



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102498387 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 13

(21) 申请号 201080041802. 7

史蒂文·K·凯斯(死亡)

(22) 申请日 2010. 09. 21

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

(30) 优先权数据

61/244, 671 2009. 09. 22 US

61/244, 616 2009. 09. 22 US

代理人 刘晓峰

(51) Int. Cl.

G01N 21/88(2006. 01)

G01N 21/95(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日
2012. 03. 20

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/049619 2010. 09. 21

(87) PCT申请的公布数据

W02011/037905 EN 2011. 03. 31

(71) 申请人 赛博光学公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 卡尔·E·豪根

蒂莫西·A·什昆尼斯

保罗·R·豪根

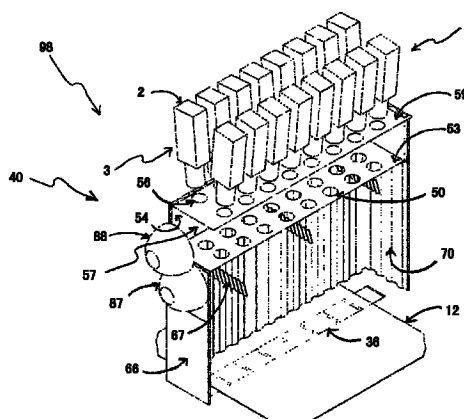
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 27 页

(54) 发明名称

高速、高解析度、三维太阳能电池检查系统

(57) 摘要

本发明提供一种光学检查系统和方法。工件运输器以连续不停的方式移动工件(12)。照明器(40)包括光管,并构建成提供第一频闪照明场型式和第二频闪照明场型式。相机(2)的第一阵列(3)和第二阵列(5)布置成提供工件(12)的立体成像。相机的第一阵列(3)构建成以第一照明场产生工件(12)的多个第一图像以及以第二照明场产生工件(12)的多个第二图像。相机的第二阵列(5)构建成以第一照明场产生工件(12)的多个第三图像以及以第二照明场产生工件(12)的多个第四图像。处理装置储存所述多个第一、第二、第三和第四图像中的至少一些图像并提供所述图像到另一个装置。



1. 一种光学检查系统,包括:

工件运输器,构建成以连续不停的方式运输工件;及

照明器,构建成提供第一频闪照明场型式和第二频闪照明场型式,所述照明器包括光管,所述光管具有靠近工件的第一端和与所述第一端相对并且从所述第一端隔开的第二端,所述光管还具有至少一个反射侧壁,其中第一端具有出射开口而第二端具有至少一个第二端开口以提供穿过其中对工件的观察;

第一相机阵列,构建成对工件进行数字成像,其中第一相机阵列构建成以第一照明场产生工件的多个第一图像以及以第二照明场产生工件的多个第二图像;

第二相机阵列,构建成对工件进行数字成像,其中第二相机阵列构建成以第一照明场产生工件的多个第三图像以及以第二照明场产生工件的多个第四图像;

其中第一和第二相机阵列构建成提供对工件的立体成像;及

操作地连接到照明器和第一及第二相机阵列的处理装置,所述处理装置构建成提供所述多个第一、第二、第三和第四图像中的至少一些到另一装置。

2. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中第一相机阵列包括非远心光学器件,其中第一相机阵列的相机沿垂直于工件运动方向的轴线彼此对准,其中第一相机阵列的相机具有彼此交迭的视场。

3. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中第一相机阵列包括非远心光学器件,其中第二相机阵列的相机沿垂直于工件运动方向的轴线彼此对准,但在工件运动方向上与多个第一相机隔开。

4. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中:

第一相机阵列具有远心光学器件,其中第一相机阵列的相机沿垂直于工件运动方向的轴线彼此对准,并具有彼此不交迭的视场;及

还包括具有远心光学器件的第三相机阵列,其中第三相机阵列的相机沿垂直于工件运动方向的轴线彼此对准,并具有彼此不交迭的视场,其中第一和第三相机阵列具有交错的视场;

其中第二相机阵列具有远心光学器件,其中第二相机阵列的相机沿垂直于工件运动方向的轴线彼此对准,并具有彼此不交迭的视场;

还包括具有远心光学器件的第四相机阵列,其中第四相机阵列的相机沿垂直于工件运动方向的轴线彼此对准,并具有彼此不交迭的视场,其中第二和第四相机阵列具有交错的视场。

5. 根据权利要求1所述的光学检查系统,还包括编码器,所述编码器操作地连接到工件运输器以提供工件运动的指示到处理装置。

6. 根据权利要求5所述的光学检查系统,其中所述指示具有大约100微米的解析度。

7. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中照明器包括至少一个弧光灯。

8. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中照明器包括至少一个发光二极管。

9. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中光管包括多个反射侧壁。

10. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中至少一个反射侧壁包括弯曲的反射面,所述弯曲反射面保留照明仰角同时混合照明方位角。

11. 根据权利要求1所述的光学检查系统,其中照明器包括至少一个镜,所述镜设置成

反射照明光的至少一部分至期望的源仰角。

12. 根据权利要求 11 所述的光学检查系统,其中所述至少一个镜的角度被设置成在所述期望仰角下将照明光的所述部分反射向所述至少一个反射侧壁。

13. 根据权利要求 1 所述的光学检查系统,其中照明器包括设置在第二端附近的照明混合室,其中所述混合室和光管被半透明散射板分开,所述散射板具有与至少一个第二端开口的各个对准的至少一个散射器开口。

14. 根据权利要求 13 所述的光学检查系统,其中第一光源构建成将频闪照明引入到混合室。

15. 根据权利要求 14 所述的光学检查系统,其中第二光源构建成将频闪照明引入到散射器和所述第一端之间的光管中。

16. 根据权利要求 15 所述的光学检查系统,还包括第三光源,其构建成将额外照明引入到散射器和所述第一端之间的光管中。

17. 根据权利要求 1 所述的光学检查系统,其中处理装置包括高速数据传递总线以提供多个第一、第二、第三和第四图像到所述另一装置。

18. 根据权利要求 17 所述的光学检查系统,其中处理装置构建成同时获取和存储来自第一和第二相机阵列的图像,同时提供图像到所述另一装置。

19. 根据权利要求 18 所述的光学检查系统,其中所述高速数据传递总线依照外设部件互连快速 (PCIe) 总线操作。

20. 根据权利要求 1 所述的光学检查系统,其中所述另一装置构建成至少部分地基于所述多个第一、第二、第三和第四图像提供关于工件上的特征的检查结果。

21. 根据权利要求 1 所述的光学检查系统,还包括被构造的光投射器,光投射器构建成投射被构造的光线到工件上。

22. 根据权利要求 21 所述的光学检查系统,其中所述被构造的光投射器构建成投射随机点图案。

23. 根据权利要求 21 所述的光学检查系统,其中被构造的光投射器构建成投射至少一个激光条。

24. 根据权利要求 21 所述的光学检查系统,其中被构造的光投射器构建成投射至少一个正弦缘边到工件上。

25. 根据权利要求 1 所述的光学检查系统,其中第一和第二相机阵列相对于与工件垂直的表面有角度。

26. 根据权利要求 1 所述的光学检查系统,其中第一相机阵列被定向以从基本垂直于所述工件的表面的角度来观看所述工件。

27. 一种检查制造品的方法,所述方法包括:

在所述制造品和一对相机阵列之间产生相对运动;

在相对运动期间且在将第一照明场型式频闪照射到所述制造品上的同时,通过光管同时获取来自所述一对相机阵列的第一相机阵列的第一组图像;

用所获取的第一组图像产生至少第一缝合图像;

在将第一照明场型式频闪照射到所述制造品上的同时,通过光管获取来自第二相机阵列的第二组图像;

用所获取的来自第二相机阵列的第二组图像至少产生第二缝合图像；及至少部分地基于所述第一和第二缝合图像确定关于制造品的检查结果。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,还包括:

在相对运动期间且在将第二照明场型式频闪照射到所述制造品上的同时,通过光管同时获取来自所述一对相机阵列的第一相机阵列的第三组图像;

用获取的所述第三组图像至少产生第三缝合图像;

在将第二照明场型式频闪照射到所述制造品上的同时,通过光管获取来自第二相机阵列的第四组图像;

用获取的来自第二相机阵列的第四组图像至少产生第四缝合图像;及

至少部分地基于第一、第二、第三和第四缝合图像确定关于制造品的检查结果。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其中第一照明场型式是暗场。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,其中第二照明场型式是阴天。

31. 根据权利要求 29 所述的方法,其中第二照明场型式是明场。

32. 根据权利要求 28 所述的方法,其中第一照明场型式是结构照明。

33. 根据权利要求 28 所述的方法,其中第一照明场型式是背光。

34. 根据权利要求 33 所述的方法,其中所述背光具有邻近红外的波长。

35. 根据权利要求 28 所述的方法,其中第一和第二照明场型式被交替激发。

36. 根据权利要求 27 所述的方法,其中使用图像缝合来校正制造品的位置误差。

37. 根据权利要求 27 所述的方法,其中使用缝合来校正工件翘曲。

38. 根据权利要求 27 所述的方法,还包括在从所述一对相机阵列收集图像的同时提供至少一些图像到另一装置。

39. 根据权利要求 27 所述的方法,其中所述一对相机阵列布置成立体地观看所述制造品,其中所述方法还包括基于所述第一和第二组图像中的至少一组计算三维表面信息。

40. 根据权利要求 39 所述的方法,其中检查结果基于二维和三维图像数据。

41. 根据权利要求 27 所述的方法,其中所述制造品为太阳能电池。

42. 根据权利要求 41 所述的方法,其中所述制造品为太阳能电池,其中所述方法还包括使用太阳能电池基准标记建立坐标系。

43. 根据权利要求 41 所述的方法,其中检查结果指示收集器指高度、收集器指宽度和收集器指配准中的至少一个。

44. 根据权利要求 41 所述的方法,其中检查结果指示太阳能电池的弯曲。

45. 根据权利要求 41 所述的方法,其中检查结果指示太阳能电池晶片几何形状。

46. 根据权利要求 41 所述的方法,其中检查结果指示太阳能电池中是否有碎片。

47. 根据权利要求 41 所述的方法,其中检查结果指示太阳能电池中是否有破裂。

高速、高解析度、三维太阳能电池检查系统

背景技术

[0001] 在自动光伏太阳能电池制造中的进步使得产量、产出以及电池转换效率能够更高。例如市售的用于施加导电层到晶体硅太阳能电池的自动设备一般以每秒一个电池的速度丝网印刷所述金属化。更新的用于提高电池转换效率的技术,例如选择性发射极工艺、金属贯穿孔以及双重打印 (print-on-print) 正被采用,这些技术要求金属化层精确配准。电池效率还受到金属化的收集器指 (collector finger) 的高宽比影响,所述收集器指收集由太阳能电池产生的电流输出。这些指必须打印成在宽度上很窄,以免得不必要地遮蔽电池的有效区域,但是还必须打印成在高度上很高,以提高导电性。还有,薄的硅太阳能电池的易碎性和它们在制造过程中的弯曲倾向,对自动装卸设备构成挑战 (因为要避免碎片和破裂)。弯曲的晶片可能会破裂,例如,当它们在许多制造工序步骤中的一个步骤期间被真空固定时或者当在丝网印刷工序期间向晶片施加压力时。考虑到这些工业要求,需要一种自动光学检查系统,其分布在整个太阳能电池制造过程中以保证高的工序产出。假设对精确配准、更窄和更高的特征以及晶片弯曲的检测的需要增加,提供下述自动光学检查系统将是有益的,所述系统不仅比现有技术更快,而且能更好地提供更高解析度的对太阳能电池的二维和三维检查。

