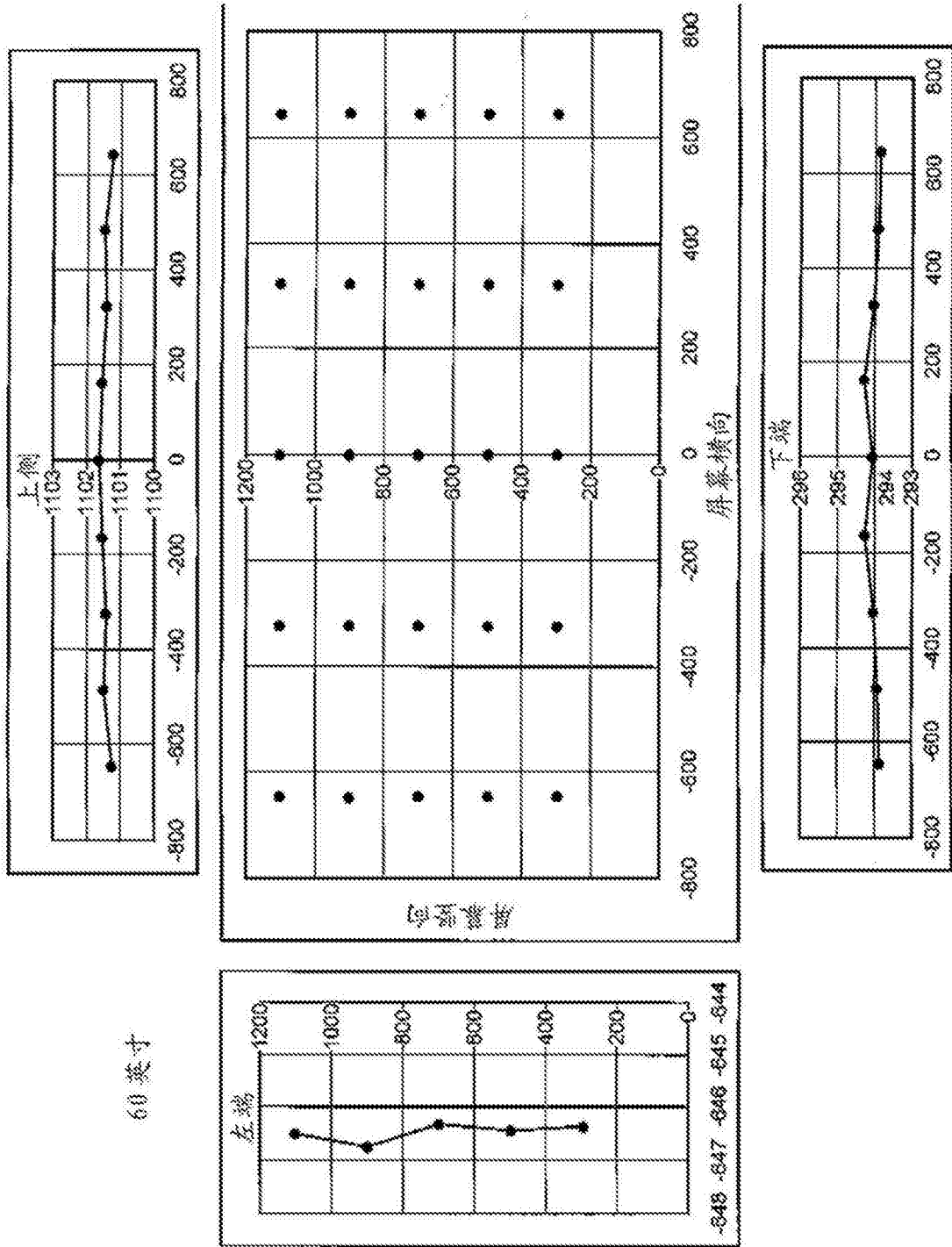


图25

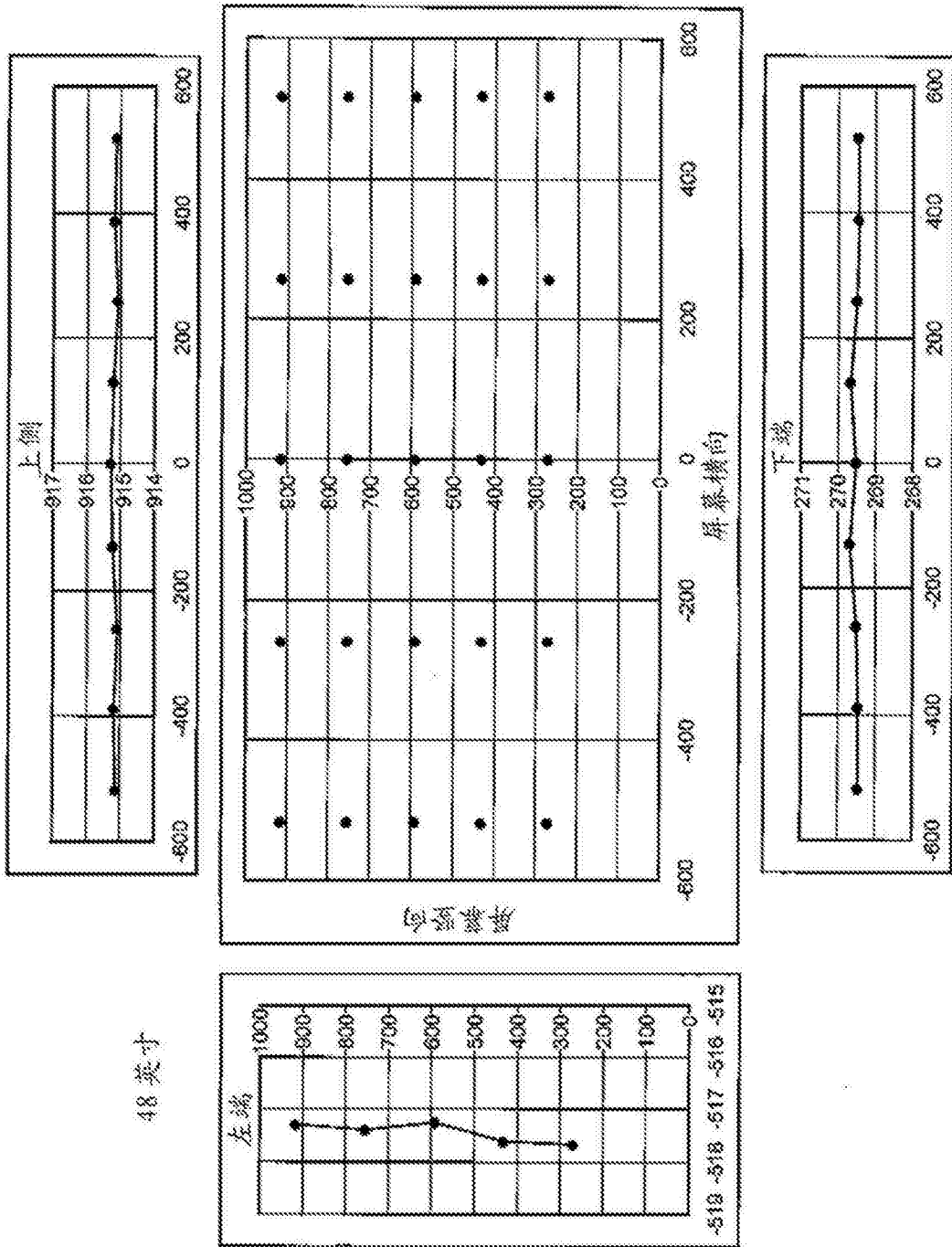
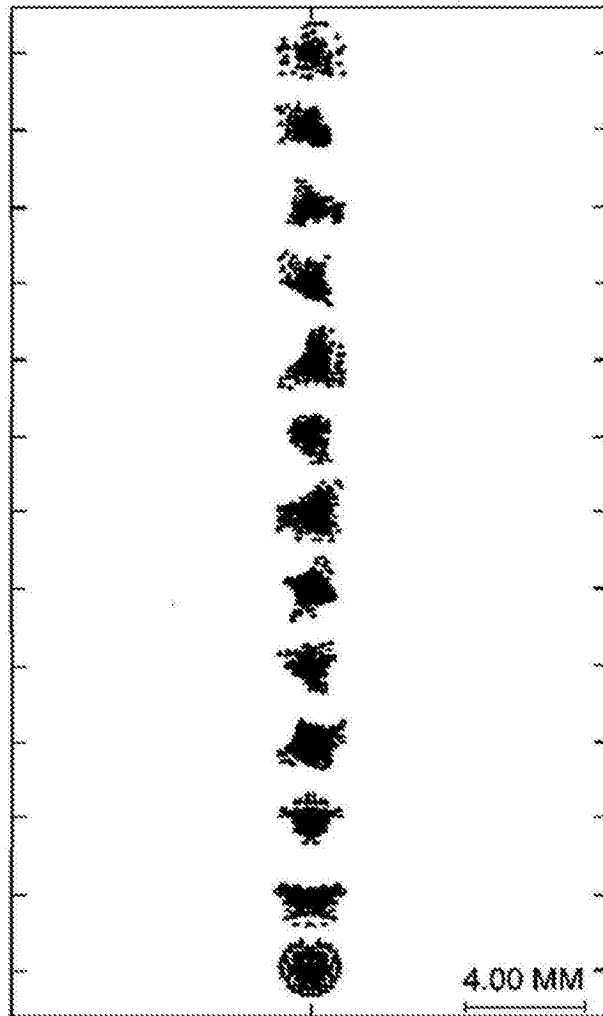


图26

80 英寸

视场位置

1.00, 1.00
-6.92, 8.640 MM
1.00, 0.50
-6.92, 4.320 MM
1.00, 0.00
-6.92, 0.000 MM
0.75, 0.75
-5.19, 6.480 MM
0.75, 0.25
-5.19, 2.160 MM
0.50, 1.00
-3.46, 8.640 MM
0.50, 0.50
-3.46, 4.320 MM
0.50, 0.00
-3.46, 0.000 MM
0.25, 0.75
-1.73, 6.480 MM
0.25, 0.25
-1.73, 2.160 MM
0.00, 1.00
0.000, 8.640 MM
0.00, 0.50
0.000, 4.320 MM
0.00, 0.00
0.000, 0.000 MM



散焦

0.00000

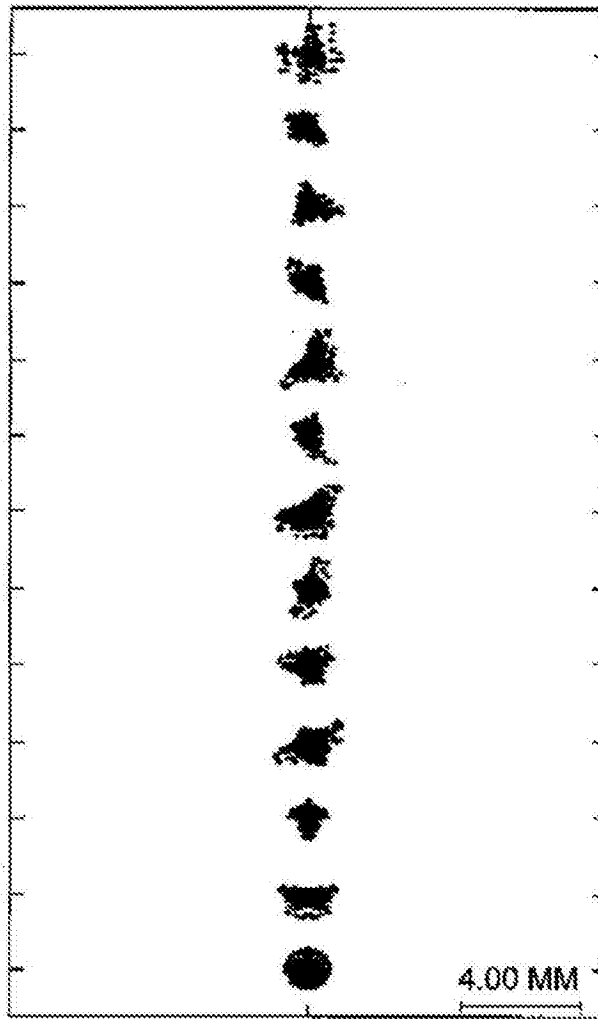
80
位置 1

图27

60 英寸

视场位置

- 1.00, 1.00
- 6.92, 8.640 MM
- 1.00, 0.50
- 6.92, 4.320 MM
- 1.00, 0.00
- 6.92, 0.000 MM
- 0.75, 0.75
- 5.19, 6.480 MM
- 0.75, 0.25
- 5.19, 2.160 MM
- 0.50, 1.00
- 3.46, 8.640 MM
- 0.50, 0.50
- 3.46, 4.320 MM
- 0.50, 0.00
- 3.46, 0.000 MM
- 0.25, 0.75
- 1.73, 6.480 MM
- 0.25, 0.25
- 1.73, 2.160 MM
- 0.00, 1.00
- 0.000, 8.640 MM
- 0.00, 0.50
- 0.000, 4.320 MM
- 0.00, 0.00
- 0.000, 0.000 MM