发明内容

[0002] 提供一种光学检查系统和方法。工件运输器构建成以连续不停的方式运输工件。照明器构建成提供第一频闪照明场型式和第二频闪照明场型式,所述照明器包括光管,所述光管具有靠近工件的第一端和与所述第一端相对并隔开的第二端。所述光管还具有至少一个反射侧壁。第一端具有出射开口而第二端具有至少一个第二端开口以提供穿过其中对工件的观察。第一相机阵列构建成对工件进行数字成像。第一相机阵列构建成以第一照明场产生工件的多个第一图像以及以第二照明场产生所述特征的多个第二图像。第二相机阵列构建成对工件进行数字成像。第二相机阵列构建成以第一照明场产生工件的多个第三图像以及以第二照明场产生所述特征的多个第四图像。第一和第二相机阵列构建成提供对工件的立体成像。处理装置操作地连接到照明器和第一及第二相机阵列。所述处理装置构建成储存所述多个第一、第二、第三和第四图像中的至少一些图像,并提供所述多个第一、第二、第三和第四图像到另一装置。

附图说明

[0003] 图 1 为根据本发明实施例的自动高速光学检查系统的横截面图,所述系统具有相机阵列和紧凑的、集成的照明器。

[0004] 图 2 为根据本发明的实施例的具有交迭的视场的多个相机的示意性正视图。

[0005] 图 3 为根据本发明实施例的检查系统的系统结构图。

[0006] 图 4 为用第一照明场型式获得的运输传送器、太阳能电池和相机阵列视场的顶视图。

- [0007] 图 5 为用第二照明场型式获得的运输传送器、太阳能电池和相机阵列视场的顶视图。
- [0008] 图 6A-6D 示出根据本发明实施例,在不同位置处并且在第一和第二照明型式交替进行的情况下获得的工件和相机阵列视场。
- [0009] 图 7 为用于定义照明方向的坐标系统。
- [0010] 图 8 为给相机阵列视场提供照明的已知线性线源的透视图。
- [0011] 图 9 为图 8 中所示的照明器的照明方向的极坐标图。
- [0012] 图 10 为根据本发明实施例的中空光管照明器实例的透视图。
- [0013] 图 11 为图 10 中所示的照明器的输入照明方向的极坐标图。
- [0014] 图 12 为图 10 中所示的照明器的输出照明方向的极坐标图。
- [0015] 图 13 为根据本发明实施例的光管壁的反射面的透视图。
- [0016] 图 14A-B 为图 13 中所示的反射面的横截面图。
- [0017] 图 15A 为根据本发明实施例的光管照明器和相机阵列的透视图。
- [0018] 图 15B 为根据本发明实施例的光管照明器和相机阵列的剖切透视图。
- [0019] 图 16 为根据本发明实施例的具有多个源的照明器和相机阵列的剖切透视图。
- [0020] 图 17A 为根据本发明实施例的照明器和相机阵列的剖切透视图。
- [0021] 图 17B 为根据本发明实施例所使用的山形镜的横截面图。
- [0022] 图 18 为根据本发明实施例的照明器和相机阵列的剖切透视图。
- [0023] 图 19 为图 18 所示的照明器和相机阵列的第二剖切透视图。
- [0024] 图 20 为图 18 和 19 中所示的照明器的照明方向的极坐标图。
- [0025] 图 21 为根据本发明实施例的检查传感器的横截面透视图。
- [0026] 图 22 为图 21 所示的照明器的照明方向的极坐标图。
- [0027] 图 23 为根据本发明实施例的布置成立体结构的两个相机阵列的透视图。
- [0028] 图 24 为根据本发明实施例的布置成立体结构的两个相机阵列和集成的照明器的剖切透视图。
- [0029] 图 25 为根据本发明实施例布置的两个相机阵列和结构化光投射器的透视图。
- [0030] 图 26 为根据本发明实施例布置的两个相机阵列和结构化光投射器的透视图。
- [0031] 图 27 为根据本发明实施例的相机阵列和结构化光投射器的透视图。

具体实施方式

[0032] 本发明的实施例一般地提供一种紧凑的检查系统和方法,其能够高速获取多个照明的二维和三维图像,而不需要昂贵和复杂的运动控制硬件。用不同照明型式获得的图像的处理可以相当程度上提高检查能力和结果。

[0033] 图 1 示出根据本发明实施例的系统的横截面图,所述系统用于产生工件的适于自动检查的高对比度、高速数字图像。相机阵列 4 由相机 2A 到 2H 构成,所述相机优选地以相等间隔布置。在工件经历关于相机 2A 到 2H 的相对运动的同时,每个相机 2A 到 2H 同时对工件或基底(例如硅光伏太阳能电池 12)上的矩形区域成像并进行数字化处理。照明器 45 提供一系列脉冲的、持续时间短的照明场,所述照明场称为频闪照明(strobed illumination)。每个照明场的短的持续时间有效地“冻结”太阳能电池 12 的图像,以抑制

运动模糊。用于太阳能电池 12 上的每个位置的两组或更多组图像由具有用于每次曝光的不同照明场型式的相机阵列 4 产生。取决于太阳能电池 12 上的需要检查的特定特征,通过联合处理用不同照明场型式产生的反射图像,可以相当程度上提高检查的结果。在对图 21 和 22 的讨论中提供照明器 45 的更多细节。

[0034] 工件运输传送器 26 以连续不停的方式在 X 方向上平移太阳能电池 12 以提供由相机阵列 4 完成的对太阳能电池 12 的高速成像。传送器 26 包括由马达 18 驱动皮带 14。可任选使用的编码器 20 测量马达 18 的轴的位置,此后可以计算出太阳能电池 12 行进的大致距离。其它测量和编码太阳能电池 12 所行进的距离的方法包括基于时间的、声学的和基于视觉的编码方法。通过使用频闪照明以及不让太阳能电池 12 停顿,省去了在用相机阵列 4 成像之前加速、减速以及稳定的耗时的运输步骤。相信可以在大约 1 秒和更短的时间内完成用两个照明场型式完全捕获尺寸 156mm×156mm 的太阳能电池 12 的两个完整的 80 兆像素图像所需要的时间。

[0035] 图 2 示出分别被相机 2A 到 2H 成像的太阳能电池 12 上的每个视场 30A 到 30H 的 Y 维位置。在相邻的视场之间有轻微的交迭,以便对太阳能电池 12 上的所有位置完全成像。在检查过程期间,分立的视场 30A 到 30H 的图像被数字化合并或缝合成在交迭区域中的一个连续图像。示例相机阵列 4 在图 1 和 2 中示出,其布置为分立相机的一维阵列。如图所示,相机 2A-2H 构建成以非远心方式成像。这样的好处是视场 30A 到 30H 可以交迭。然而,非远心成像系统的放大率或有效解析度会随着太阳能电池 12 厚度的改变以及弯曲量的改变而改变。太阳能电池 12 翘曲、厚度变化以及其它相机对准误差的影响可以通过图像缝合而得到补偿。在另一实施例中,相机阵列可以布置成二维阵列。例如,分立的相机可以布置成四个相机的两队式相机阵列,其中相邻的视场交迭。取决于检查系统成本、速度和性能目标,相机阵列的其它排列可能是有利的,包括视场不交迭的阵列。例如,可以使用具有远心成像系统的相机交错阵列。

[0036] 图 3 为检查系统 92 的结构图。检查应用程序 71 优选在系统计算机 76 上执行。输入到检查程序 71 中的内容包括例如,太阳能电池 12 的几何形状、金属化印刷几何形状以及用于印刷缺陷、彩色缺陷、边缘缺口、微裂纹大小和锯痕的检查公差极限。照明设备及相机校准数据也可以输入到检查程序 71。

[0037] 检查程序 71 经由传送器接口 72 为可编程逻辑控制器 22 配置太阳能电池 12 的运输方向和速度。检查程序 71 还经由 PCI 快速接口为主电路板 80 配置编码器 20 在相机阵列 4 每次随后获取图像之间的计数的数字。替代地,可以基于太阳能电池 12 的已知速度,而执行基于时间的图像获取顺序。在检查之前,检查程序 71 还编程或者以其它方式设定合适配置参数到相机 2A-2H 以及具有单独的闪光灯输出水平的频闪板 84。

[0038] 在太阳能电池被装入检查系统 92 中时,面板传感器 24 感测太阳能电池 12 的边缘,并且该信号被送到主板 80 以开始图像获取顺序。主板 80 产生适当的信号以开始通过相机阵列 4 的每次图像曝光,并且命令频闪板 84 在正确的时间给适当的闪光灯 87 和 88 供电。频闪监视器 86 感测由闪光灯 87 和 88 发出的光线的一部分,该数据可以被主电路板 80 用来补偿图像数据(补偿轻微的闪光灯输出变化)。提供图像存储器 82,其优选包含足够的容量以储存为至少一个太阳能电池 12 所产生的所有图像。例如,在一个实施例中,在相机阵列中的每个相机具有大约 5 兆像素的解析度,而存储器 82 具有大于 2G 的容量。来自

相机 2A-2H 的图像数据可以以高速转移到图像存储器缓存 82, 以允许每个相机被迅速准备好用于随后的曝光。这允许太阳能电池 12 以连续不停的方式运输通过检查系统 92, 并用至少两种不同照明场型式产生太阳能电池 12 上的每个位置的图像。只要第一图像一被转移到存储器 82, 图像数据就可以开始在诸如 PCT 高速接口 (PCIe) 的高速电学接口上从图像存储器 82 被读出进入 PC 存储器。类似地, 只要图像数据出现在 PC 存储器中, 检查程序 71 就可以开始计算检查结果。

[0039] 现在将参考图 4-6 更详细地描述图像获取过程。

[0040] 图 4 示出运输传送器 26 和太阳能电池 12 的顶视图。相机 2A-2H 分别对交迭的视场 30A-30H 成像, 以产生相机阵列 4 的有效视场 32。视场 32 是用第一频闪照明场型式获得的。太阳能电池 12 被传送器 26 以连续不停的方式在 X 方向运输。在图像获取过程期间, 太阳能电池 12 优选以变动小于百分之五的速度行进, 虽然更大的速度变动和加速度也可以容忍。

[0041] 在一个优选实施例中, 每个视场 30A-30H 具有大约 5 百万像素, 像素分辨率为 17 微米, 在 X 方向长 34mm 而在 Y 方向长 45mm。每个视场 30A-30H 在 Y 方向上与相邻的视场交迭大约 3mm, 从而每个相机 2A-2H 在 Y 方向的中心到中心间距为 42mm。在另一实施例中, 相机阵列 4 仅由 4 个相机 2A-2D 组成。在该实施例中, 将 Y 方向与 X 方向相比, 相机阵列视场 32 具有大的高宽比 5 : 1。

[0042] 图 5 示出太阳能电池 12 处于从其图 4 中的位置沿正 X 方向移开的位置。例如, 太阳能电池 12 可以从其图 4 中的位置前进大约 15mm。有效视场 33 由交迭的视场 30A-30D 组成, 并且是以第二照明场型式获得。