散焦

60

位置 2

图28

48英寸

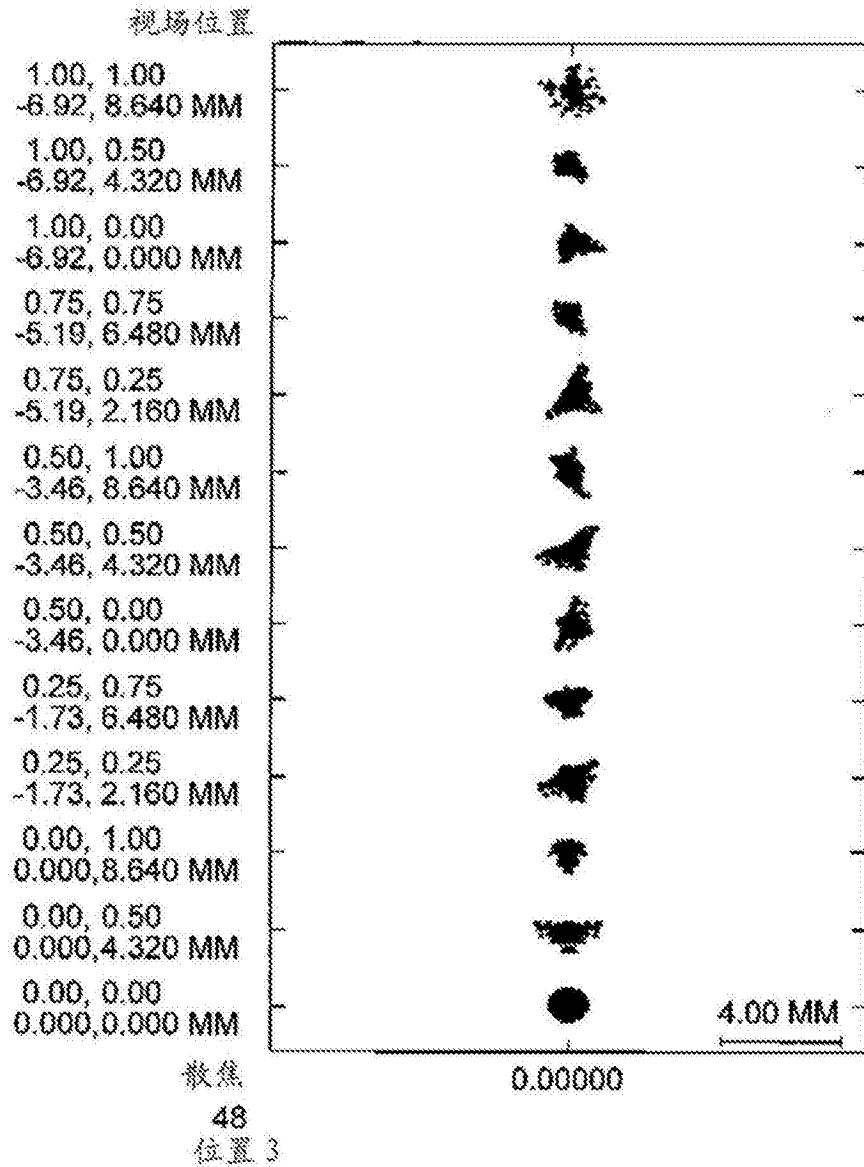


图29

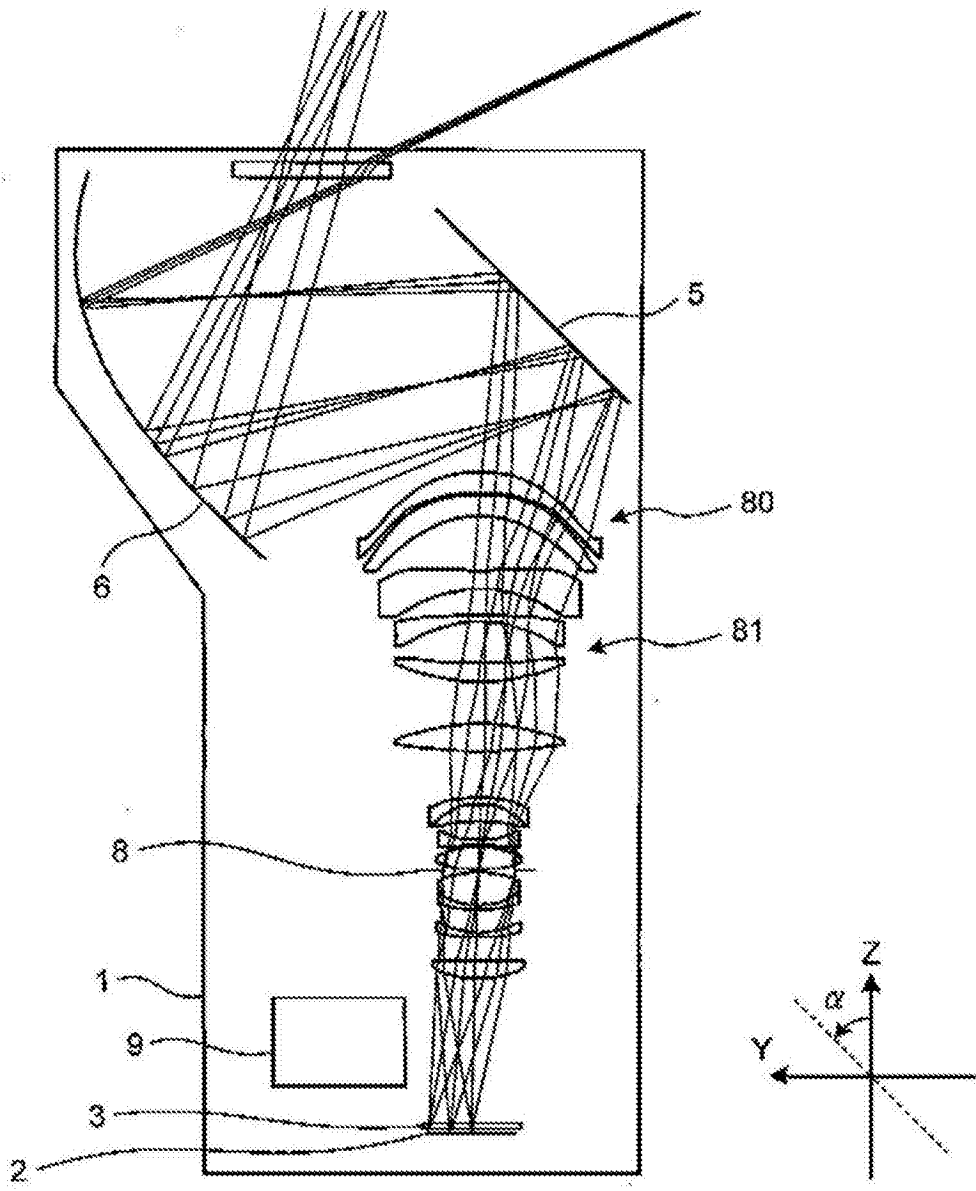


图30

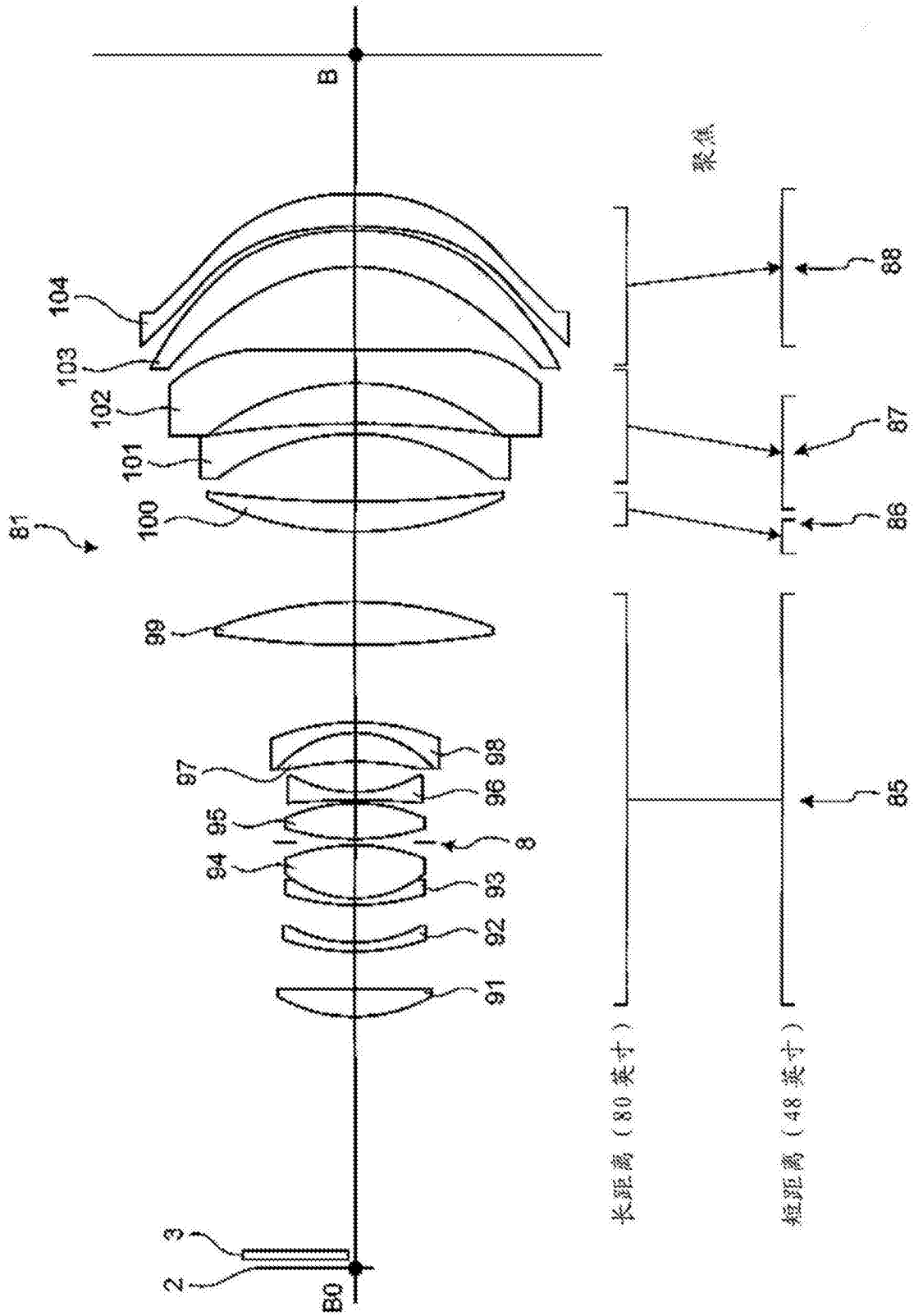


图31

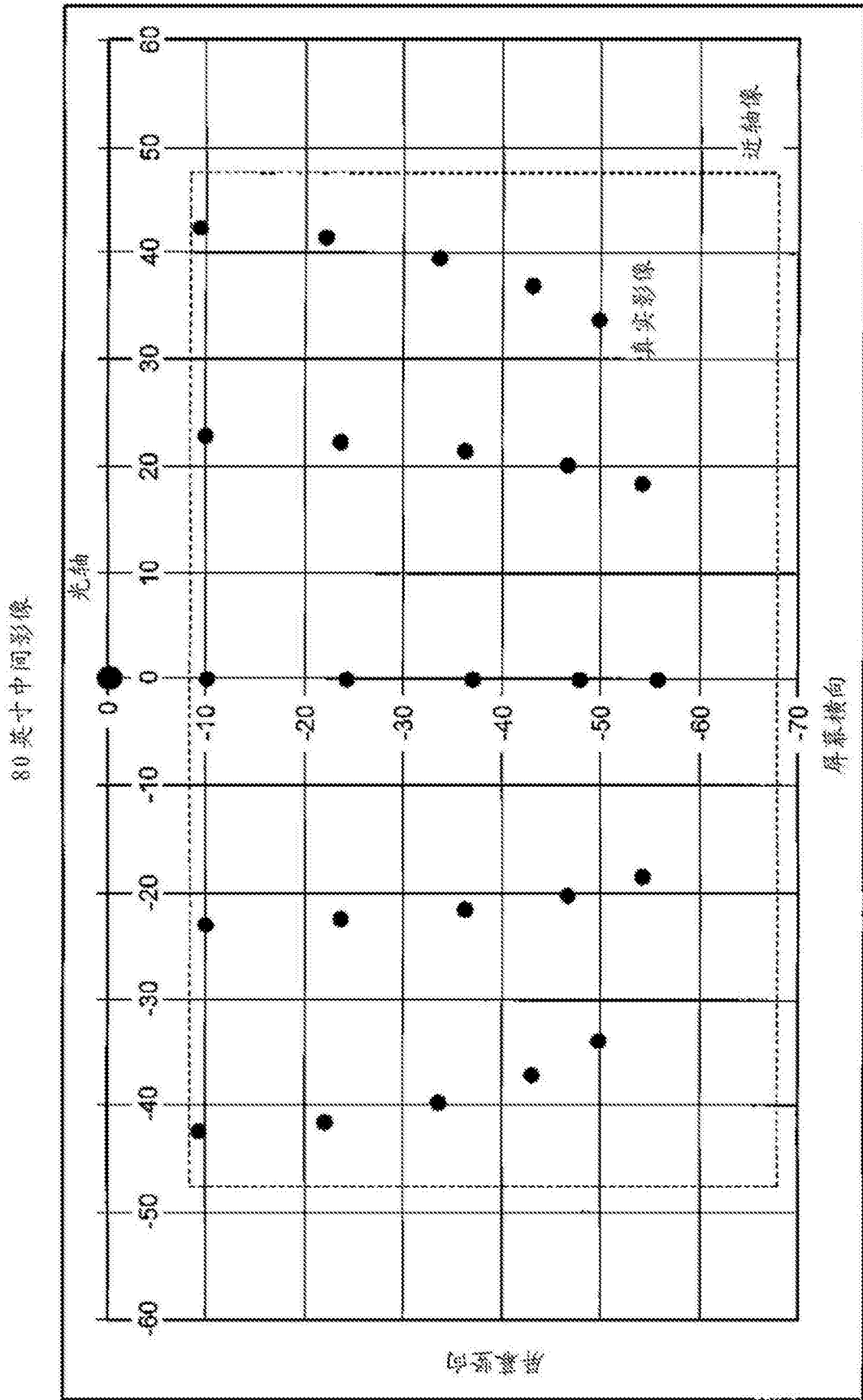


图32

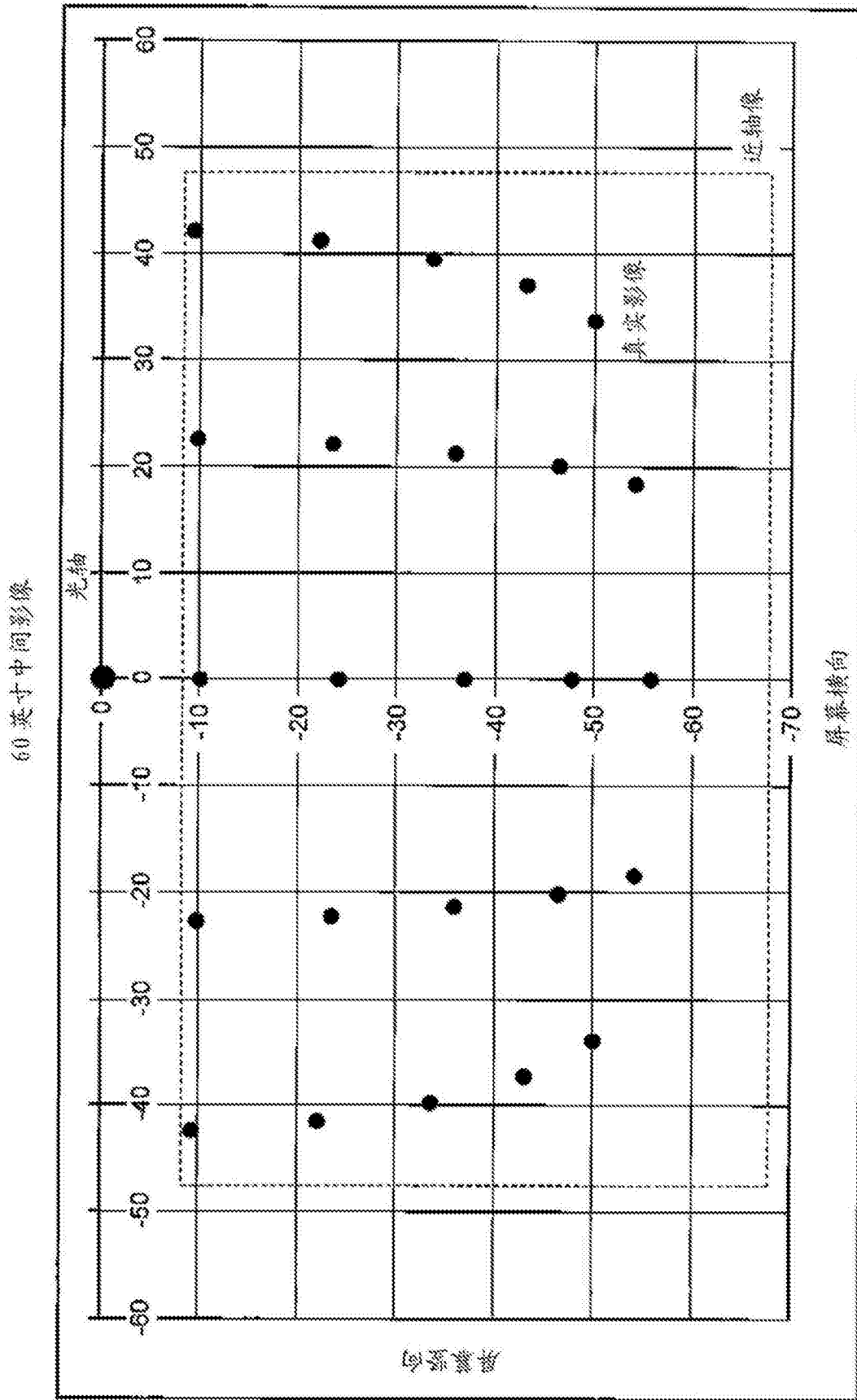


图33

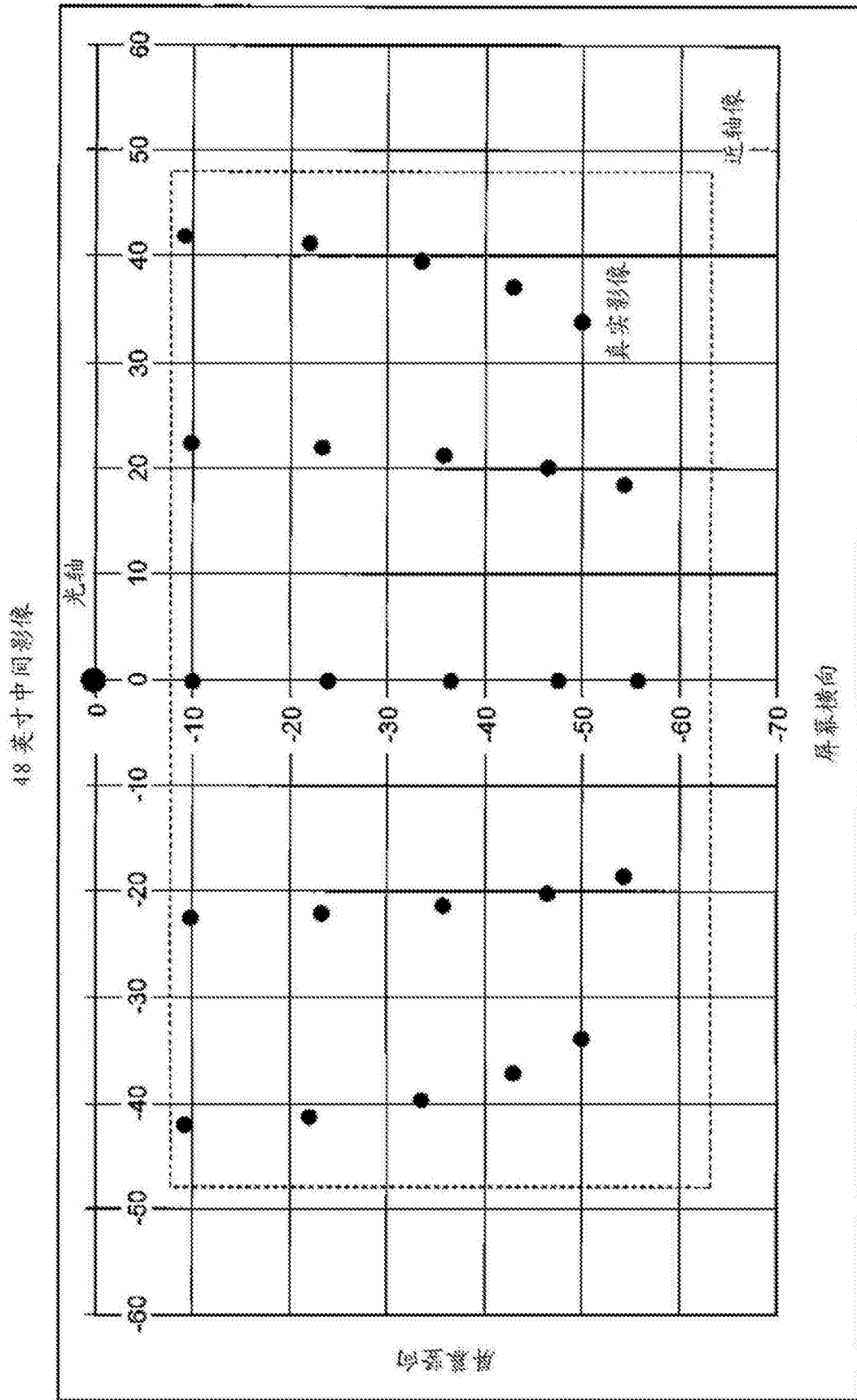


图34

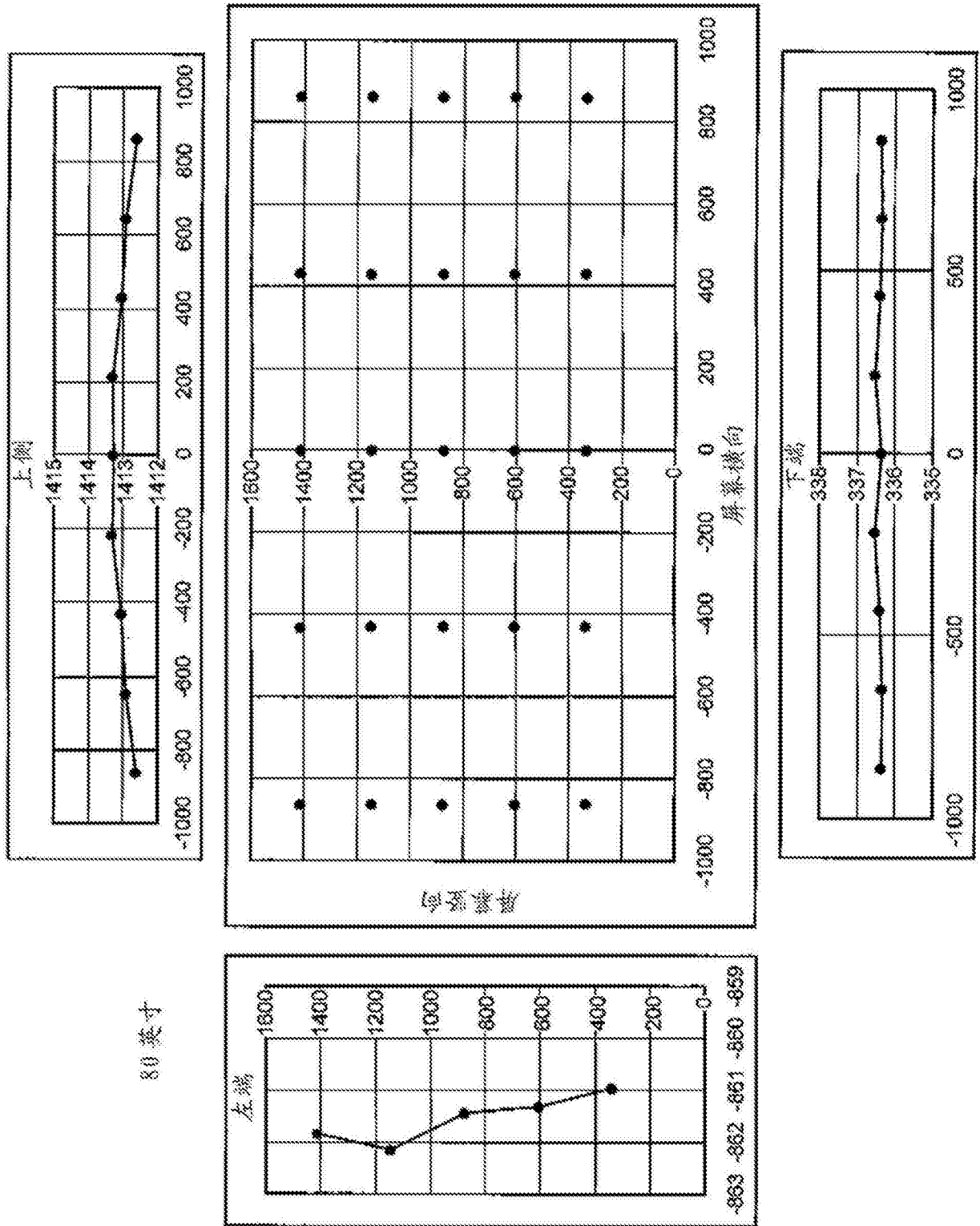


图35

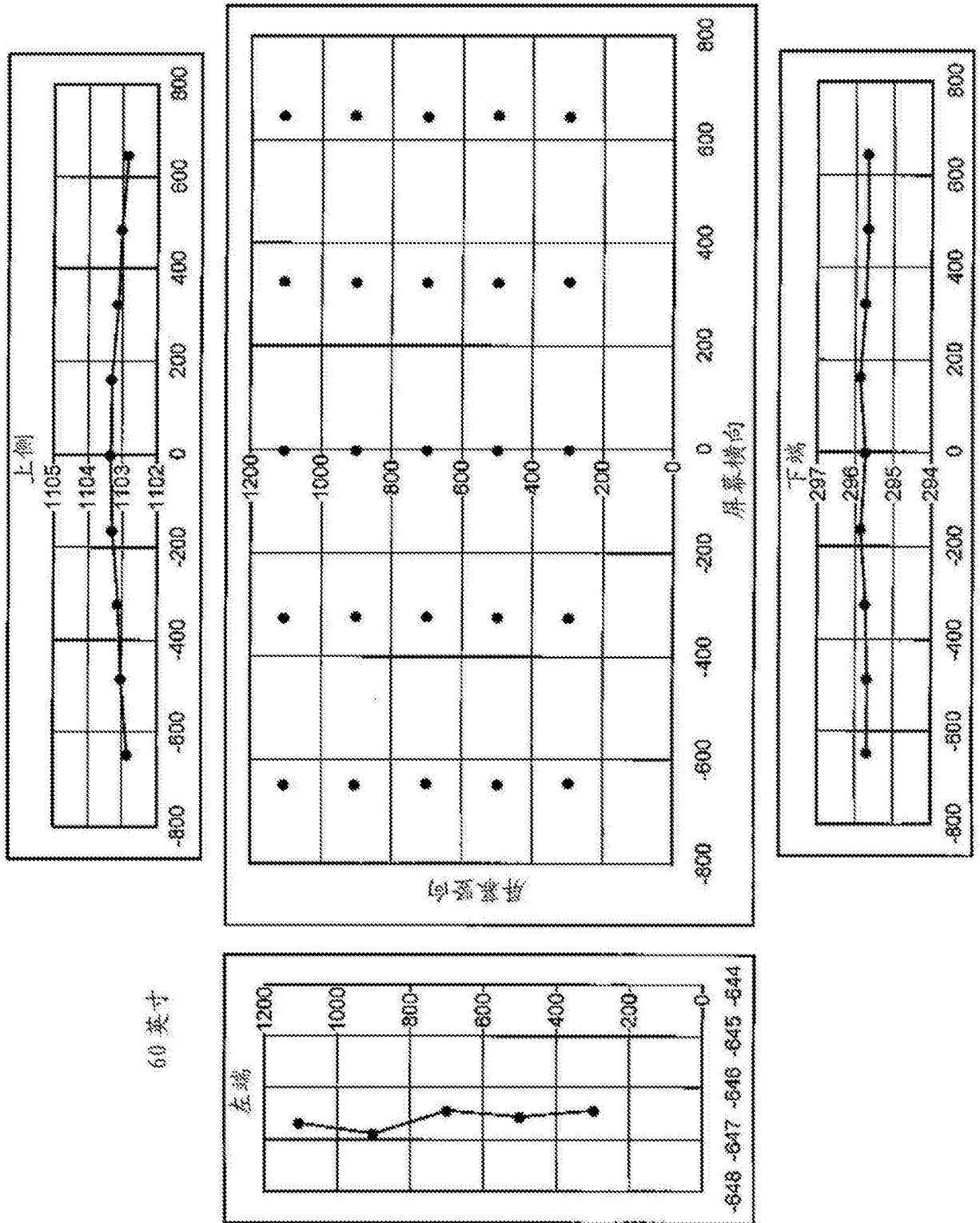


图36

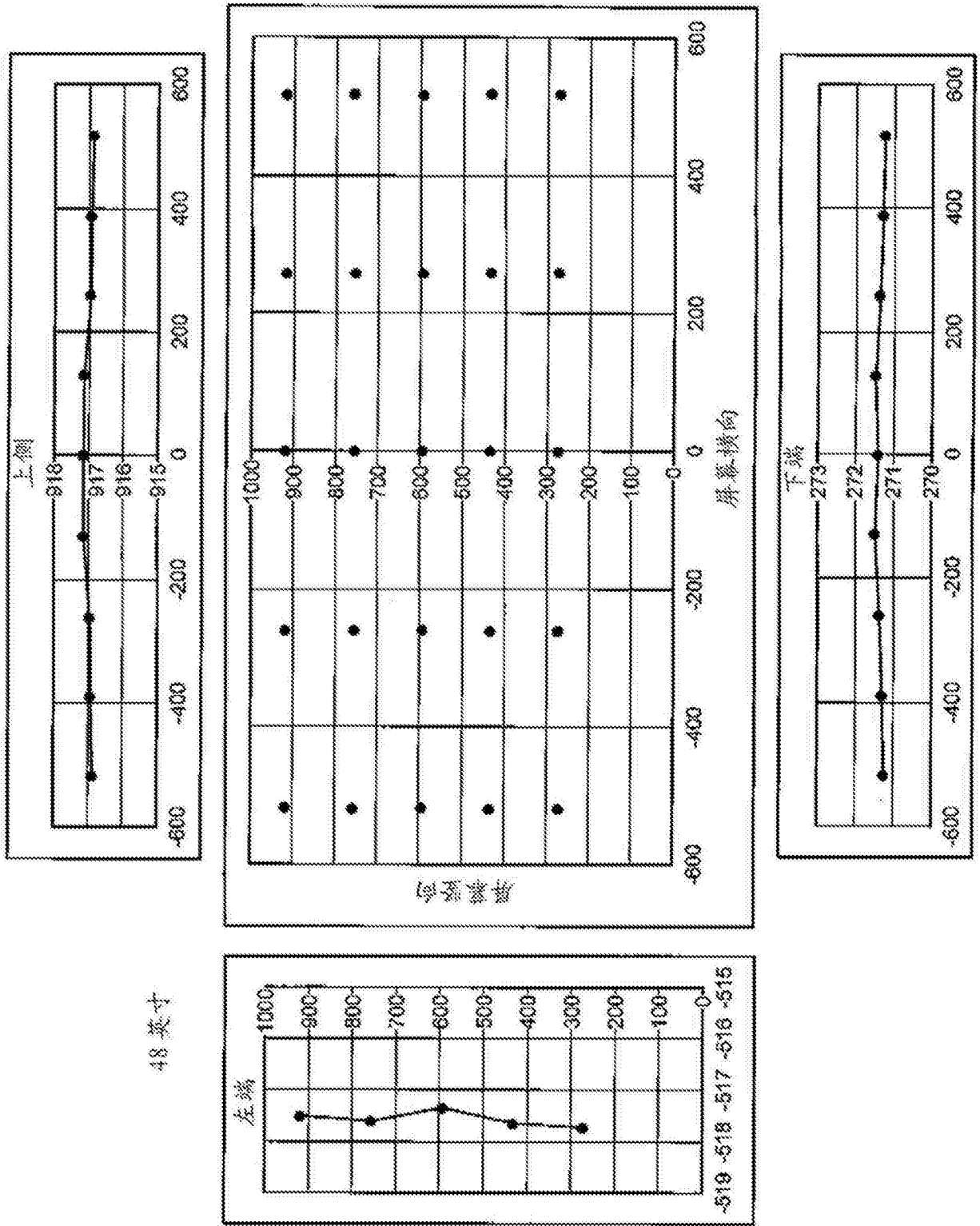


图37

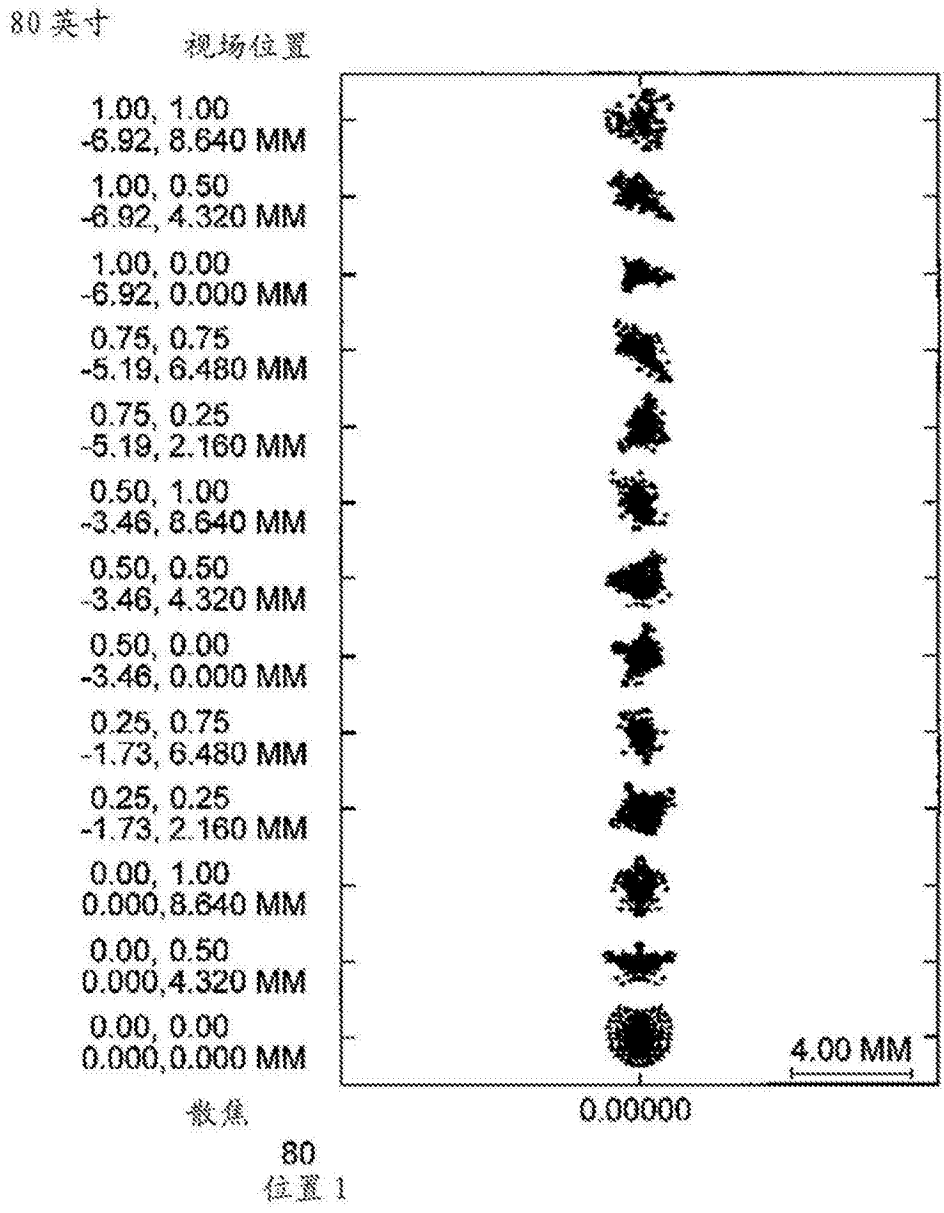
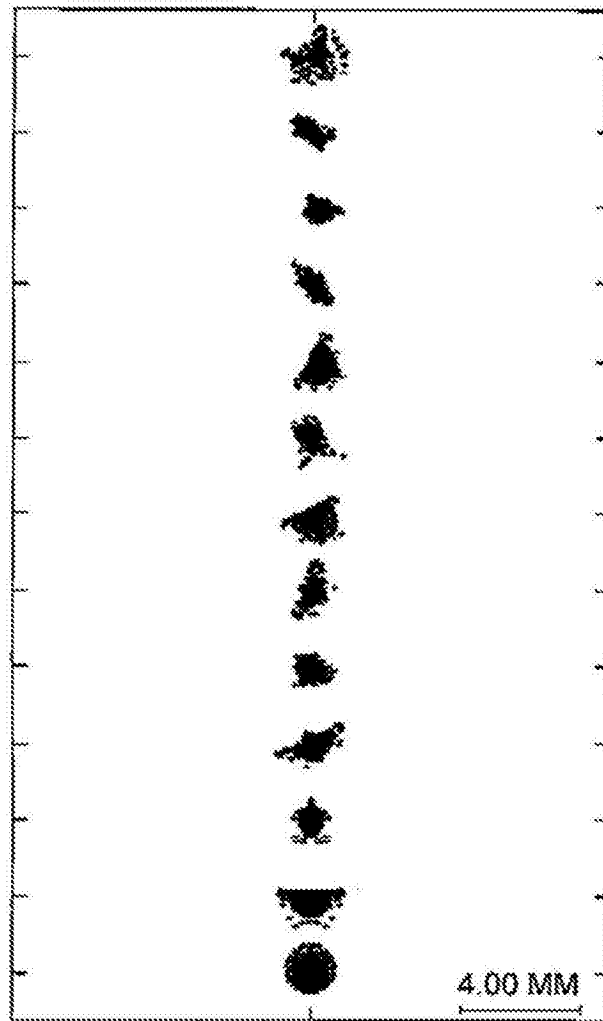


图38

60 英寸

视场位置

1.00, 1.00
-6.92, 8.640 MM
1.00, 0.50
-6.92, 4.320 MM
1.00, 0.00
-6.92, 0.000 MM
0.75, 0.75
-5.19, 6.480 MM
0.75, 0.25
-5.19, 2.160 MM
0.50, 1.00
-3.46, 8.640 MM
0.50, 0.50
-3.46, 4.320 MM
0.50, 0.00
-3.46, 0.000 MM
0.25, 0.75
-1.73, 6.480 MM
0.25, 0.25
-1.73, 2.160 MM
0.00, 1.00
0.000, 8.640 MM
0.00, 0.50
0.000, 4.320 MM
0.00, 0.00
0.000, 0.000 MM