[0043] 图 6A-6D 示出以交替的第一和第二照明场型式获得的相机阵列视场 31、33、34 和 35 的时序。应该理解, 太阳能电池 12 以连续不停的方式在 X 方向上行进。图 6A 示出对于整个太阳能电池 12 获取图像期间, 太阳能电池 12 处于一个 X 位置。如参照图 4 所讨论那样, 以第一频闪照明场型式获得视场 31。图 6B 示出沿 X 方向移开得更远的太阳能电池 12, 并如参照图 5 所讨论那样, 以第二频闪照明场型式获得视场 33。图 6C 示出沿 X 方向移开得更远的太阳能电池 12, 并以第一频闪照明场型式获得视场 34, 而图 6D 示出沿 X 方向移开得更远的太阳能电池 12, 并以第二频闪照明场型式获得视场 35。

[0044] 在 X 维度上在视场 31 和 34 之间有小的交迭, 以便具有足够的交迭图像信息以便将用第一照明场型式获得的图像配准和数字化合并, 或缝合在一起。在 X 维度上在视场 33 和 35 之间同样有小的交迭, 以便具有足够的交迭图像信息以便将用第二照明场型式获得的图像配准和数字化合并, 或缝合在一起。在用在 X 方向具有 33mm 长度的视场 30A-30H 的实施例中, 已经发现用相同照明场型式获得的视场之间在 X 方向上大约 5mm 的交迭是有效的。此外, 优选地, 在用不同照明场型式获得的视场之间, 在 X 方向有大约 15mm 的移位。

[0045] 通过增加所集中的视场的数量并保证有充分的图像交迭以便将用相同照明场型式产生的图像配准和数字化合并或缝合在一起, 在太阳能电池 12 上的每个特征的图像可以用两种以上照明场型式获得。最终, 对每种照明型式所产生的缝合好的图像可以关于彼此配准。在优选实施例中, 工件运输传送器 26 具有低于检查要求的位置精度, 以便减少系统成本。例如, 编码器 20 可具有 100 微米的分辨率而传送器 26 可具有 0.5mm 或更大的位置精度。视场在 X 方向上的图像缝合会补偿太阳能电池 12 的位置误差。

[0046] 期望的是,每种照明场在空间上均匀并从一致角度照射。还期望照明系统是紧凑的并且高效。两种现有技术照明系统(线光源和环形灯)的限制,将参考图 7-9 来讨论。线光源高效,但在发出的光线的方位角的一致性较差。环形灯源所发出的光线在方位角的一致性很好,但不紧凑并且在与大高宽比的相机阵列一起使用时效率较差。

[0047] 图 7 定义了用于照明的坐标系。方向 Z 垂直于太阳能电池 12 而方向 X 和 Y 限定在太阳能电池 12 或其它工件上的水平位置。角度 β 定义照明的仰角。角度 γ 冗余地定义照明光线相对于法线的角度。角度 α 定义光线的方位角。来自几乎所有方位角和仰角的照明被称为阴天照明。主要来自靠近水平的低仰角 β 的照明被称为暗场照明。主要来自靠近竖直的高仰角 β 的照明被称为明场照明。好的通用照明系统将在整个视场上产生具有均匀辐照度的光场(空间均匀性),并在整个视场上从一致的角度照射(角度一致性)。

[0048] 图 8 示出照射所述相机阵列视场 32 的已知线光源 48。线光源 48 可使用 LED46 阵列以将光线有效地集中在狭窄的矩形视场 32 上。使用线光源 48 的缺点是,虽然目标从面对光源的两个方向接受对称的照明,但没有从面对 FOV 的长轴的方向上接受光线。

[0049] 图 9 为双轴极坐标图,示出两个线光源 48 的照明方向。极坐标图示出强照明被从最靠近光源 48 方向(在 0 和 180 度方位角)的相机阵列视场 32 接受,而从 90 和 270 度方位角则没接受到任何照明。当方位角在 0 和 90 之间变化时,源仰角降低而光源对向(subtend)更小的角度,因而接受到的光线更少。相机阵列视场 32 接受的光线随着方位角在强度和仰角两者上变化。线光源 48 有效地照明视场 32,但在方位角上的一致性较差。相反地,已知环形灯在方位角上具有良好的一致性,但为了给大高宽比的相机场 32 提供可接受的空间均匀性,环形灯必须要做得很大。

[0050] 尽管环形灯可用来提供可接受的方位角一致性,所述环形灯需要做成非常大以便为在 Y 方向上大约 170mm 的相机视场 32 提供可接受的空间均匀性。对于典型检查应用,相信环形灯需要在直径上超过 500mm 以提供充分的空间均匀性。如此巨大的环在下述几个方面无法满足市场需要:较大的尺寸占据组装线上的有价值的空间,较大的光源建造起来更昂贵,照明角度在整个工场上不一致,并且它非常低效——光输出将分散在 500mm 圆形的相当大的部分上,同时实际上只有太阳能电池的细长矩形被成像。

[0051] 可以使用被称为光管的光学装置为照明提供非常均匀的光场。例如,美国专利 1,577,388 描述了用于后照明片门(film gate)的光管。然而,常规光管需要在实体上很长以提供均匀照明。

[0052] 参照图 10-12,提供对光管原理的简要描述。然后参照图 13-17 来描述本发明的实施例,该实施例明显减小均匀照明所需要的光管的长度。在一个实施例中,光管的内壁构造有反射材料,所述反射材料仅在一个方向散射光线。在本发明的另一个实施例中,光管构建成具有输入和输出端口,所述端口允许相机阵列被简单集成,以获得被均匀和有效照明的工件的图像。

[0053] 图 10 示出由光源 60 和光管 64 构成的照明器 65。中空箱形光管 64 在如所述那样使用时,将产生均匀的暗场照明模式。相机 2 沿光管 64 的长度方向通过在光管末端处的开口 67 和 69 观看工件 11。光源 60,例如在抛物面反射镜中的弧光灯,布置成使得它投射光线到具有内反射面的光管 64 的进入开口 67 中,从而光线在期望的仰角处传下来。替代地,

带透镜的 LED 或其它光源也可以使用,只要源仰角的范围与工件 11 处的期望仰角范围相匹配。光源可以是频闪或连续的。来自光源的扇形光束行进越过光管并向下行进,直到它到达一个侧壁。扇形光束分裂开并在管的角部处在方位角中延伸,但仰角则保留。这样延伸的扇形光束然后展开,撞击许多不同侧壁部分,在其中被进一步展开,并且在方位角上随机化而在仰角上则很大程度上没有变化。在多次反射后,所有的方位角出现在出口开口 68 和工件 11 处。因此,在目标上的所有点都被来自所有方位角但同时仅来自出现在原始光源中的那些仰角的光线照射。另外,在工件 11 处的照明场是空间均匀的。应注意到,与为满足空间均匀照明的条件所需要的环形灯的尺寸相比,光管 64 的横向长度仅略大于所述视场。

[0054] 图 11 示出在光源处的照明方向的极坐标图,接近准直的光束来自小范围的仰角和方位角。

[0055] 图 12 为工件 11 处的光线的极坐标图,光源的角度展开被包括以用于比较。在工件 11 处出现了所有的方位角,并保留了光源的仰角。

[0056] 当光出射照明器 65 的仰角与光源 60 中出现的仰角相同时,相对而言容易将这些角度调整到特定应用。如果期望较低的照明仰角,则光源可以更靠近水平方向瞄准。照明角度的下限由光管底部边缘的偏距 (standoff) 设定,因为光线无法从低于光管的底部边缘的角度到达目标。照明仰角的上限由光管 66 的长度设定,因为需要几次反射来随机化或均化照明方位角。当仰角增大时,对给定长度的光管 64,到达工件 11 前的反射次数更少。

[0057] 多边形光管均化器仅在其角部处形成新的方位角,因此需要许多次反射来获得均匀的输出。如果光管侧壁的所有部分都能够展开或随机化方位角方向的光图形,则需要的反射可以更少并且可以减少光管在 Z 方向的长度,使得照明器更短及 / 或在 Y 方向更宽。

[0058] 图 13 和 14 示出本发明的实施例,其中光管侧壁件仅在一个轴向上漫射和散射光线。在该实施例中,优选地,光束的方位角可以在每次反射时展开同时保持仰角。这通过加入弯曲的或有小平面的反射面 70 到光管侧壁 66 的内表面来实现,如图 13 所示。侧壁 66 的横截面图在图 14A 和 14B 中示出。图 14A 展示出准直光线束 62 如何垂直于反射面 70 上的圆筒弯曲而展开。在图 14B 中,对光线束 62 的反射角沿着反射面 70 的圆筒弯曲的轴线保持。因此,光源的仰角被保持下去,因为在反射器 70 的每个点处的表面法线都没有 Z 分量。在每次在光管壁 66 的整个表面上反射时,反射面 70 的弯曲的或有小平面的表面产生一定范围的新方位角,并且因此,光源的方位角被迅速随机化。为光管侧壁 66 的内表面提供的折射、衍射和反射面的任何组合都可以使用,以实践本发明的实施例。

[0059] 在一个方面中,反射面 70 弯曲在圆筒的一段中。这在一个轴向上均匀地展开进入光线,近似一维朗伯面 (Lambertian surface),但不在其它轴向上展开光线。该形状还容易在金属片中形成。在另一方面中,反射面 70 具有正弦波形状。然而,由于正弦波形状在峰和谷处具有较大的曲率而在侧面上具有较小的曲率,光线束 62 的角展开在峰和谷处比在侧面上更强。

[0060] 图 15A 和 15B 示出应用到用于相机阵列 4 的光管照明器 41 的内表面的弯曲反射面。光管照明器包括侧壁 66 和光源 87。一维漫射反射面 70 比由平坦反射内表面构造的光管更快地随机化方位角。这允许使用更紧凑的光管,而允许相机阵列 4 更靠近工件。图 15B 示出在很少的几次反射之后,光线束如何在方位角上随机化。

[0061] 与照明器 41 相比,如果使用多个光源的话,光管照明器 42 可以在 Z 方向上缩短。

多个光源,例如一排准直的 LED,可减少实现空间均匀光源所需要的总反射次数,并因此减少所需要的光管长度。照明器 42 被用光源 87A-87E 照射,这些光源同样可以是频闪弧光灯光源。

[0062] 在图 17A-17B 中所示的本发明的另一方面中,照明器 43 包括将输入光束的一部分从光源 87 反射到期望的源仰角的镜 67。像多个光源的实施例一样,这同样在更短的光管中产生空间均匀的光场。镜 67 放在相机之间以避免阻碍目标的视野并处于不同高度从而每个镜拦截来自光源 67 的光线的一部分。镜 67 被成形以在期望的仰角处反射光线并且朝向光管侧壁 66,弯曲的反射面 70 在侧壁 66 处迅速将光源方位方向随机化。在图 17B 中示出镜 67 的横截面图。镜 67 可以是例如形成一系列山形的平面镜。

[0063] 在本发明的另一实施例中,图 18 和 19 示出与相机阵列 4 集成的照明器 44。光线被光源 88 注入由镜 54 和 55、顶开口板 58 和散射板 52 限定的光混合室 57 中。内表面 54、55 和 58 是反射性的,而散射板 52 优选由半透明的散射光线的材料构造。开口 56 设置在顶板 58 上而开口 50 设置在散射板 52 上,从而相机 2 具有对工件的无阻碍的视野。为了更清楚地显现散射板 52 和开口 50,与图 18 相比,图 19 中去除了镜 55。