散焦

0.00000

60
位置 2

图39

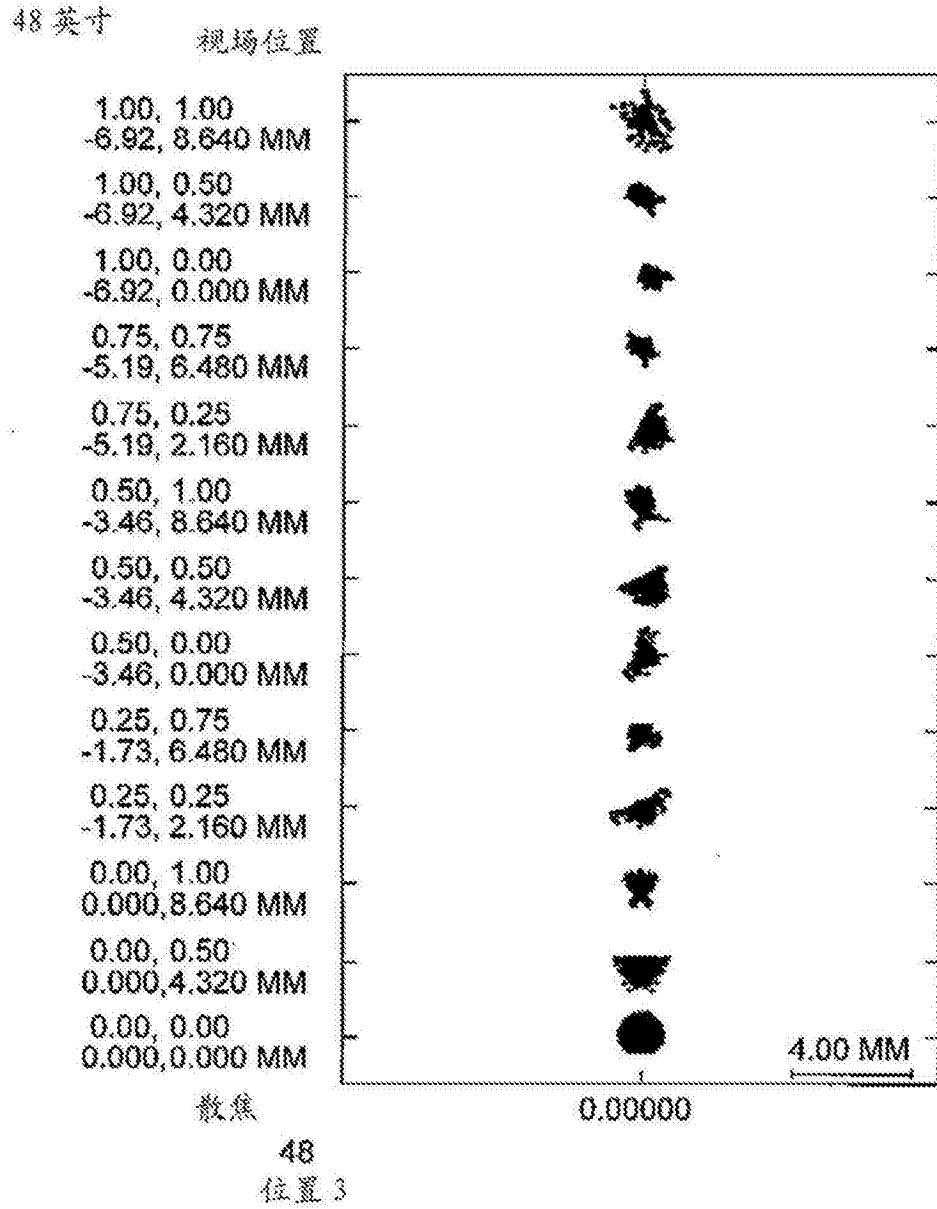


图40

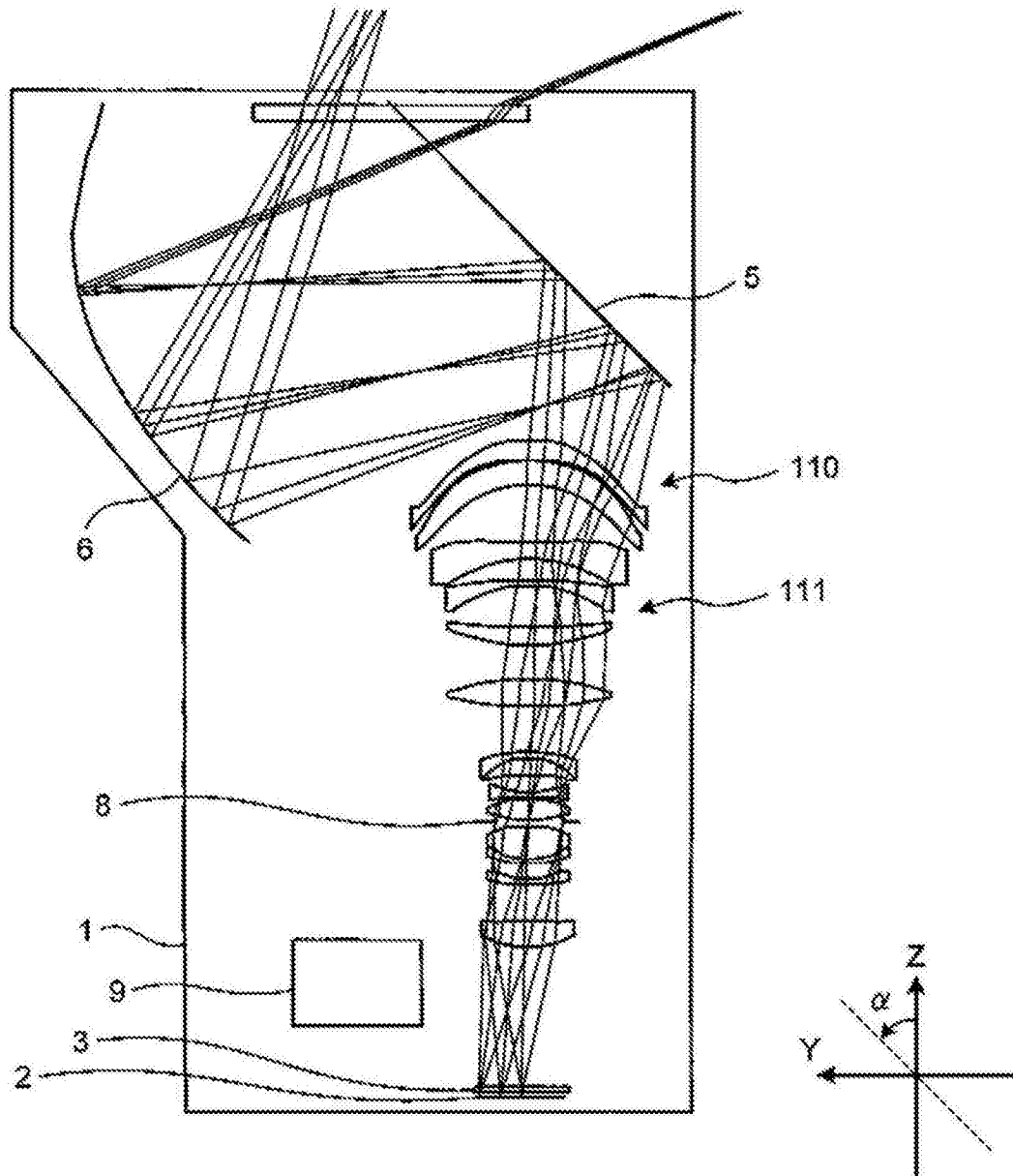


图41

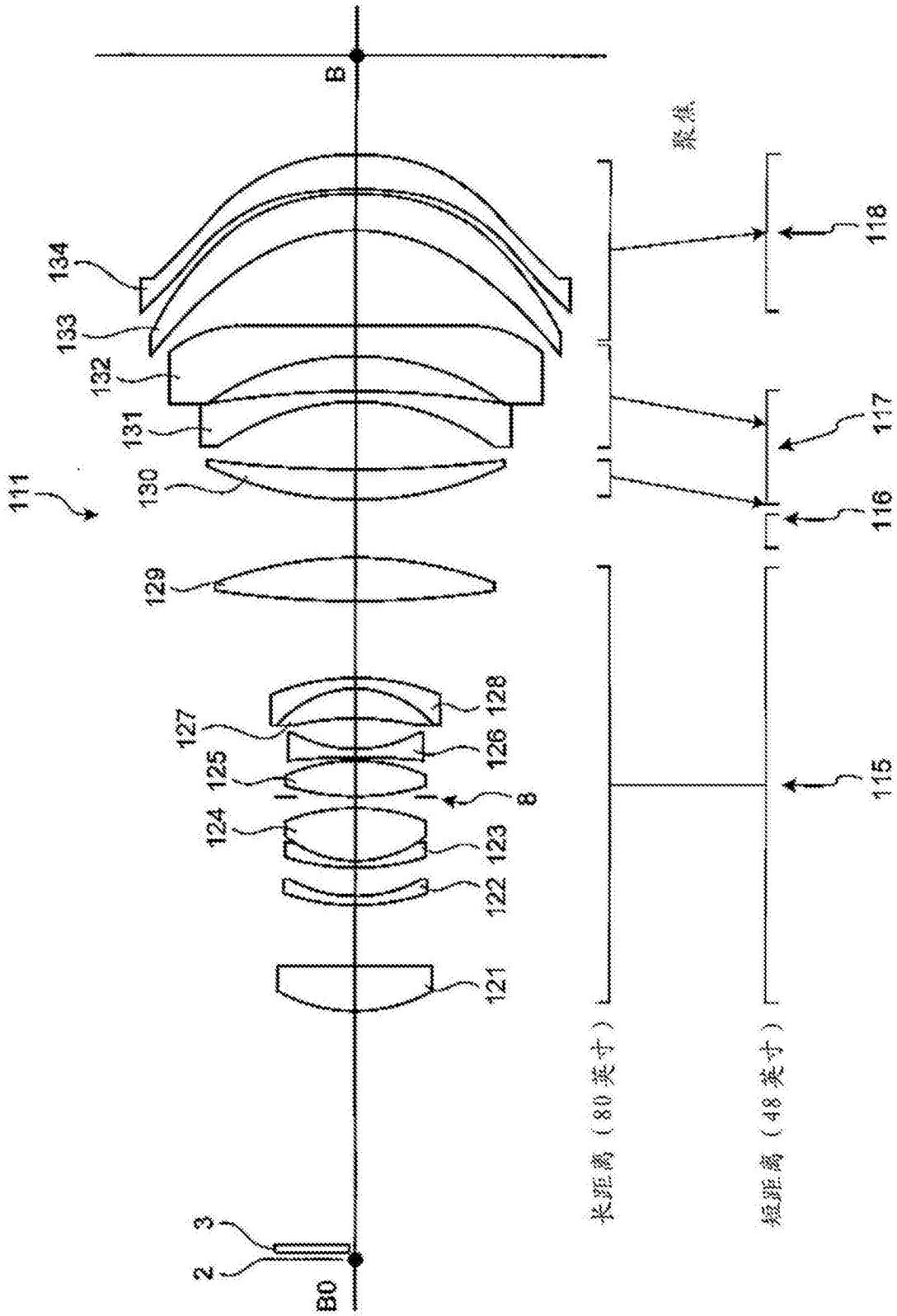


图42

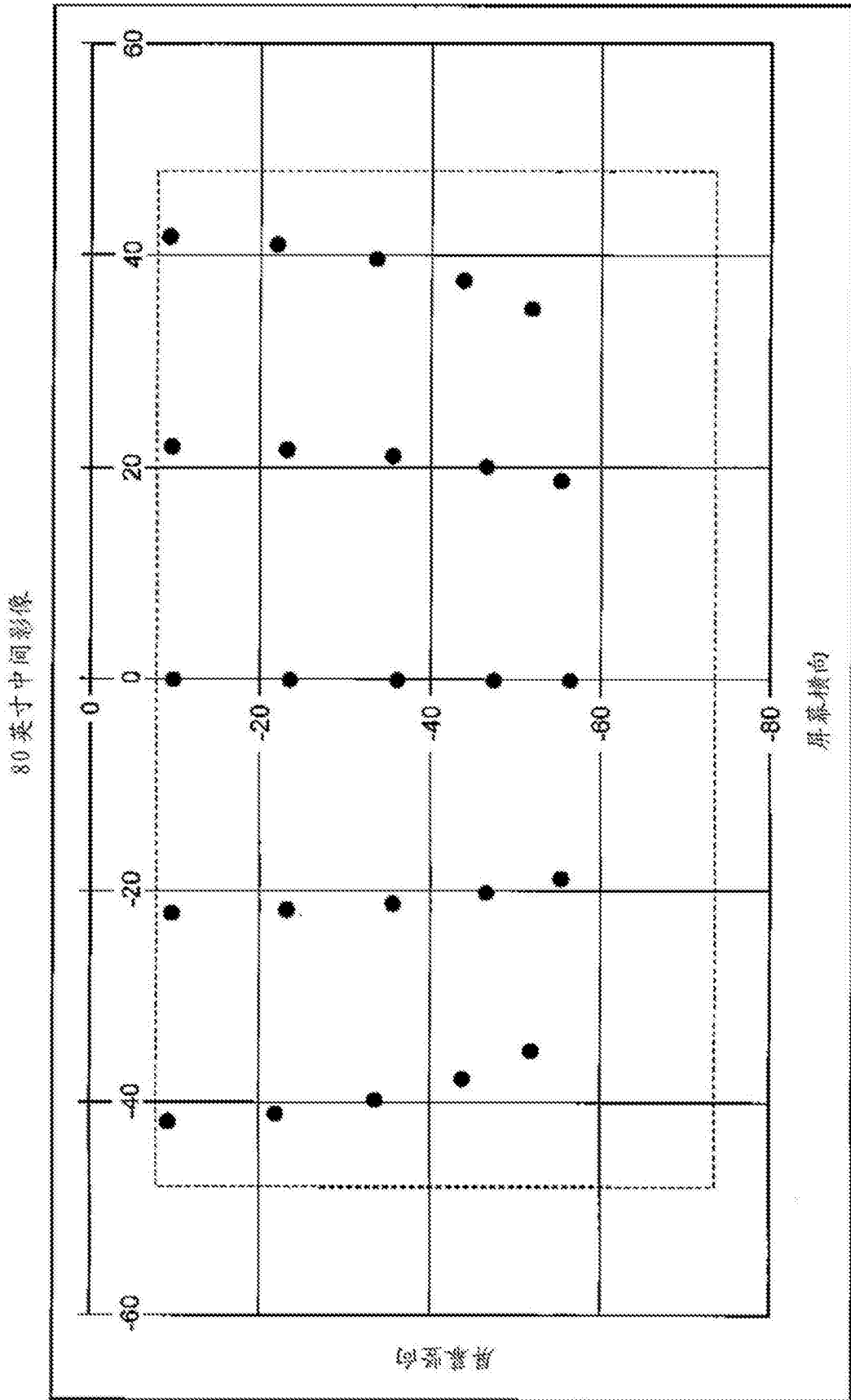


图43

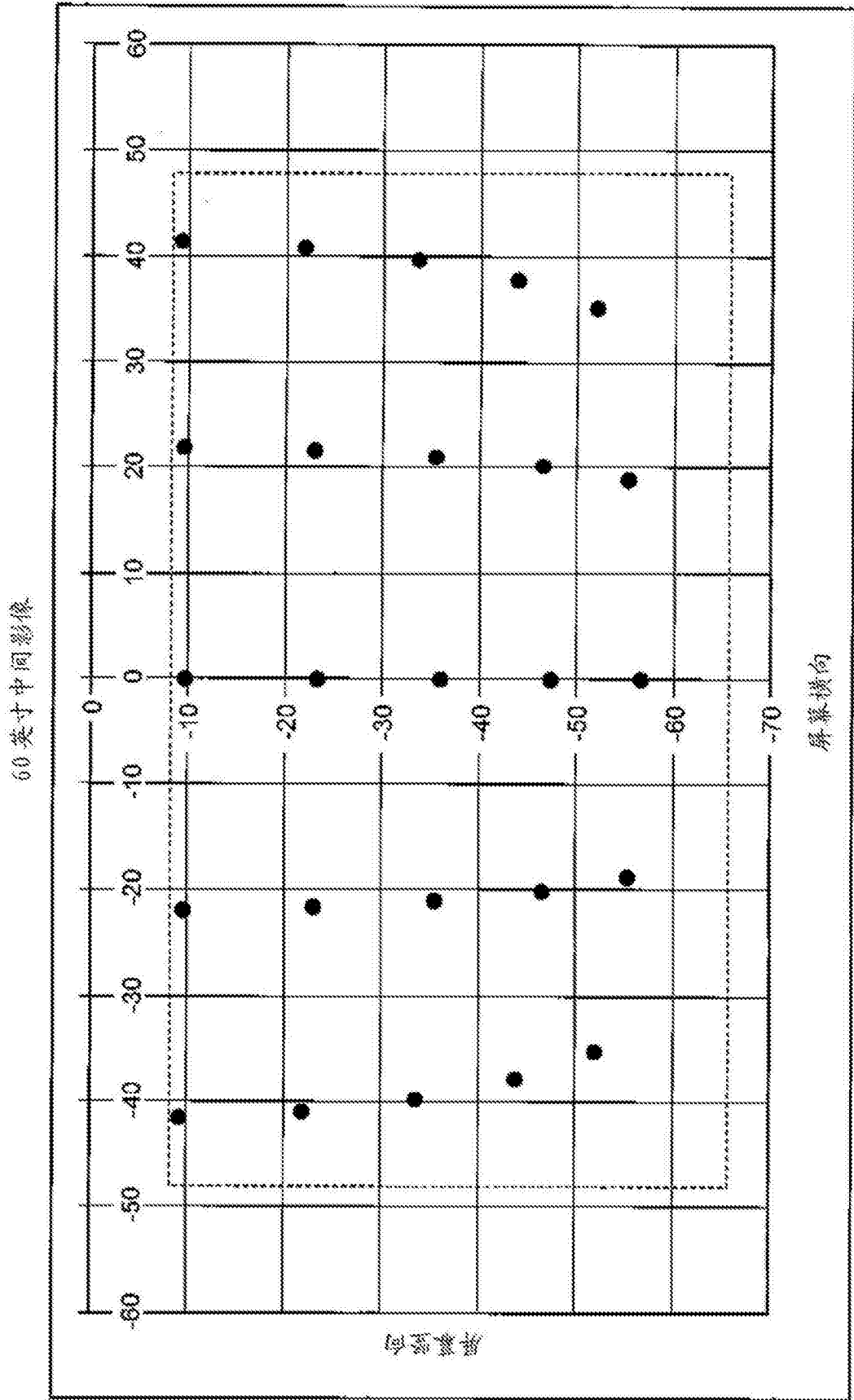


图44

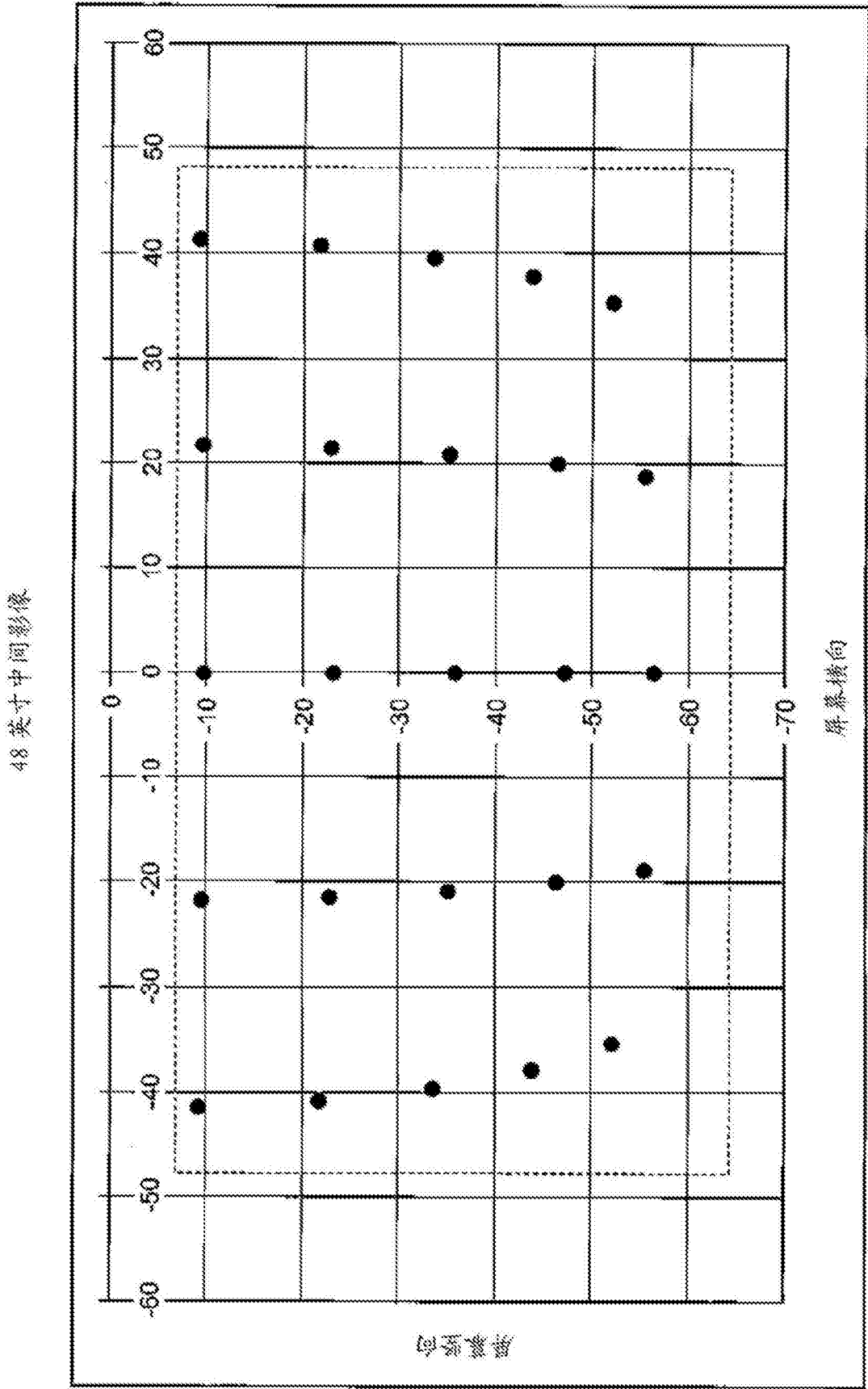


图45

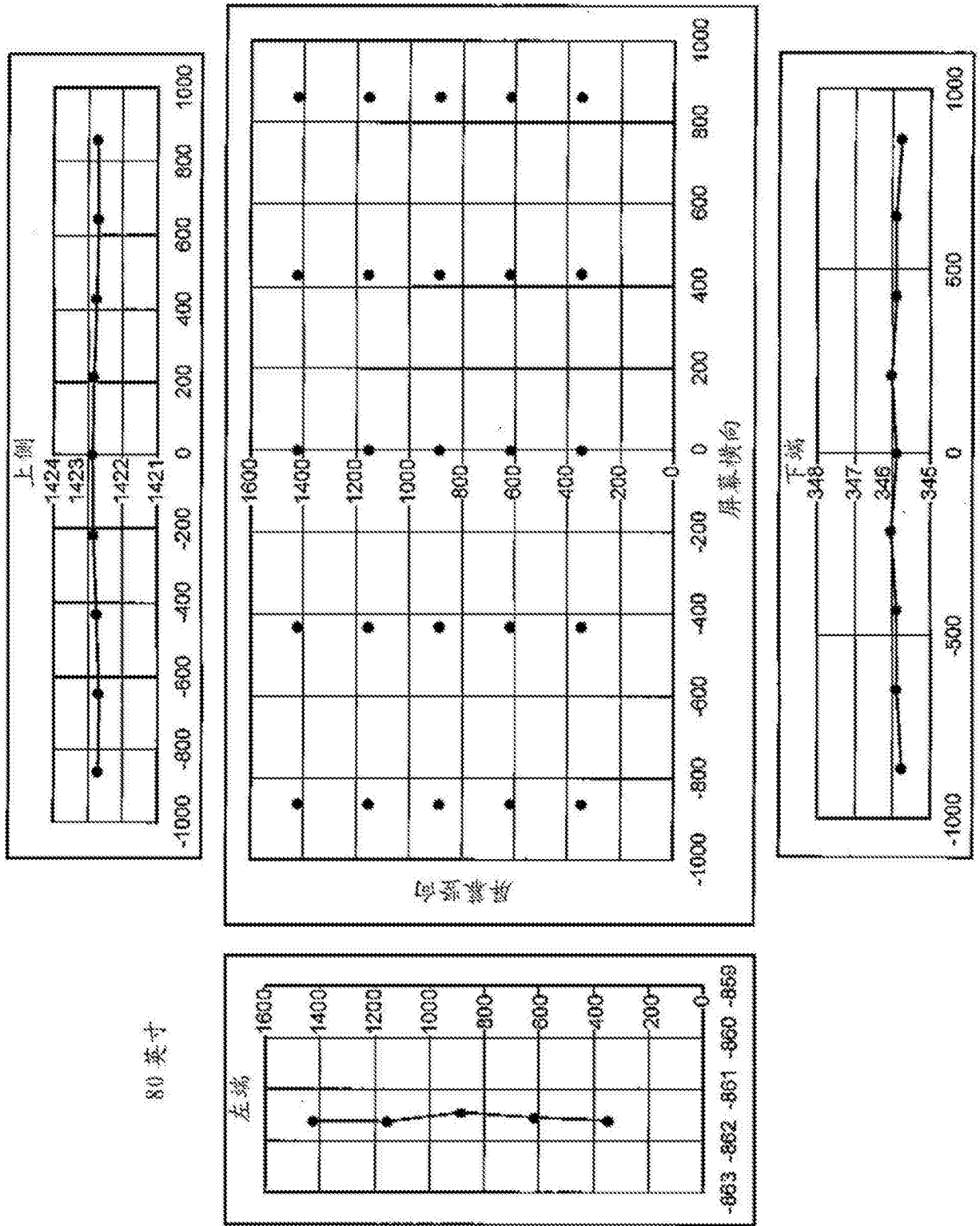


图46

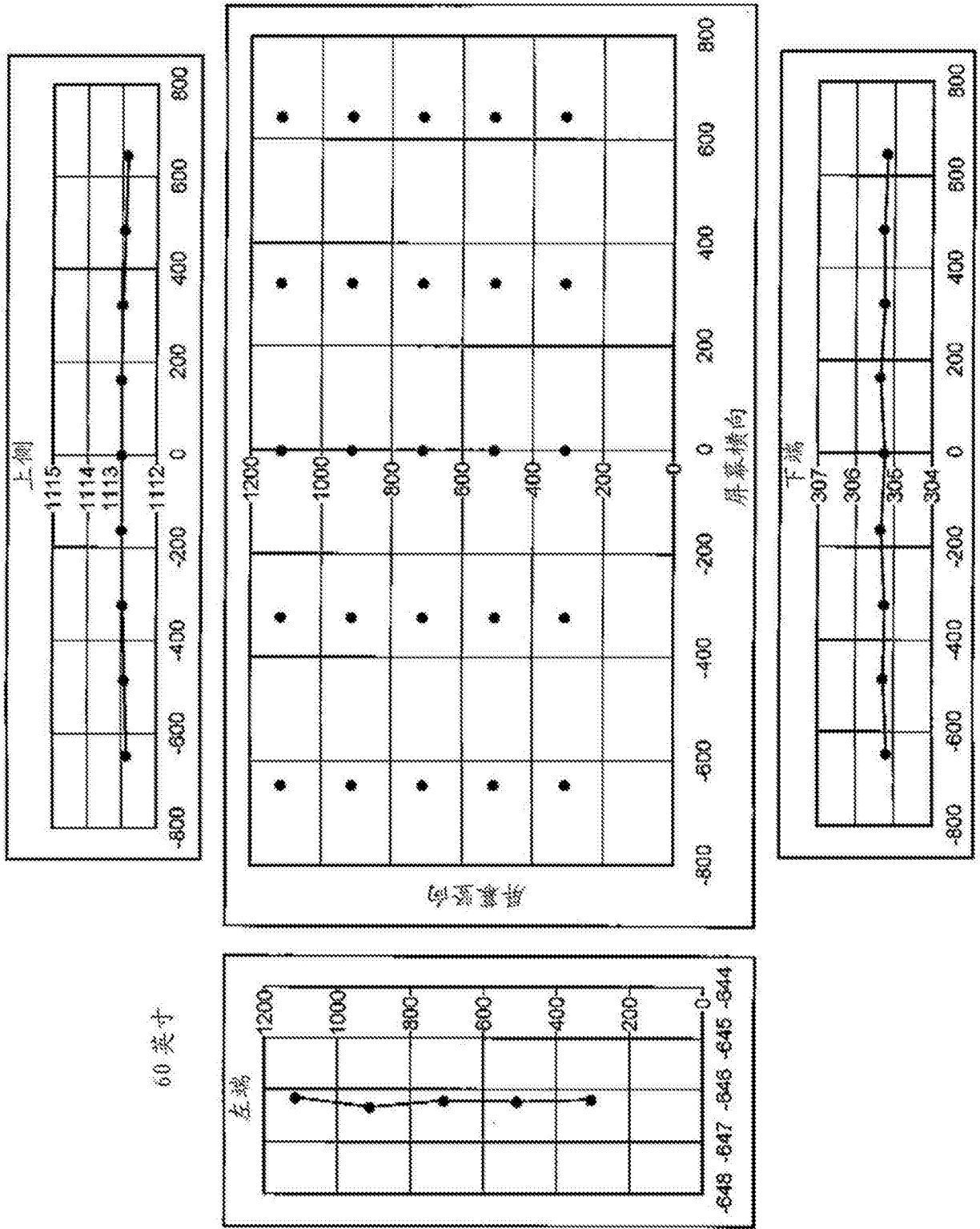


图47

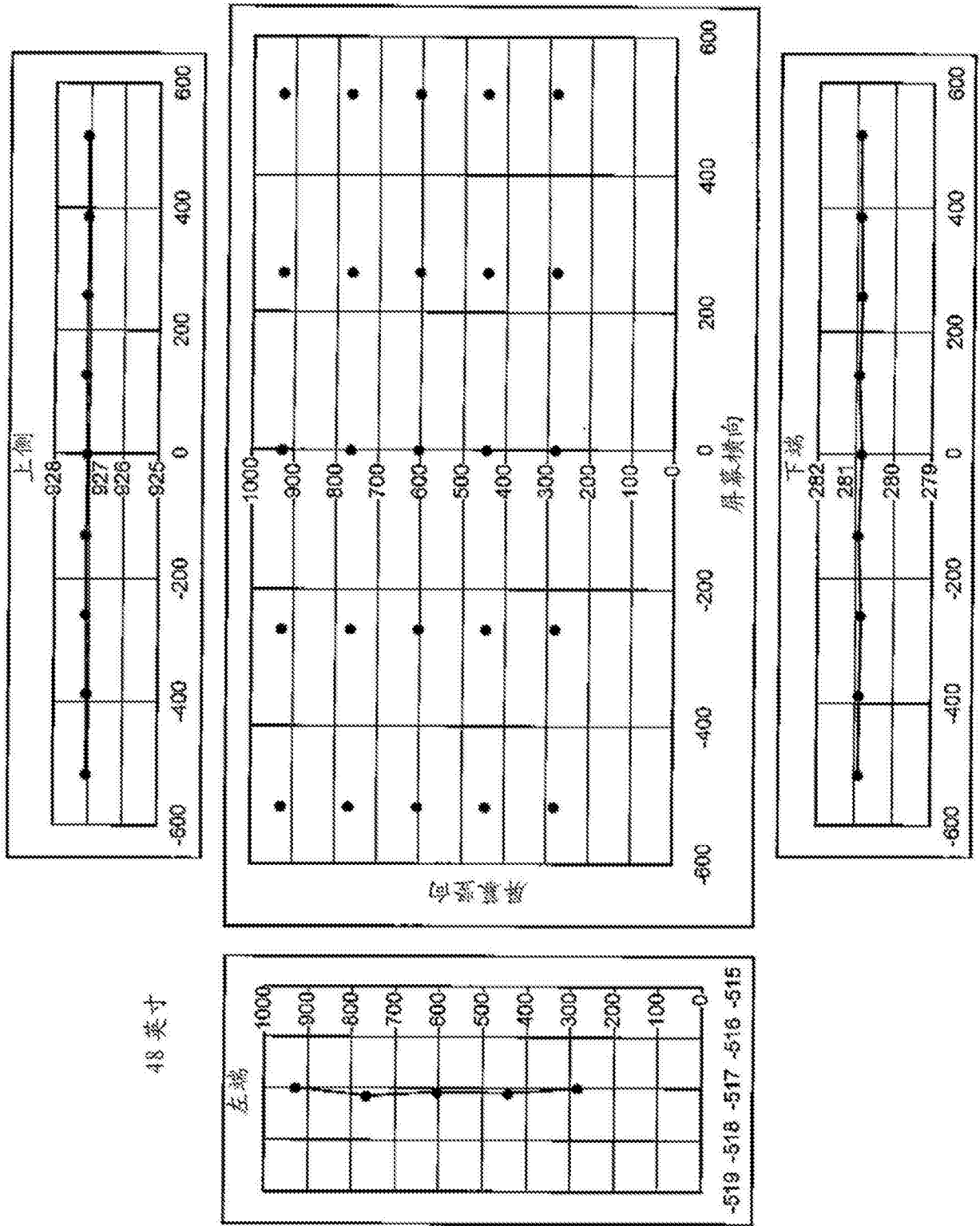
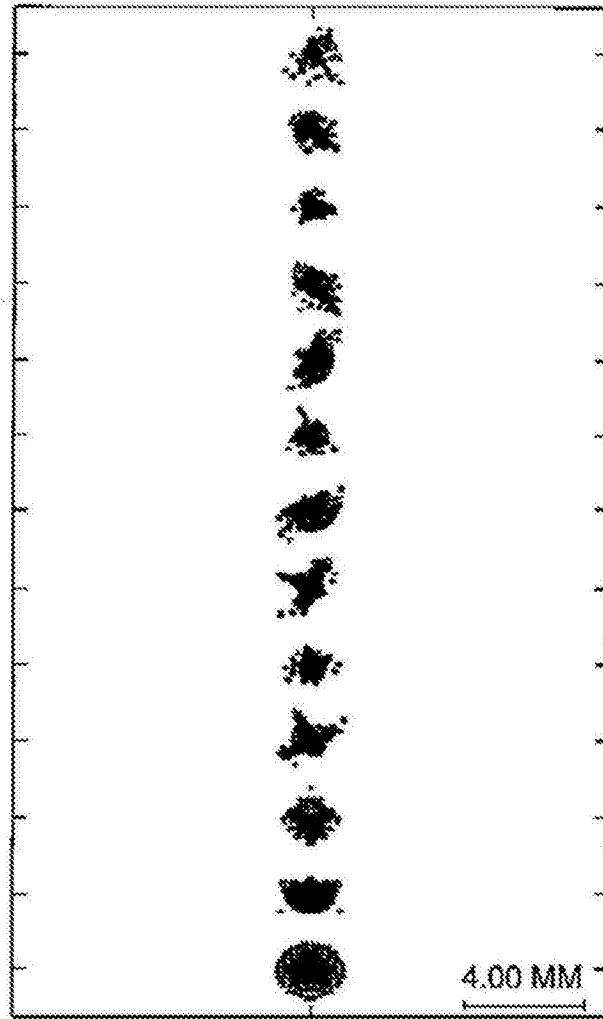