[0064] 由光源 88 投射的光线被镜 54 和 55 及开口板 58 反射。当光线在混合室 57 中反射时,散射板 52 同样反射所述光线的一部分并被注回混合室 57 中。当在混合室 57 内进行多次光反射后,散射板 52 被均匀照明。通过散射板 52 传送的光线出射到照明器 44 的由反射面 70(例如参考图 13 和 14 所讨论的那些反射面)构成的下段。反射面 70 保留由散射板 52 发出的照明仰角。结果是,在工件 12 处有空间均匀的照明场。图 20 为极坐标图,示出照明器 44 的输出照明方向。照明器 44 产生输出光场,如图 20 所示,其被称为阴天,因为该照明几乎在所有仰角和方位角上都相等。然而,输出仰角的范围可以通过散射板 52 的散射特性控制。

[0065] 图 21 示出光学检查传感器 94 的另一实施例。光学检查传感器 94 包括相机阵列 4 和集成的照明器 45。照明器 45 便于实现独立控制的阴天和暗场照明。通过给光源 87 供电,在太阳能电池 12 上产生暗场照明场。通过给光源 88 供电,在太阳能电池 12 上投射阴天照明场。图 22 示出阴天照明和暗场照明的极坐标图和照明方向。在一个方面中,光源 87 和 88 频闪以抑制由于以连续不停方式运输太阳能电池 12 而导致的运动模糊效应。

[0066] 本领域技术人员应该理解,取决于下述几个因素,各种对象特征的图像对比度不同,所述因素包括特征几何形状、颜色、反射特性以及入射在每种特征上的照明光的角频谱。由于每个相机阵列视场可包含具有不同照明要求的非常多的特征,本发明的实施例致力于解决上述难题,手段为通过对工件 12 上的每个特征和部位成像两次或更多次,其中这些图像的每一个是在不同的照明条件下获取并随后储存在数字存储器中。一般而言,通过使用来自以不同照明场型式获得的两个或更多图像的对象特征数据,可以提高检查性能。

[0067] 应该理解,本发明的实施例并不限于两种照明型式(例如暗场和阴天照明场),它们也不限于特定的照明器结构。光源可直接投射在工件 12 上。光源还可以具有不同波长、或颜色,以及位于相对于工件 12 的不同角度处。光源可位于工件 12 周围不同方位角处,以从不同象限提供照明。光源可以是大量高功率 LED,这些 LED 发出具有足够能量的光脉冲以“冻结”工件 12 的运动,并且抑制图像中的运动模糊。许多其它照明结构也在本发明的范围内,包括产生明场照明场的光源或者让光线传送通过工件 12 的基底到达要被检查的背光

特征的光源。例如由于硅在邻近红外波长处是半透明的,对背光太阳能电池 12 来说用频闪的接近红外的光线来检查基底中的微裂纹和孔是特别有效的。

[0068] 几个太阳能电池检查要求使得必须在全速生产下捕捉三维图像数据。这些要求包括测量金属化印刷高度和晶片弯曲。三维信息(例如收集器指的轮廓)可以使用熟知的例如激光三角测量技术、相位轮廓测量术或波动光栅法来测量。被让予本发明的受让人的美国专利 6,577,405(Kranz 等人)描述了典型的三维成像系统。基于立体视觉的系统还能够产生高速三维图像数据。

[0069] 立体视觉系统是被人熟知的。商用立体系统追溯到 19 世纪的立体镜。近些年来,已经做了大量工作以使用计算机来评价两个相机立体图像对(Scharstein 和 Szeliski 写的“A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms”(密集两帧立体对应算法的分类和评估))或者多个相机(Robert T. Collins 写的“A Space-Sweep Approach to True Multi-Image Matching”(真多图像匹配的空间掠过方法))。最后的参考文献包括用于空中侦查的相对于目标移动的单个相机的记载。

[0070] 替代立体视觉系统投射被构造的光线图形到目标或工件上,以便在反射的光线图形中产生明确的纹理。(Sing Bing Kang、Jon A. Webb、C. Lawrence Zitnick 以及 Takeo Kanade 写的“A Multibaseline Stereo System with Active Illumination and Real-time Image Acquisition”(带有主动照明和实时图像获取的多基线立体系统))。

[0071] 为了获得高速的二维和三维图像数据以满足太阳能电池的检查要求,多个相机阵列可布置在立体构造中并存在交迭的相机阵列视场。太阳能电池然后可以以连续不停的方式相对于相机阵列移动。多个频闪照明场有效地“冻结”太阳能电池的图像以抑制运动模糊。

[0072] 图 23 示出布置为立体构造的相机阵列 6 和 7。相机阵列 6 和 7 以交迭的相机阵列视场 37 对太阳能电池 12 成像。为了清楚起见,移除了照明系统。

[0073] 图 24 为光学检查传感器 98 的剖切透视图,并集成有照明器 40 用于高速获取立体图像数据。相机阵列 3 和 5 布置在立体构造中并在太阳能电池 12 上具有交迭的视场 36。太阳能电池 12 以连续不停的方式相对于检查传感器 98 移动。顶开口板 59 包括开口 56,而半透明散射板 53 包括开口 50,以允许用于相机阵列 3 和 5 的视野无阻碍的视场 36。给光源 88 供电将在太阳能电池 12 上产生阴天照明场型式,而给光源 87 供电将产生暗场照明场型式。其它照明场型式,例如背光,可以通过适当布置的频闪照明器来实现,从而透过太阳能电池 12 和经过太阳能电池 12 的边缘的光线被相机阵列 3 和 5 捕捉。图像获取序列可以是例如,以交替的频闪阴天、暗场和背光照明场型式由相机阵列 3 和 5 两者同时捕获的一系列交迭的图像。

[0074] 返回参考框图 3,光学检查传感器 98 的功能框图与光学检查传感器 94 的框图非常相似。然而,对光学检查传感器 98 来说,相机阵列 4 被移走并被相机阵列 3 和 5 代替,相机阵列 3 和 5 接着又界面连接到主电路板 80。图像存储器 82 优选包含足够容量来存储相机阵列 3 和 5 为一个太阳能电池 12 产生的所有图像。图像数据被从图像存储器 82 读出并通过高速电接口(例如 PCI 高速接口(PCIe))转移到系统计算机 76。

[0075] 应用检查程序 71 通过已知立体方法使用来自相机阵列 3 和 5 的图像数据之间的图像特征的差距和偏移来计算三维图像数据。对于太阳能晶片 12 的特性和缺陷,例如晶片

几何形状、有缺口的边缘、孔、裂纹、微裂纹、表面检查、弯曲、锯痕和颜色，检查结果由应用程序 71 计算。对于位置、厚度、宽度、长度和中断情况的印刷检查结果也可以由应用程序 71 计算。通过测量用激光刻在太阳能电池 12 的表面上那些基准，还可以提高金属化印刷的配准。这些基准经常在暗场照明的图像中表现出良好的对比度，并可用于建立用来测量配准的坐标系。二维及 / 或三维图像数据的结合可用于任何上述这些检查计算。

[0076] 图 25 示出另一实施例，其中相机阵列 6 和 7 布置在立体构造中并在太阳能电池 12 上具有交迭的相机阵列视场 37。为了清楚起见，已经移除集成的阴天和暗场照明器。有时在对象上缺乏可观察的结构时立体视觉系统会无法工作。克服这种情况的方法是用有图形的光源加入人造结构或“纹理”到表面上，然后所述有图形的光源可以被布置在立体构造中的相机观看。被构造的光投射器 8 在整个相机阵列视场 37 上投射频闪光图形到太阳能电池 12 上。光图形可以是，例如激光条、一系列激光条或者随机点图形。相机阵列 6 和 7 所观看到的投射图形的差距可以被应用程序 71 使用以计算三维图像数据。图像获取序列可以是以交替的频闪阴天、暗场和被构造的光图形照明场型式用相机阵列 6 和 7 两者同时捕捉的一系列交迭图像。

[0077] 图 26 示出另一实施例，其中相机阵列 6 和 7 布置在立体构造中并具有被构造的光投射器 8。为了清楚起见，已经移除了集成的阴天和暗场照明器。相机阵列 6 布置成从垂直方向观看太阳能电池 12 以消除如在图 25 中的透视图，以改善对太阳能电池 12 的特征的二维测量。

[0078] 图 27 示出另一实施例，其中相机阵列 6 布置成观看太阳能电池 12 上的相机阵列视场 38。被构造的光投射器 8 在相机阵列视场 38 上投射频闪的光图形在太阳能电池 12 上。光图形可以是，例如激光条、一系列激光条、正弦图形或随机点图形。通过测量由相机阵列 6 所观看到的投射的光图形的位置，到太阳能电池 12 的范围及其特征可以用已知方法计算。为了清楚起见，没有示出可任选的阴天、暗场、明场、背光或其它光源。