图48

80 英寸

视场位置

1.00, 1.00
-6.92, 8.640 MM
1.00, 0.50
-6.92, 4.320 MM
1.00, 0.00
-6.92, 0.000 MM
0.75, 0.75
-5.19, 6.480 MM
0.75, 0.25
-5.19, 2.160 MM
0.50, 1.00
-3.46, 8.640 MM
0.50, 0.50
-3.46, 4.320 MM
0.50, 0.00
-3.46, 0.000 MM
0.25, 0.75
-1.73, 6.480 MM
0.25, 0.25
-1.73, 2.160 MM
0.00, 1.00
0.000, 8.640 MM
0.00, 0.50
0.000, 4.320 MM
0.00, 0.00
0.000, 0.000 MM



散焦

0.00000

80
位置 1

图49

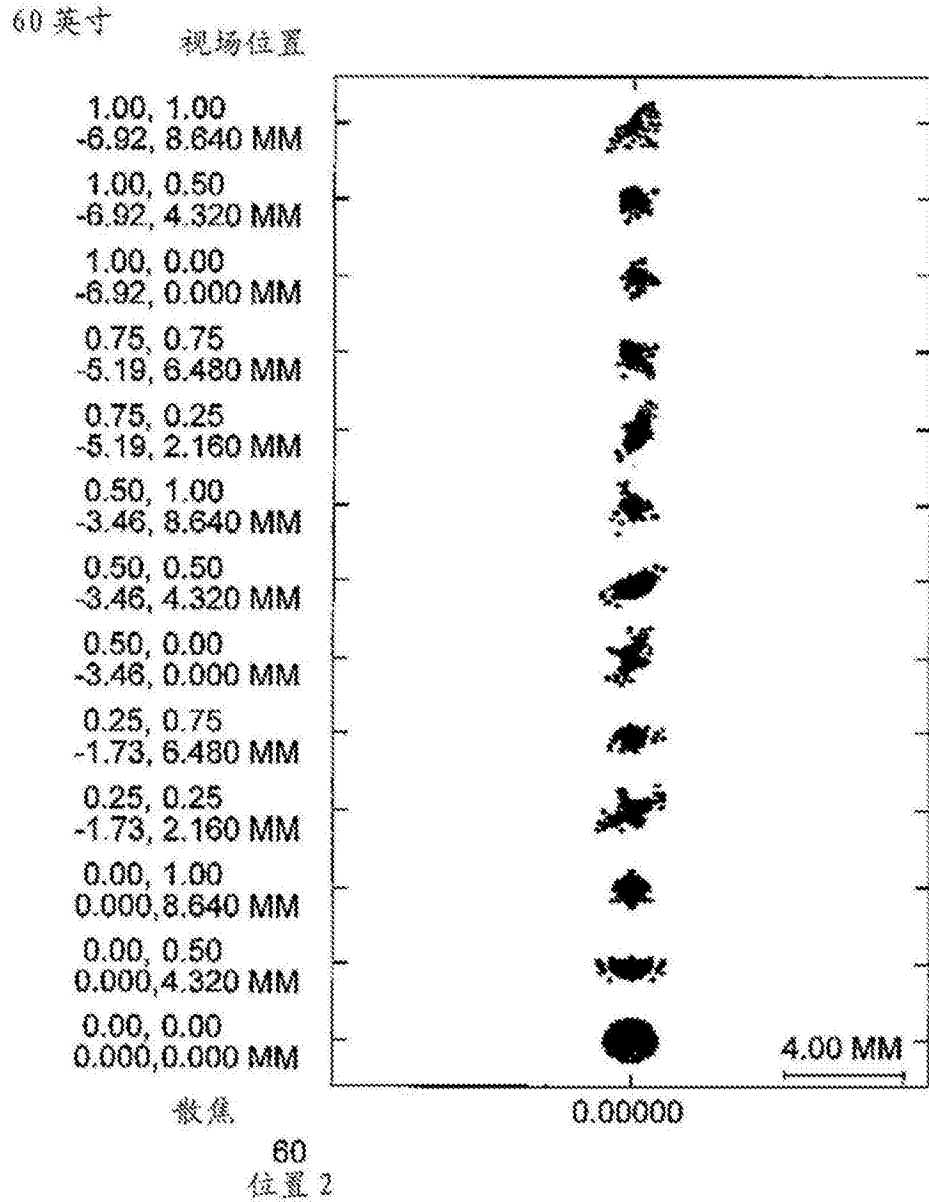


图50

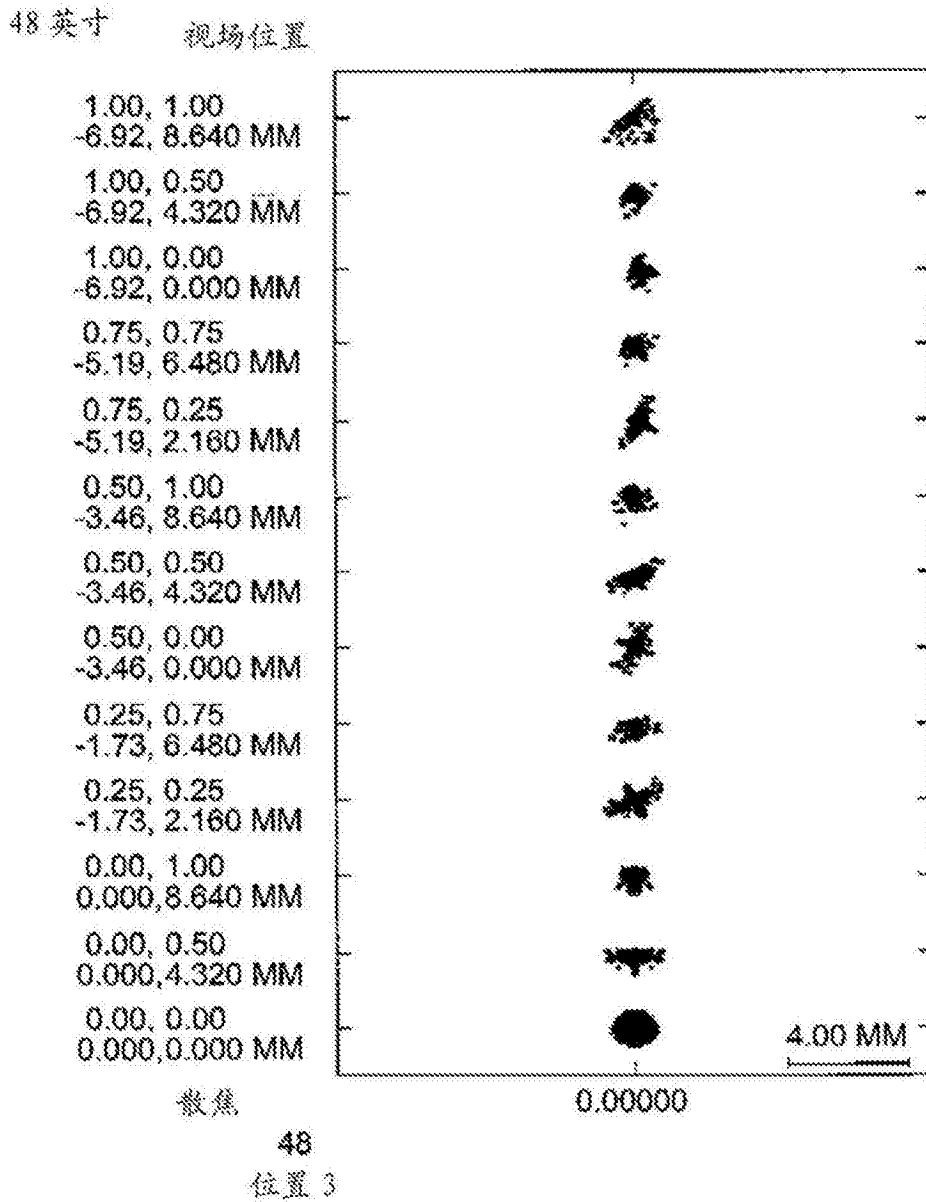


图51

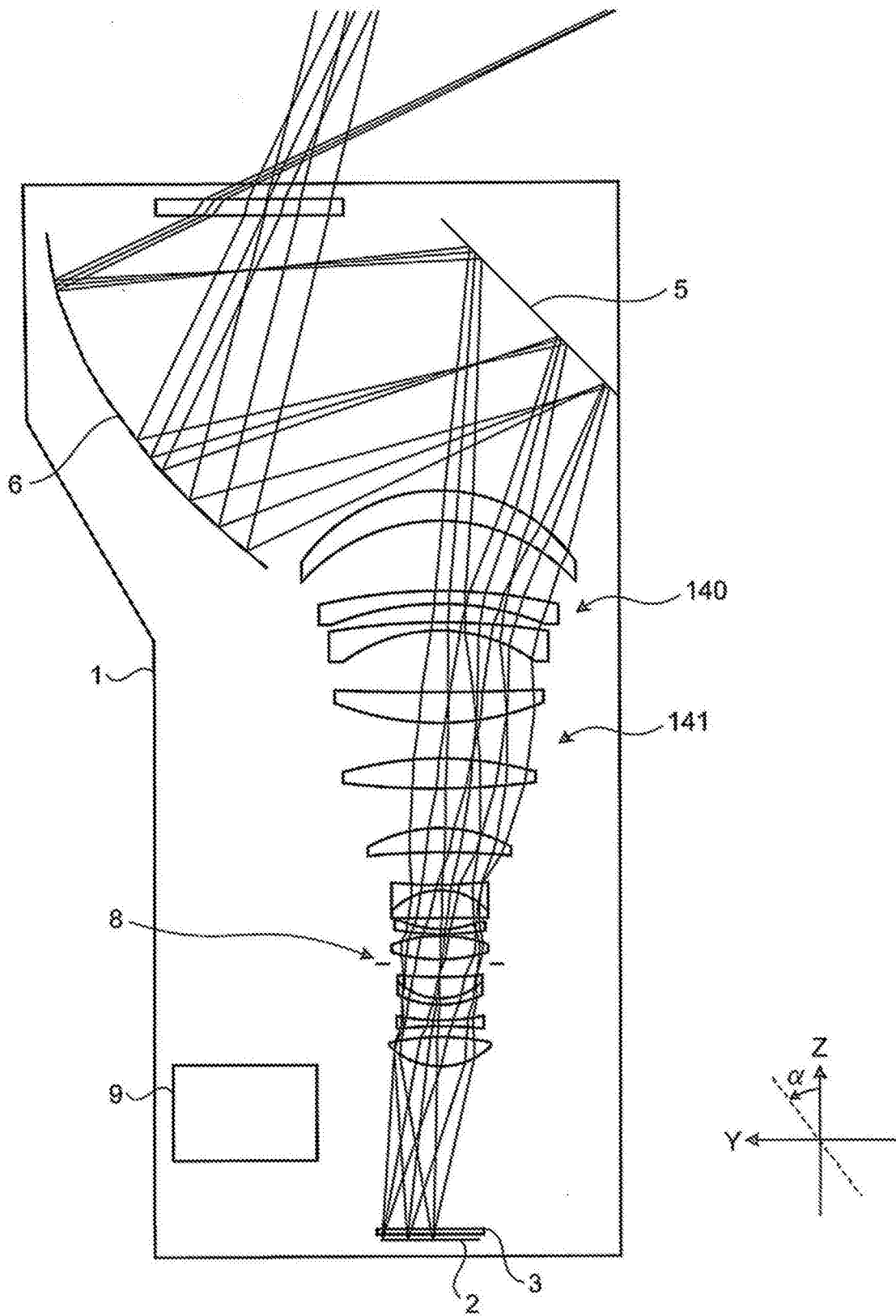


图52

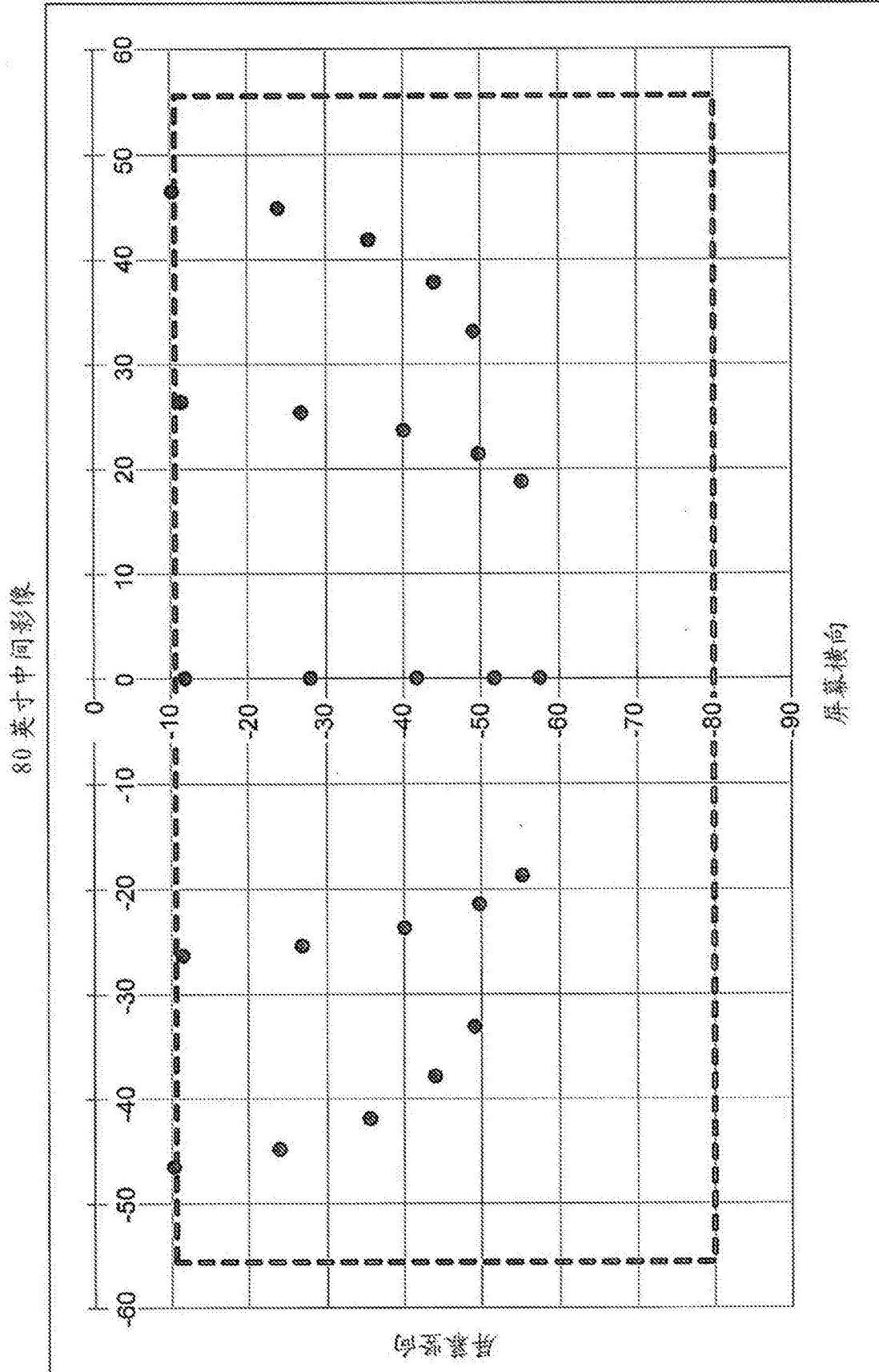


图54

60 英寸中间影像

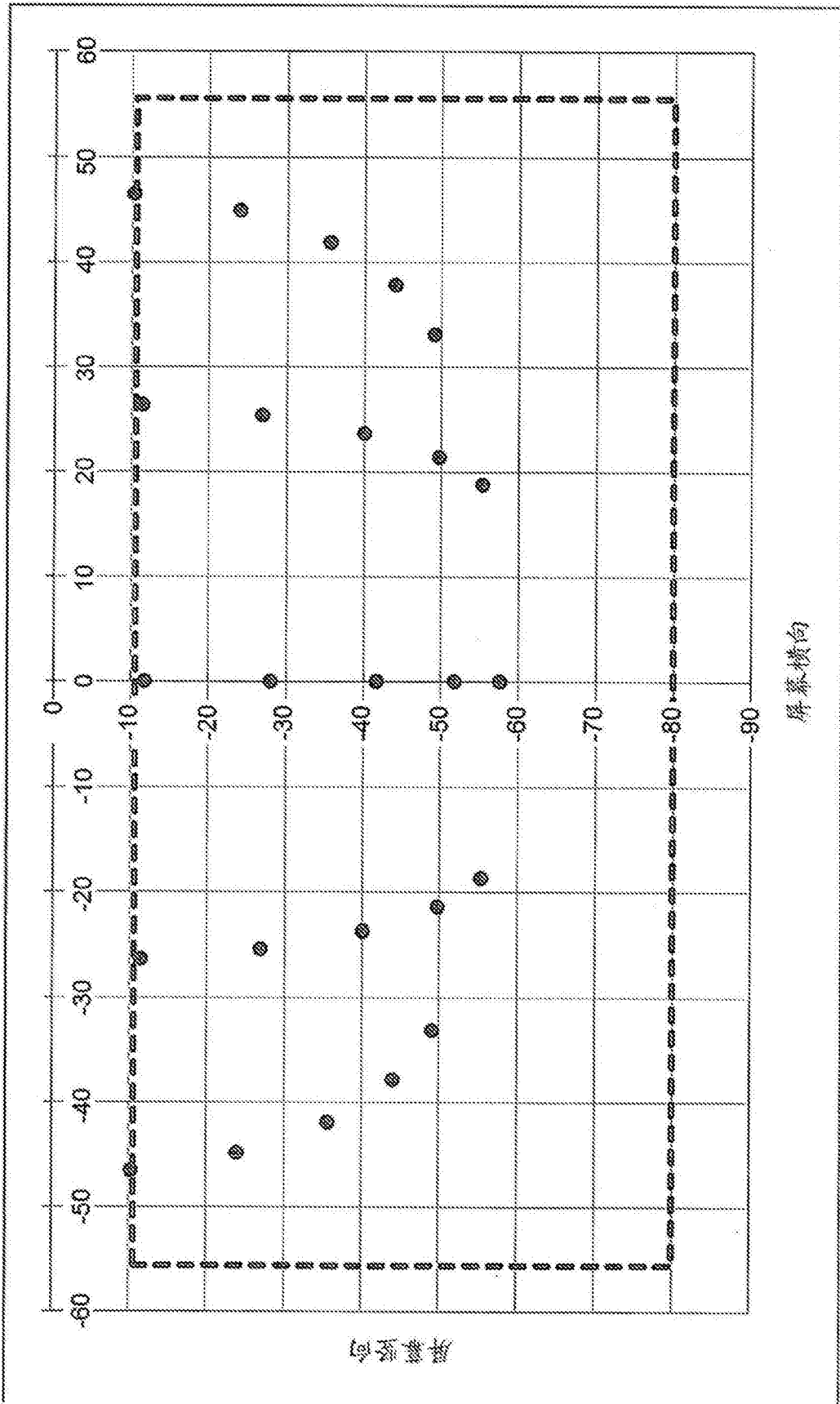


图55

48 英寸中间影像

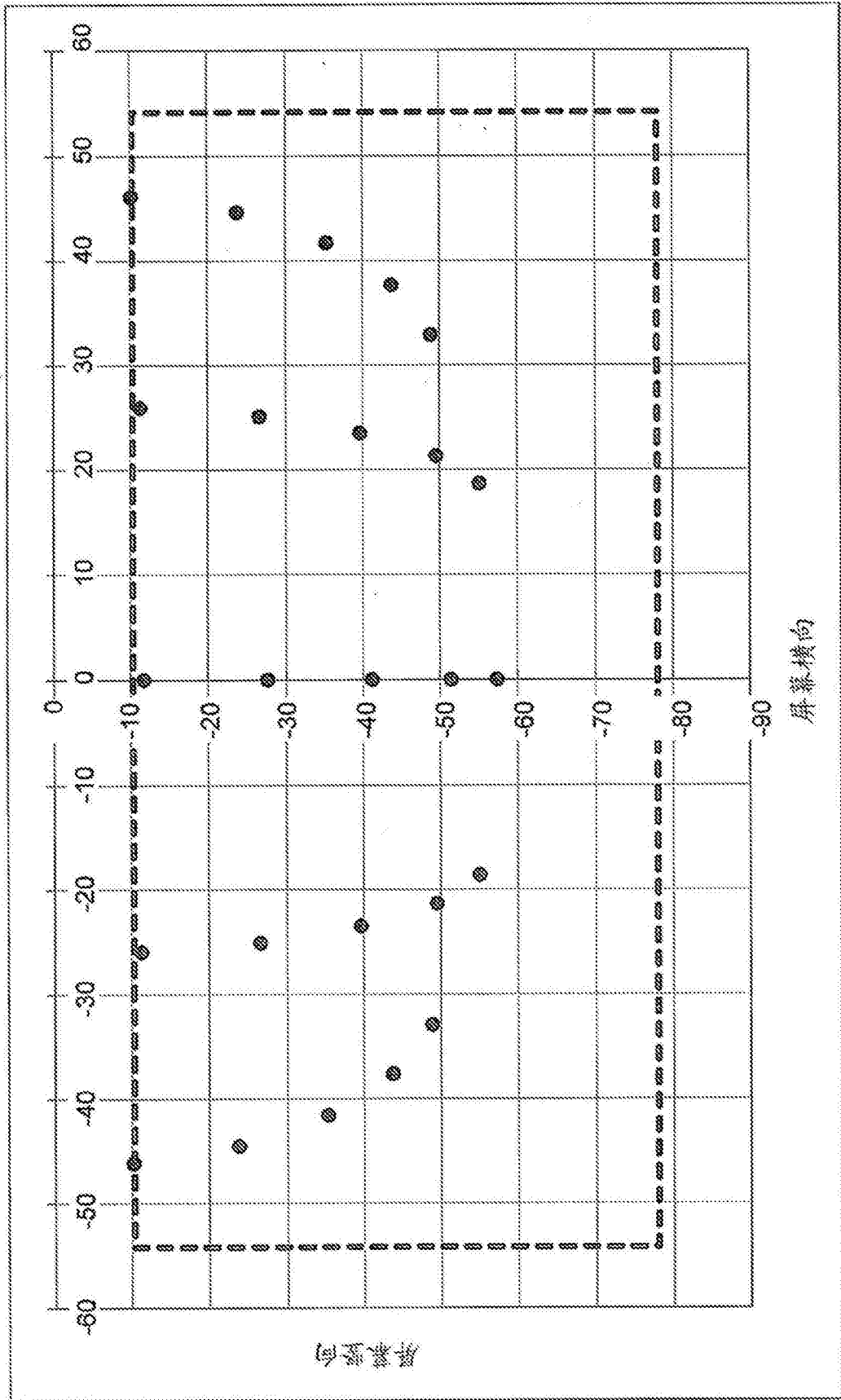


图56

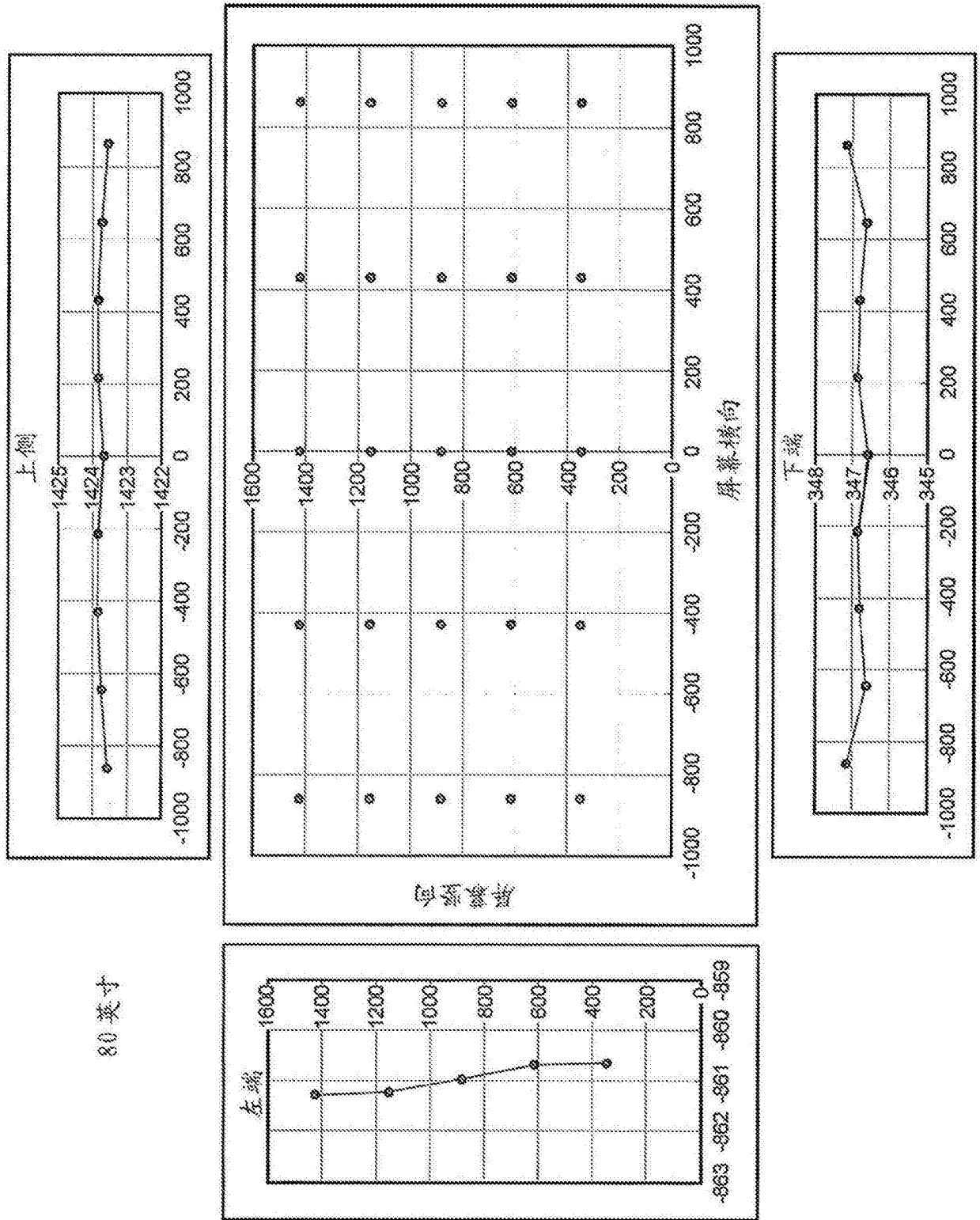


图57

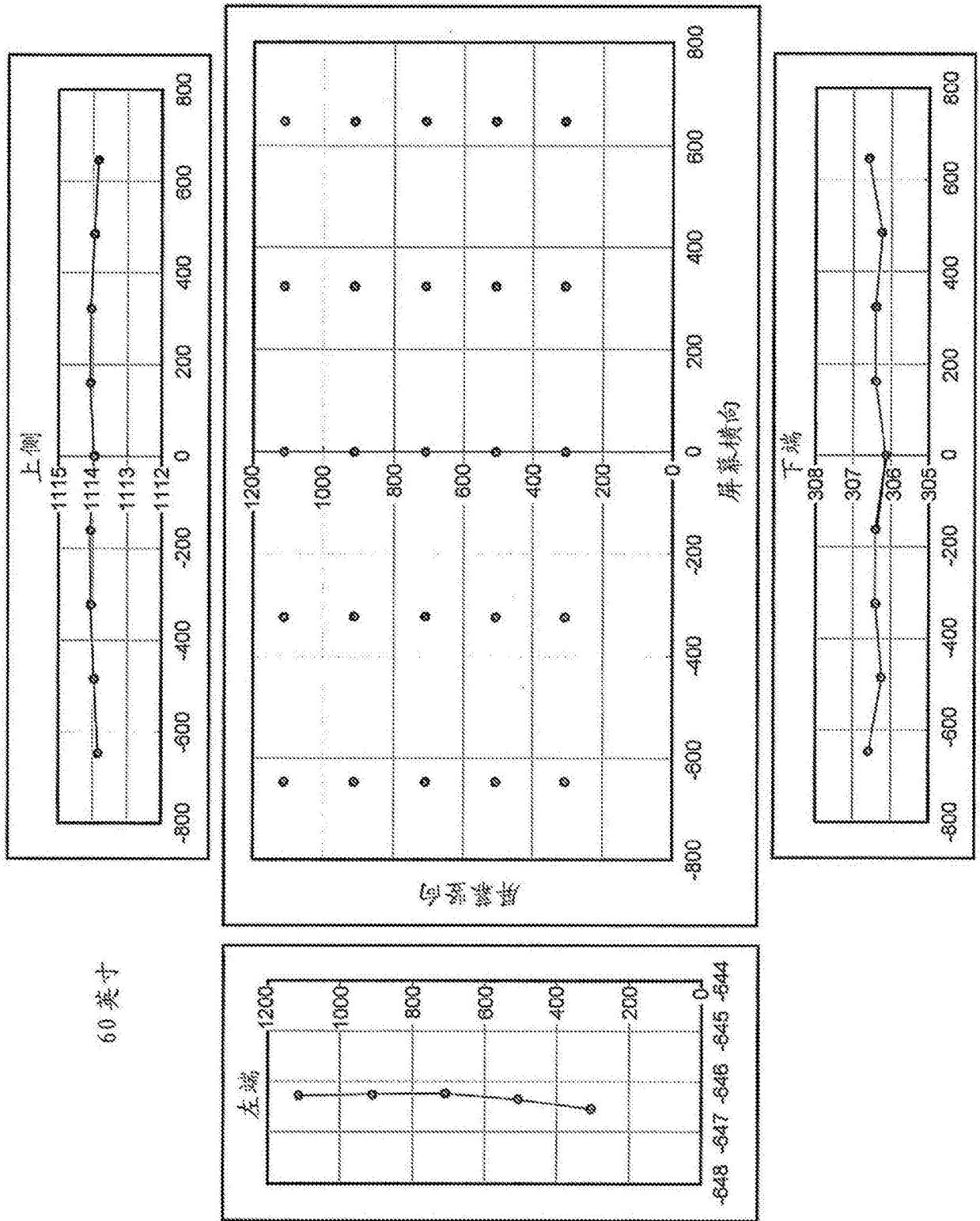


图58

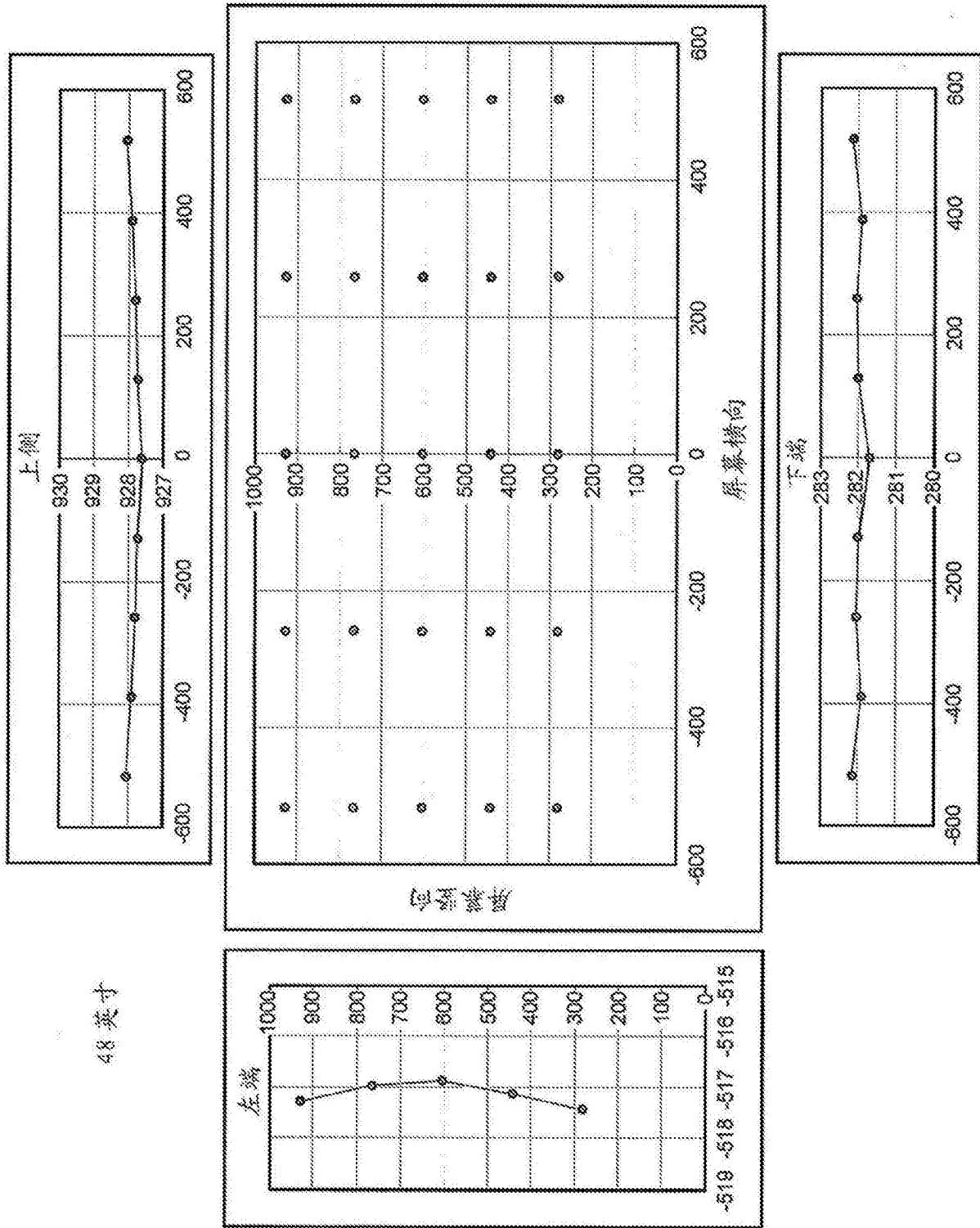


图59

80 英寸

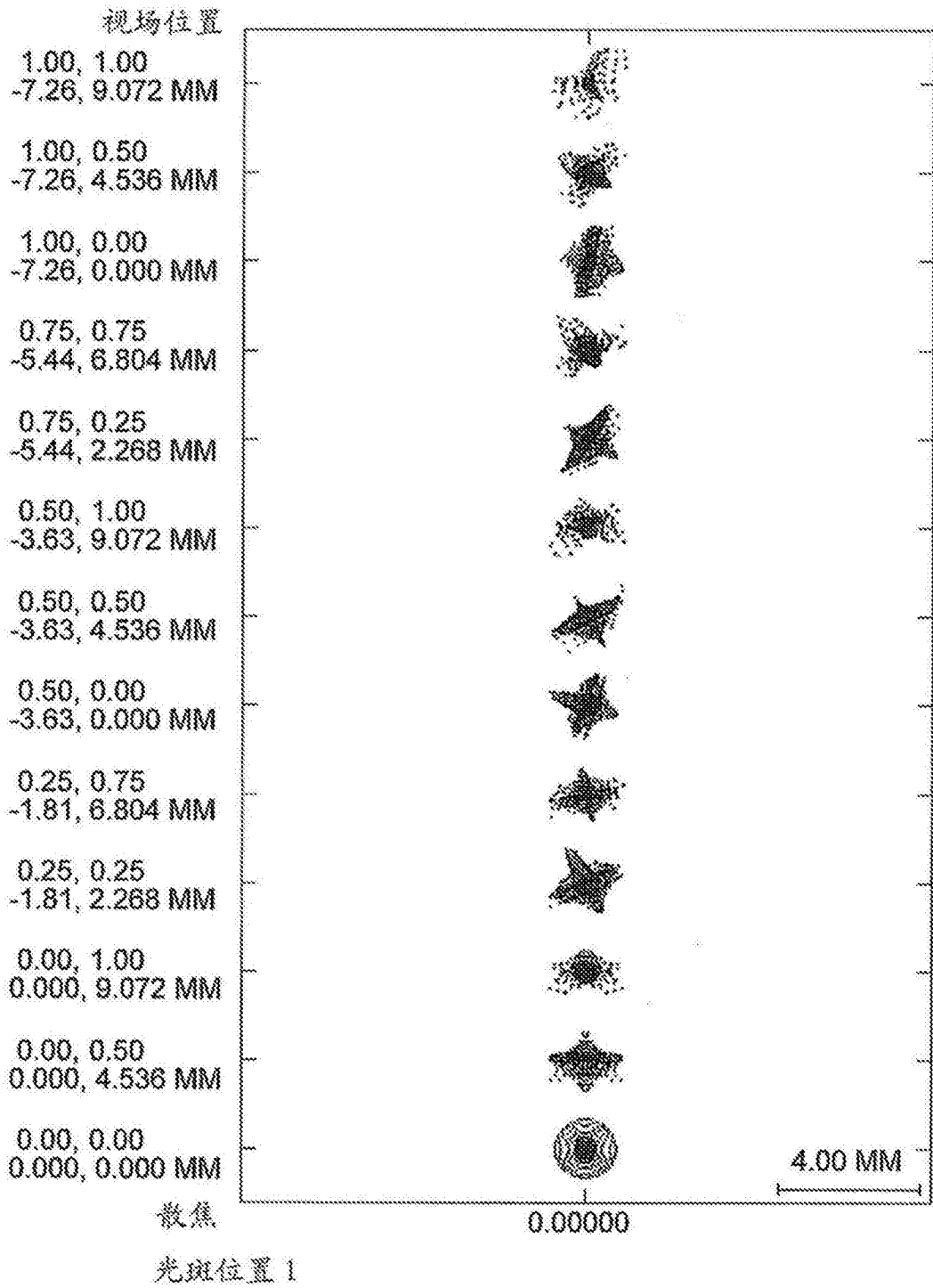


图60

60 英寸

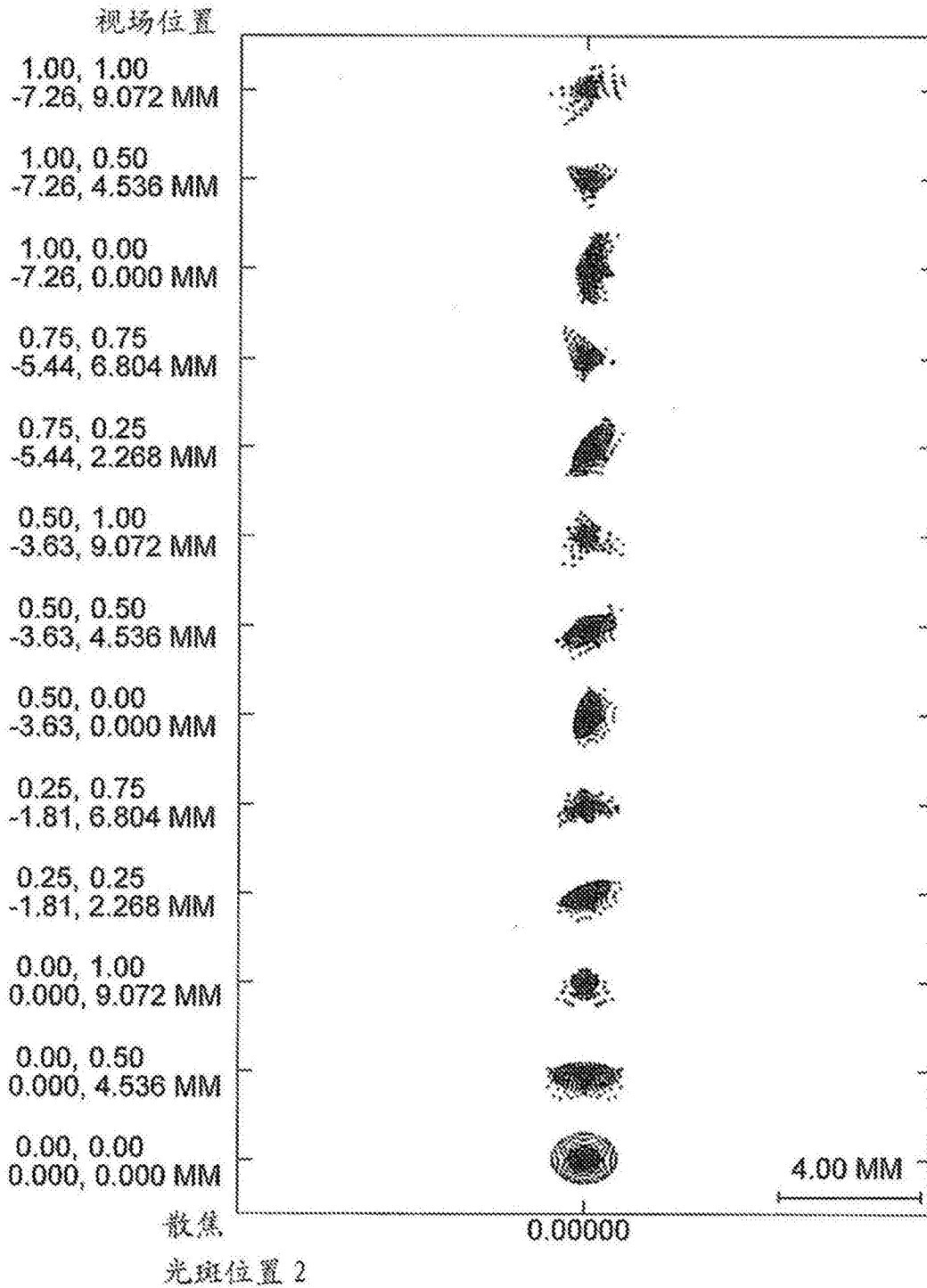


图61

48 英寸

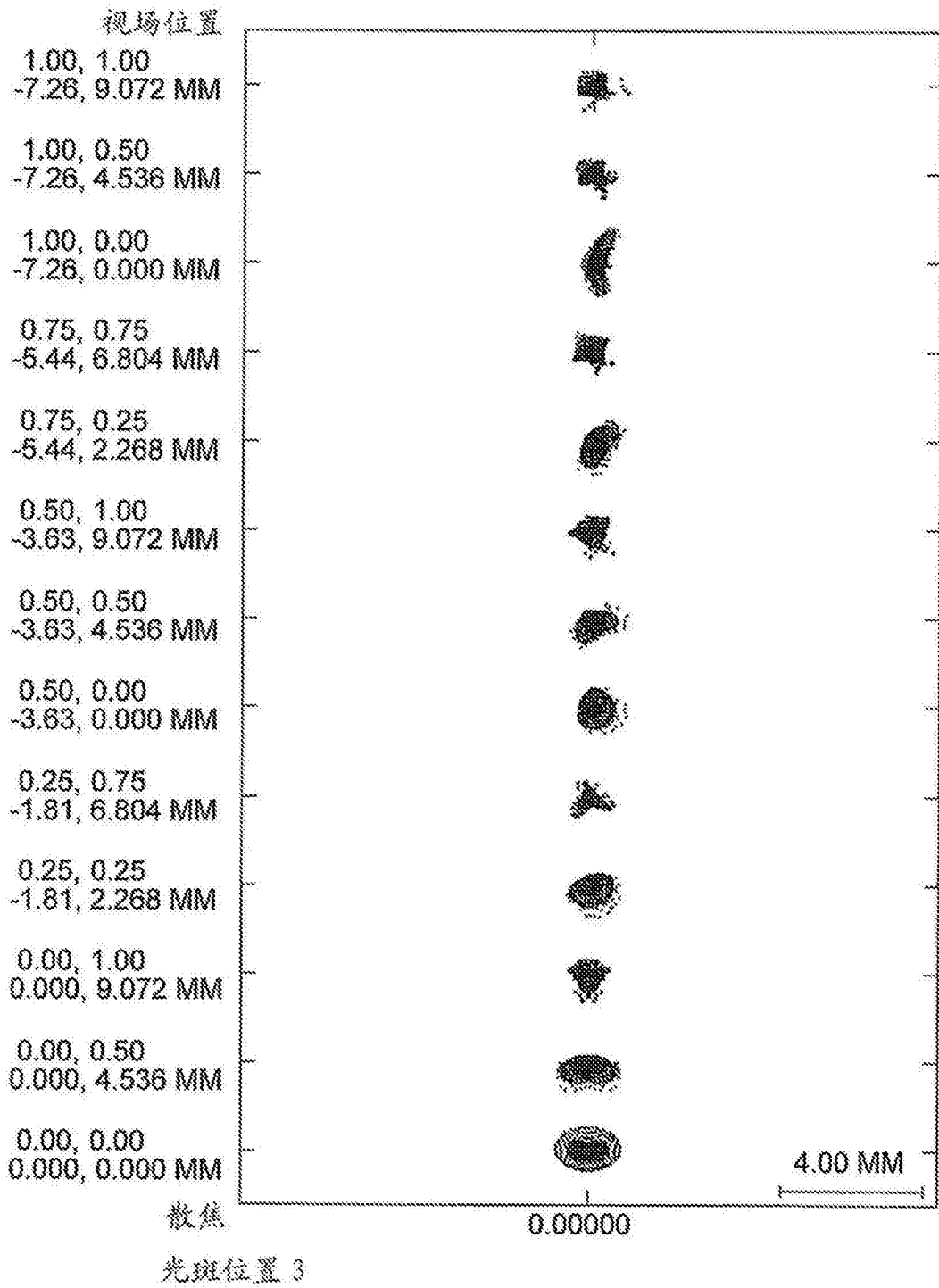


图62

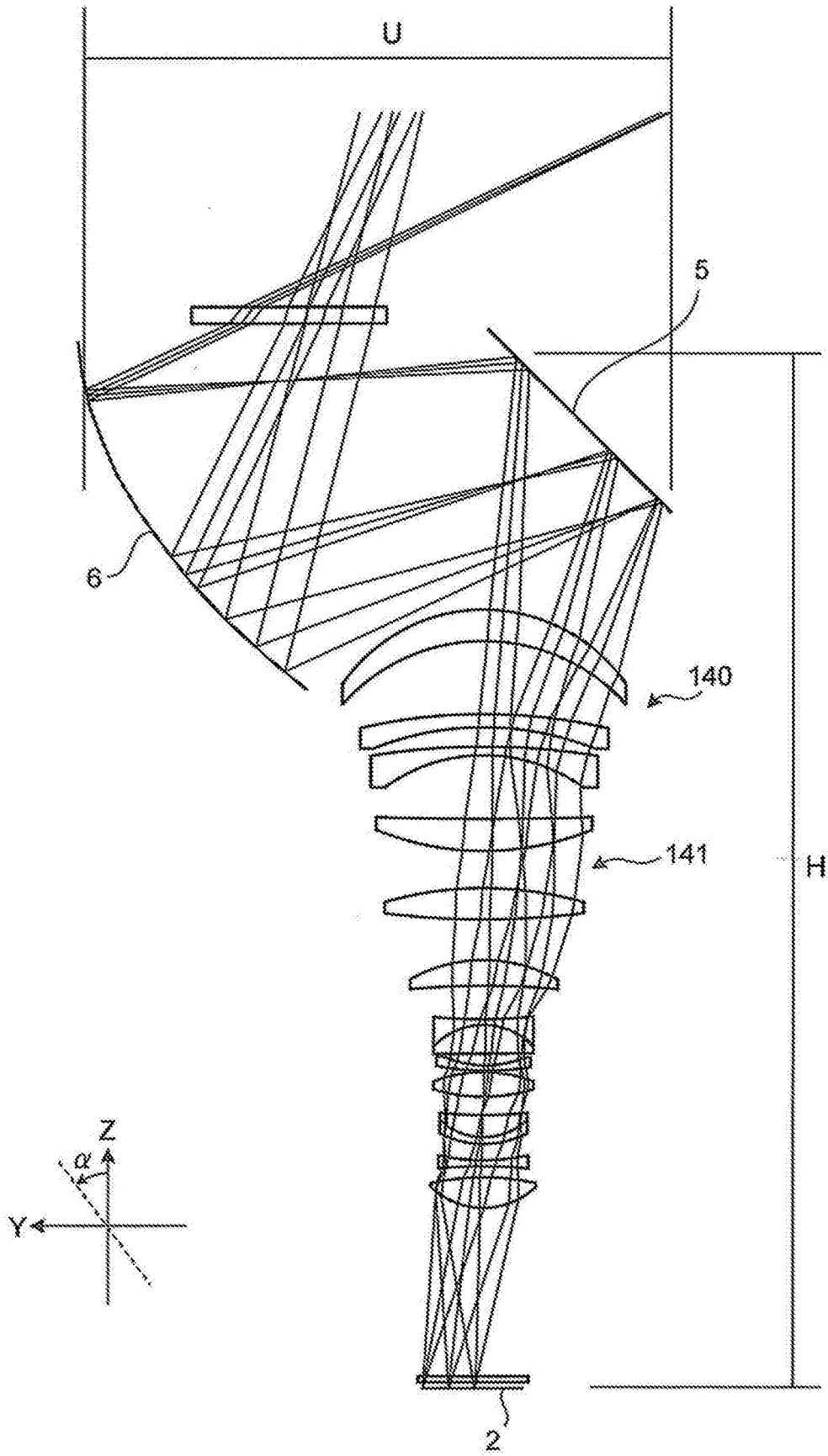


图63

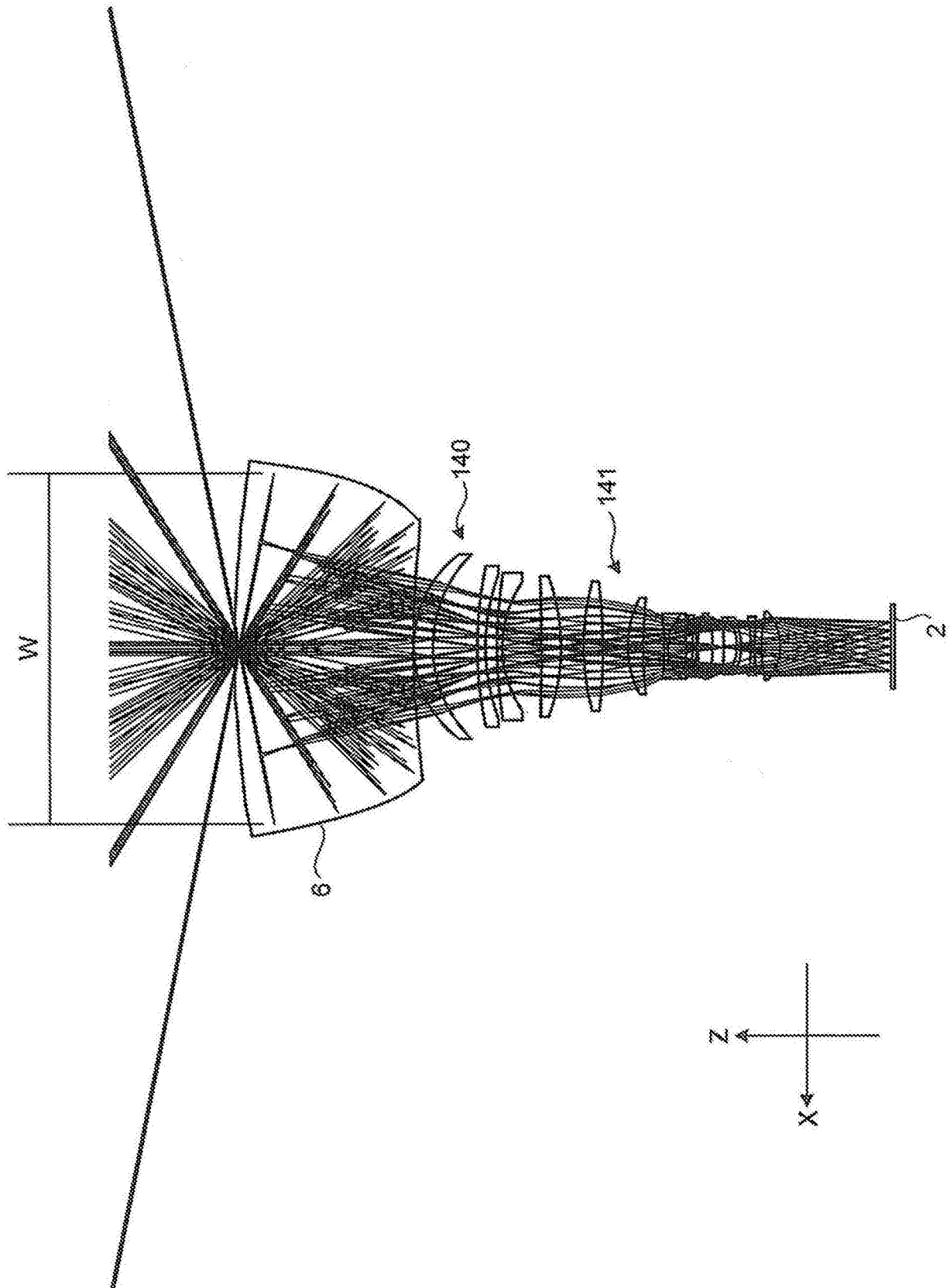


图64