[0079] 尽管已经参考优选实施例描述了本发明，本领域技术人员应该认识到可以不偏离本发明的精神和范围在型式和细节上做出改变。

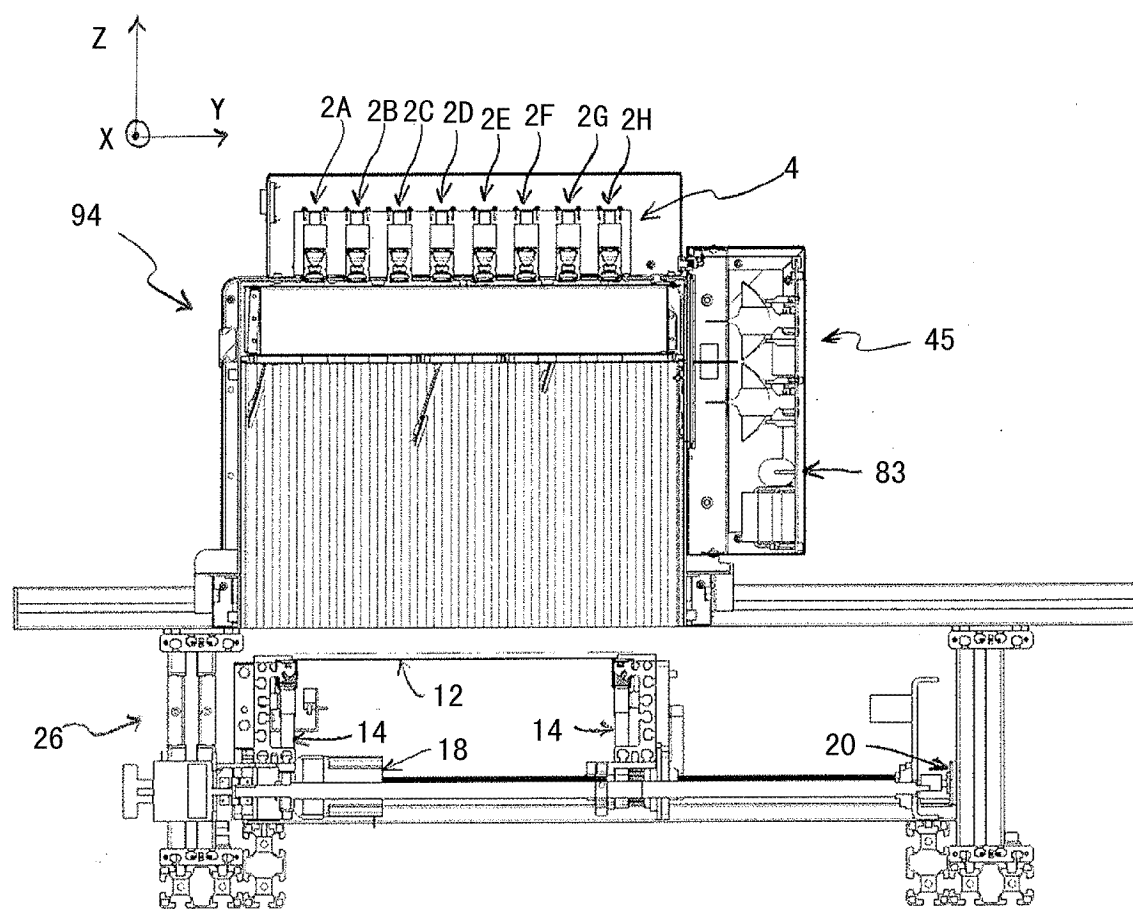


图 1

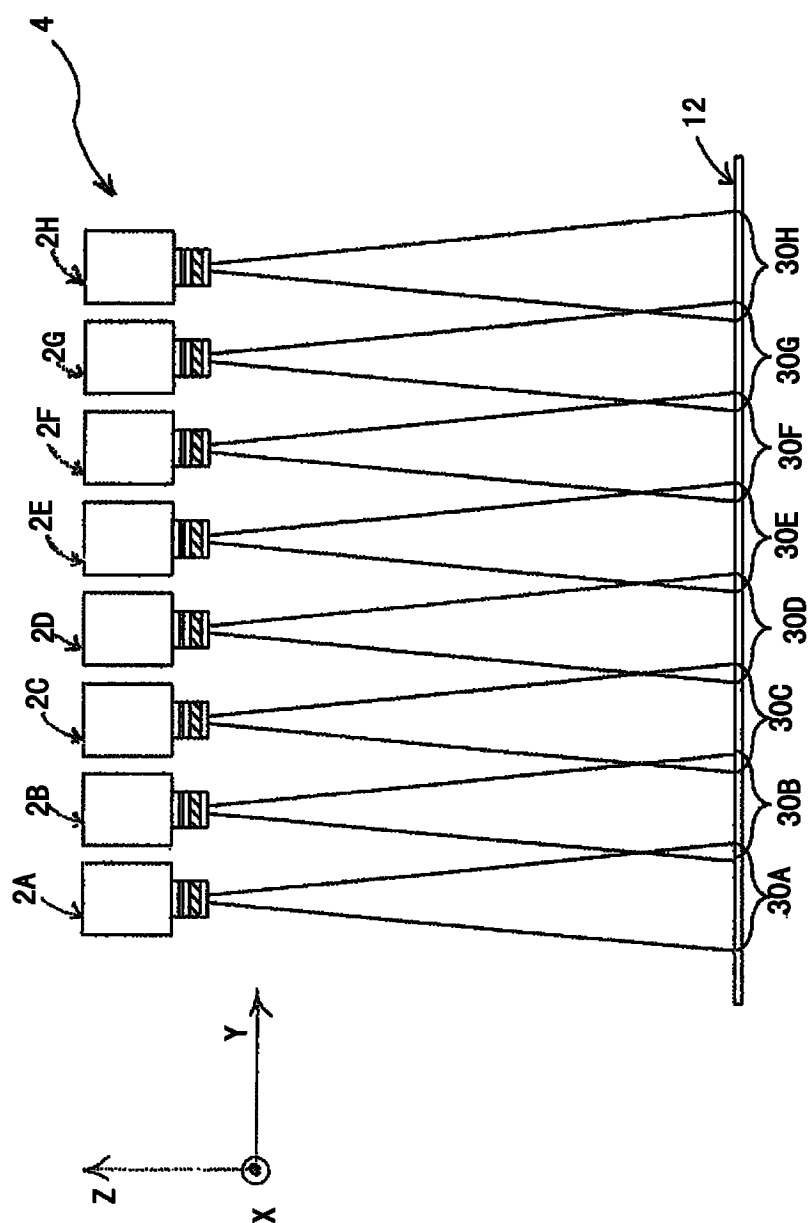


图 2

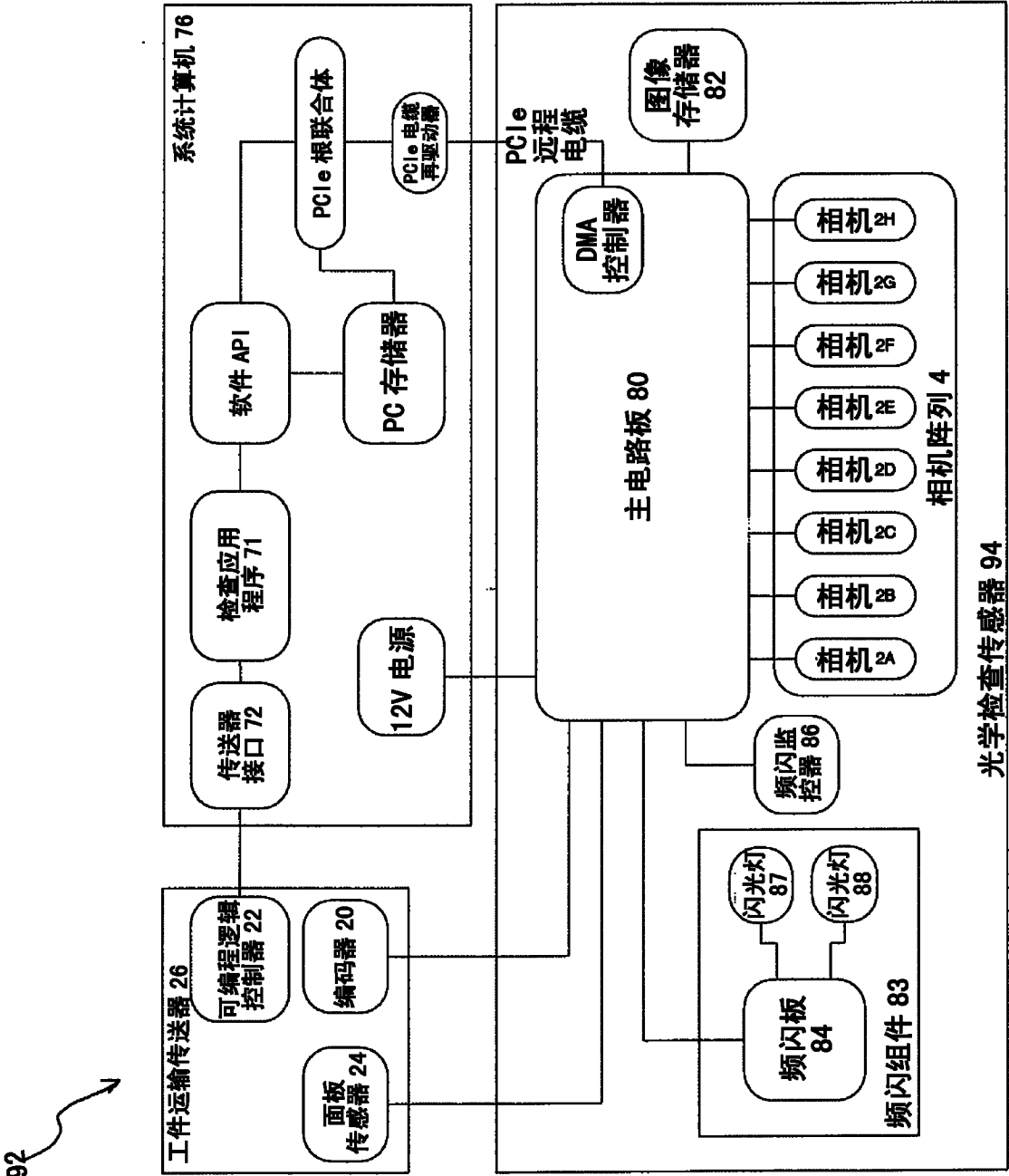


图 3

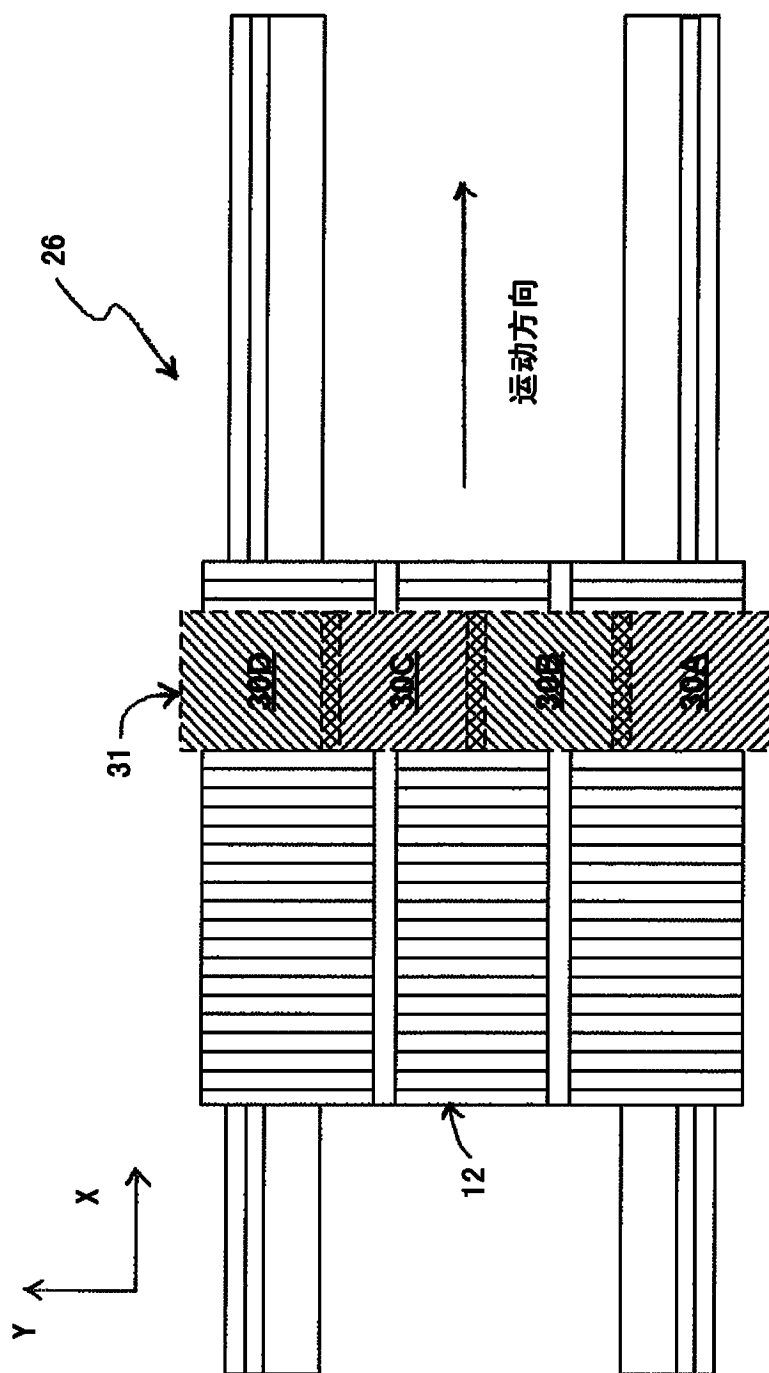


图 4

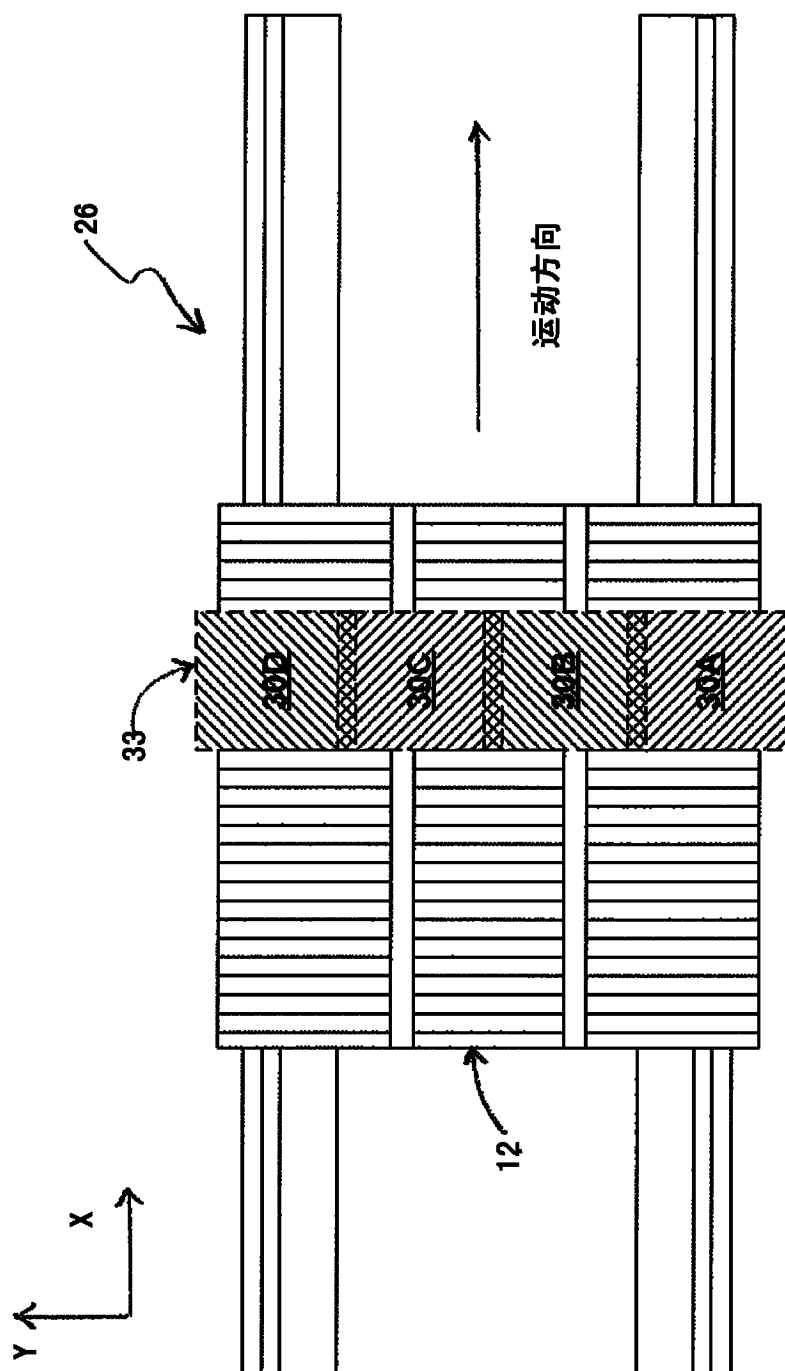


图 5

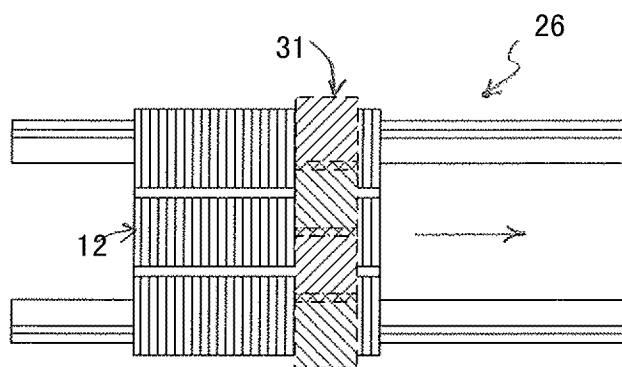


图 6A

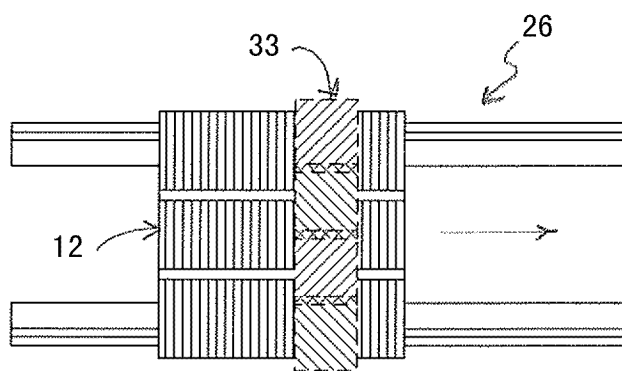


图 6B

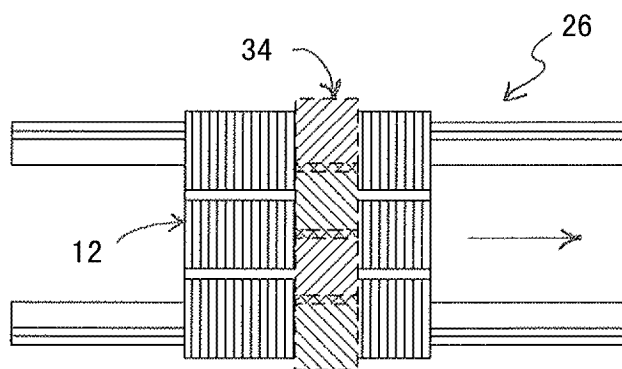


图 6C

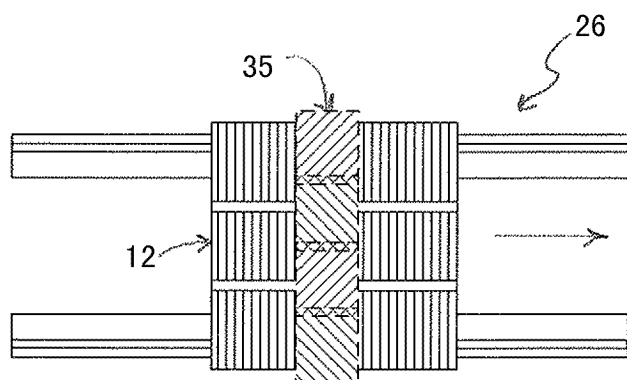


图 6D

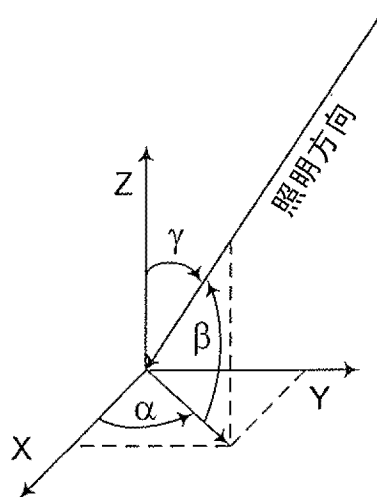


图 7

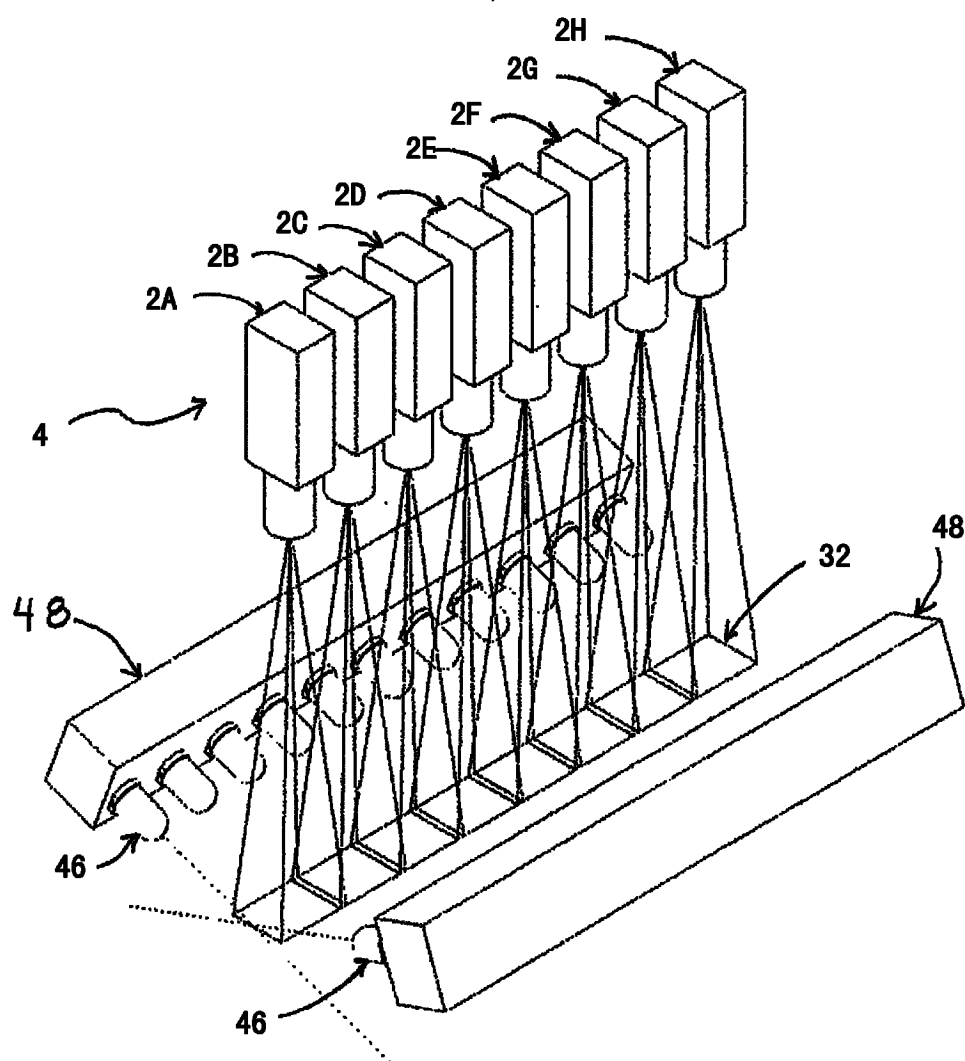


图 8

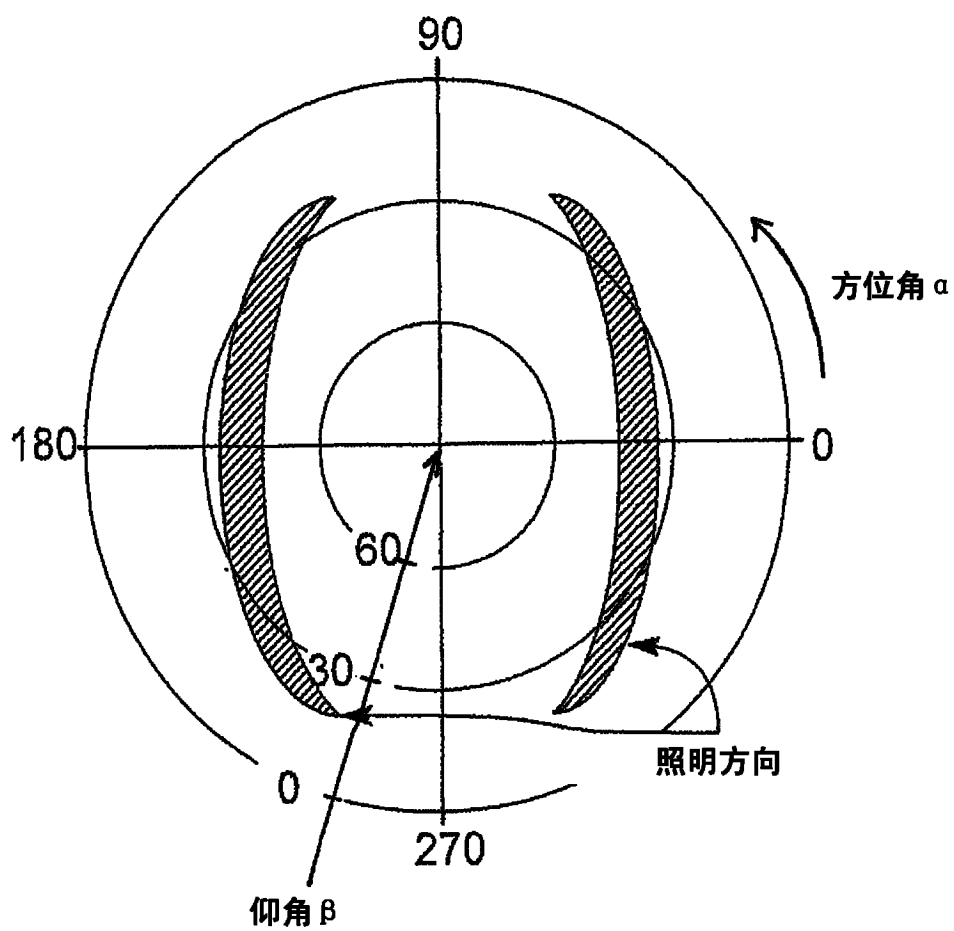


图 9

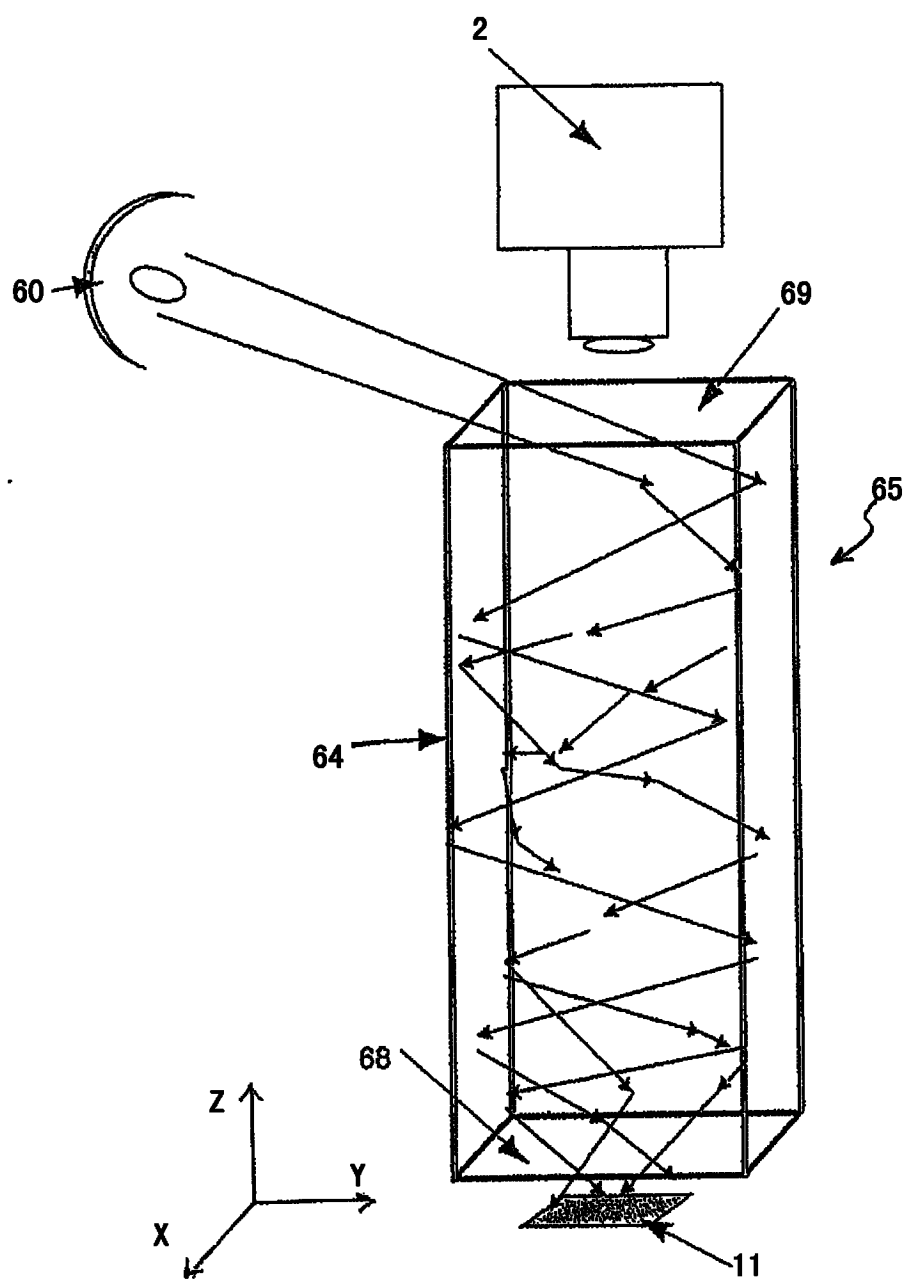


图 10

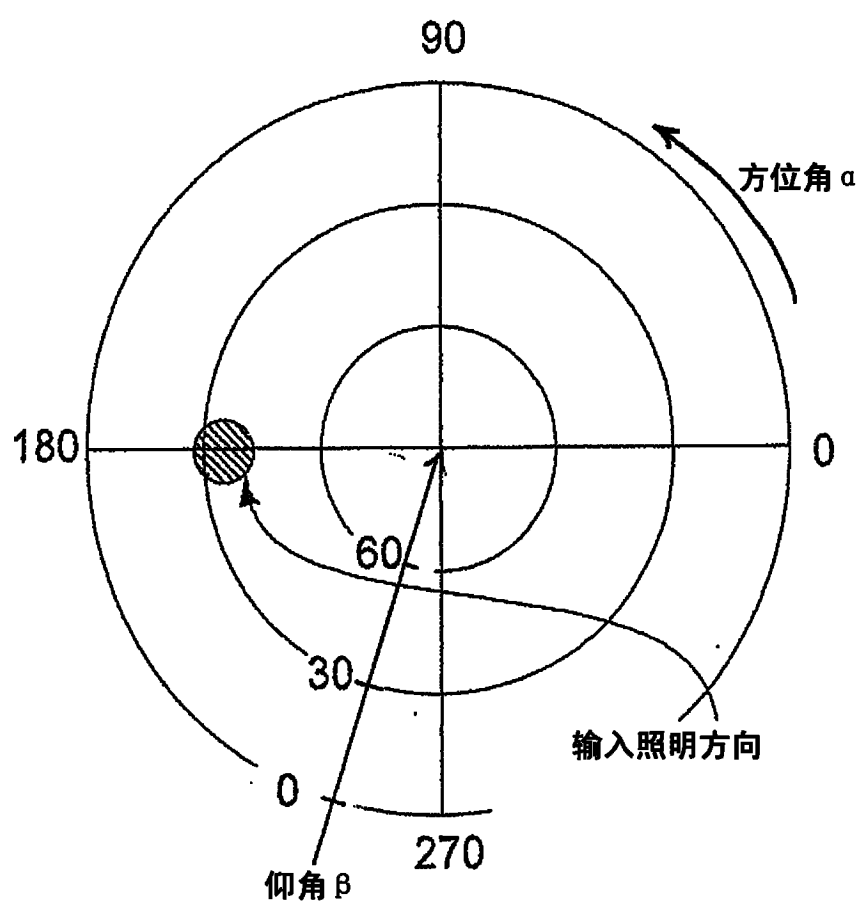


图 11

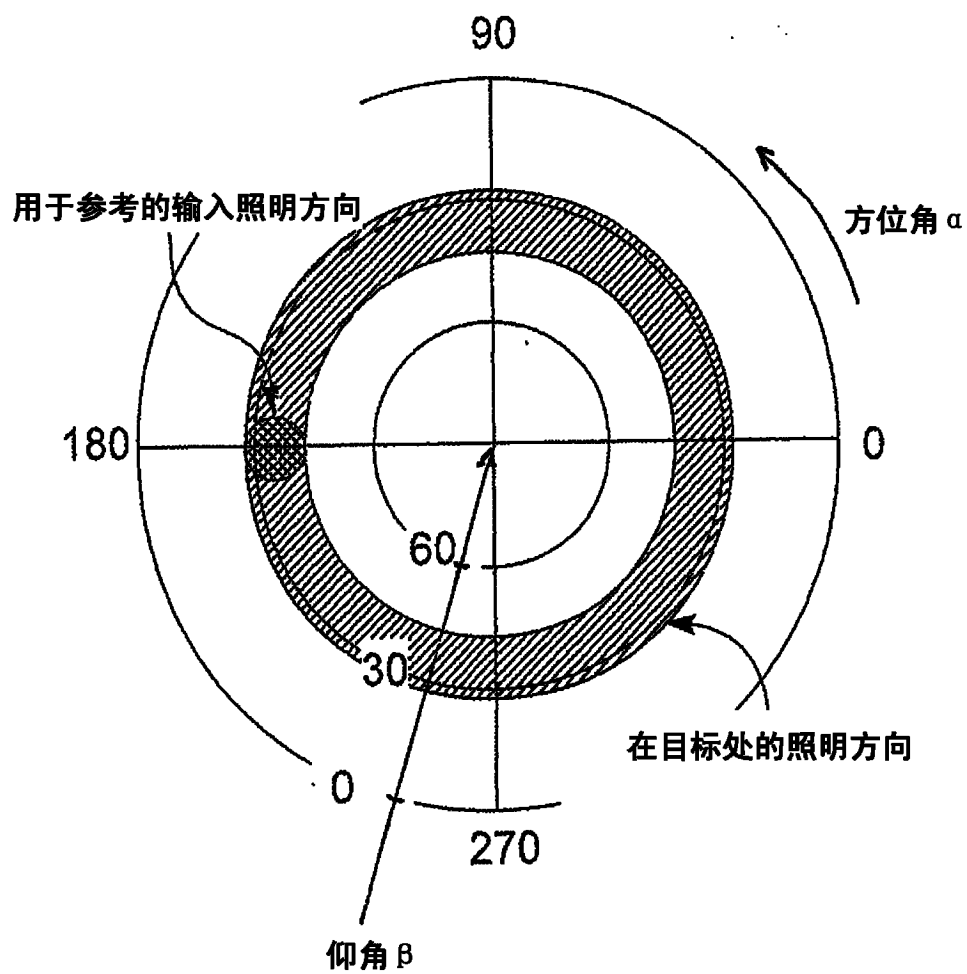


图 12

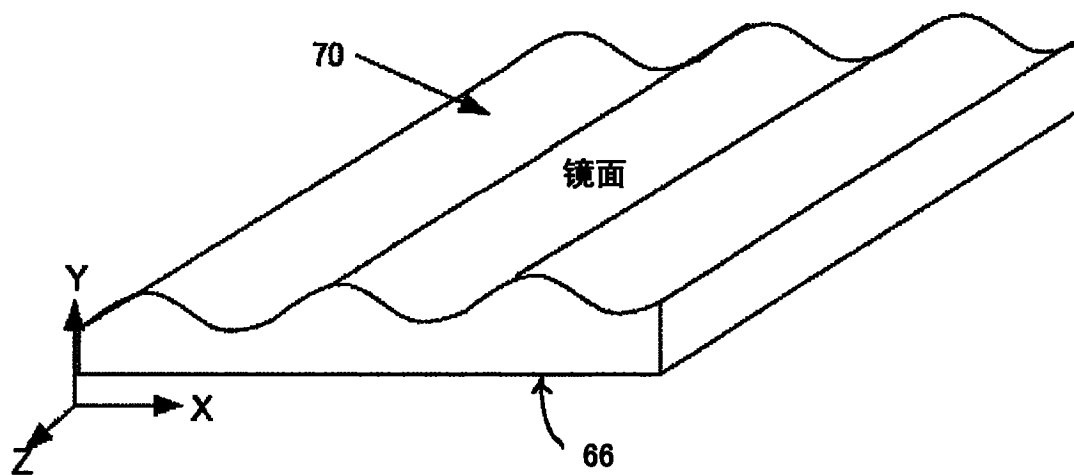


图 13

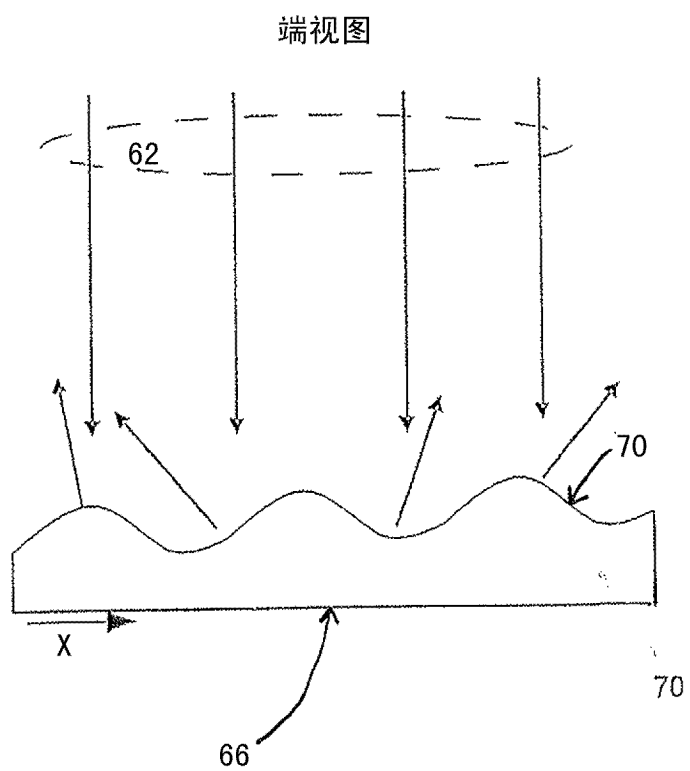


图 14A

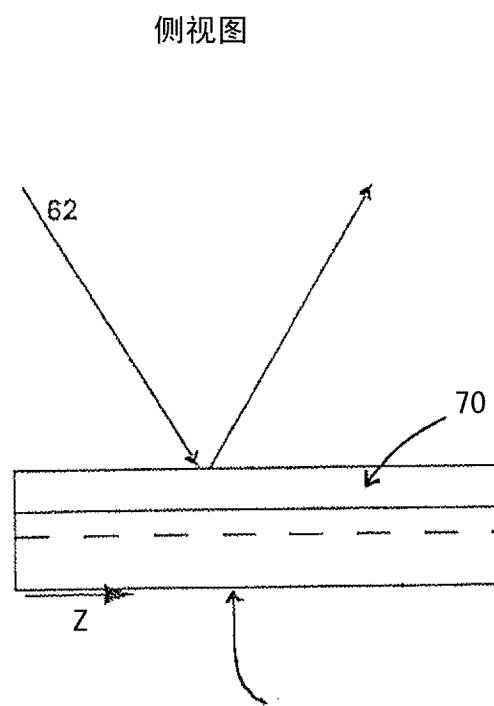


图 14B

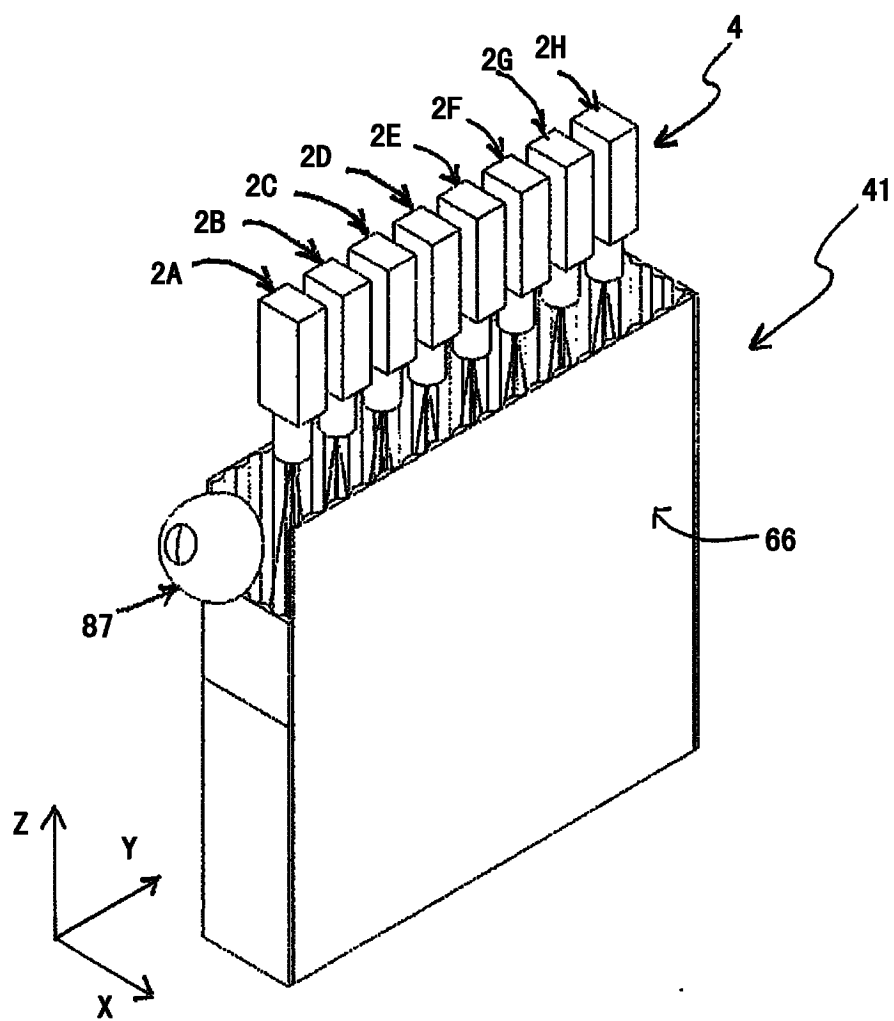


图 15A

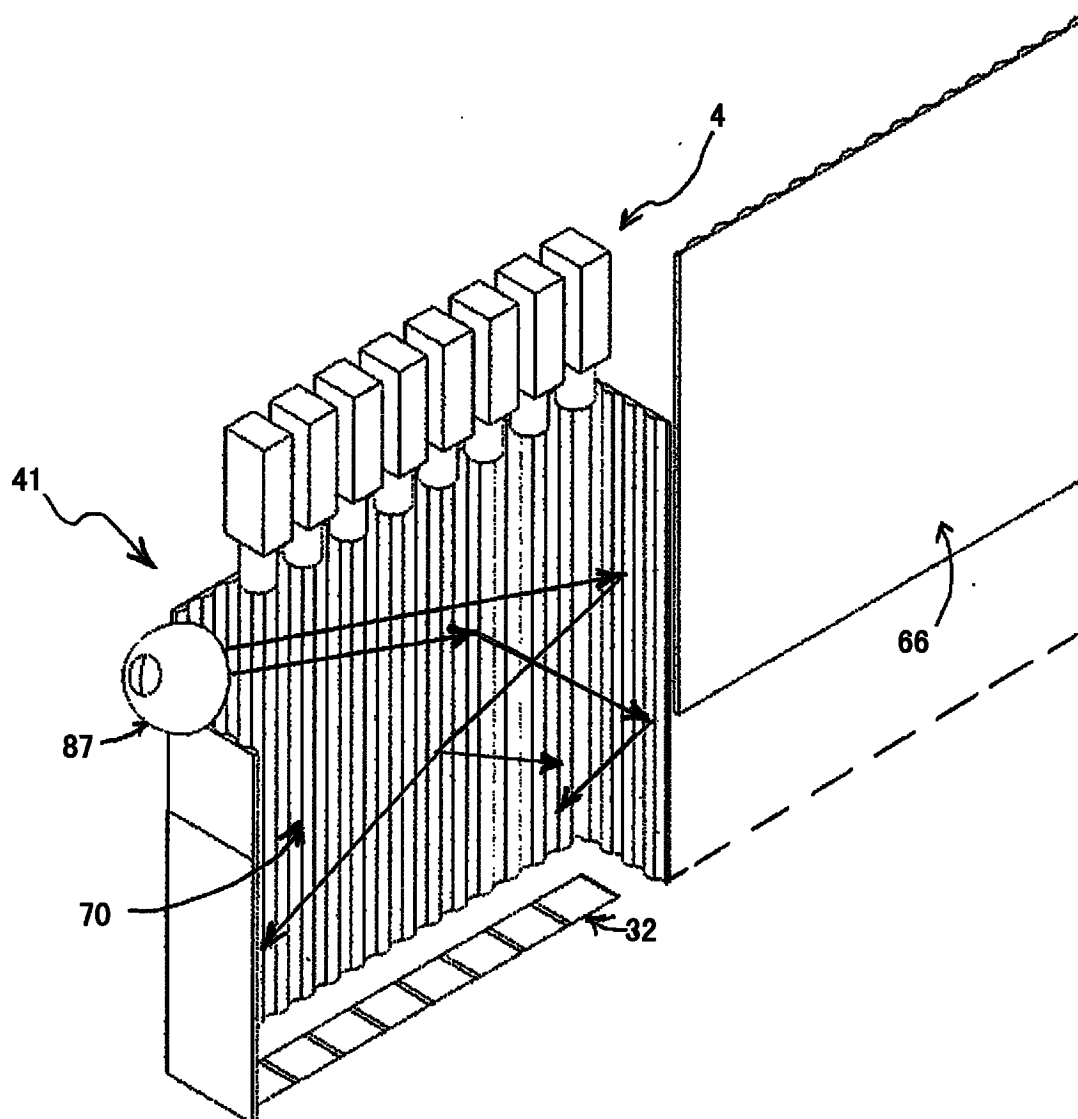


图 15B

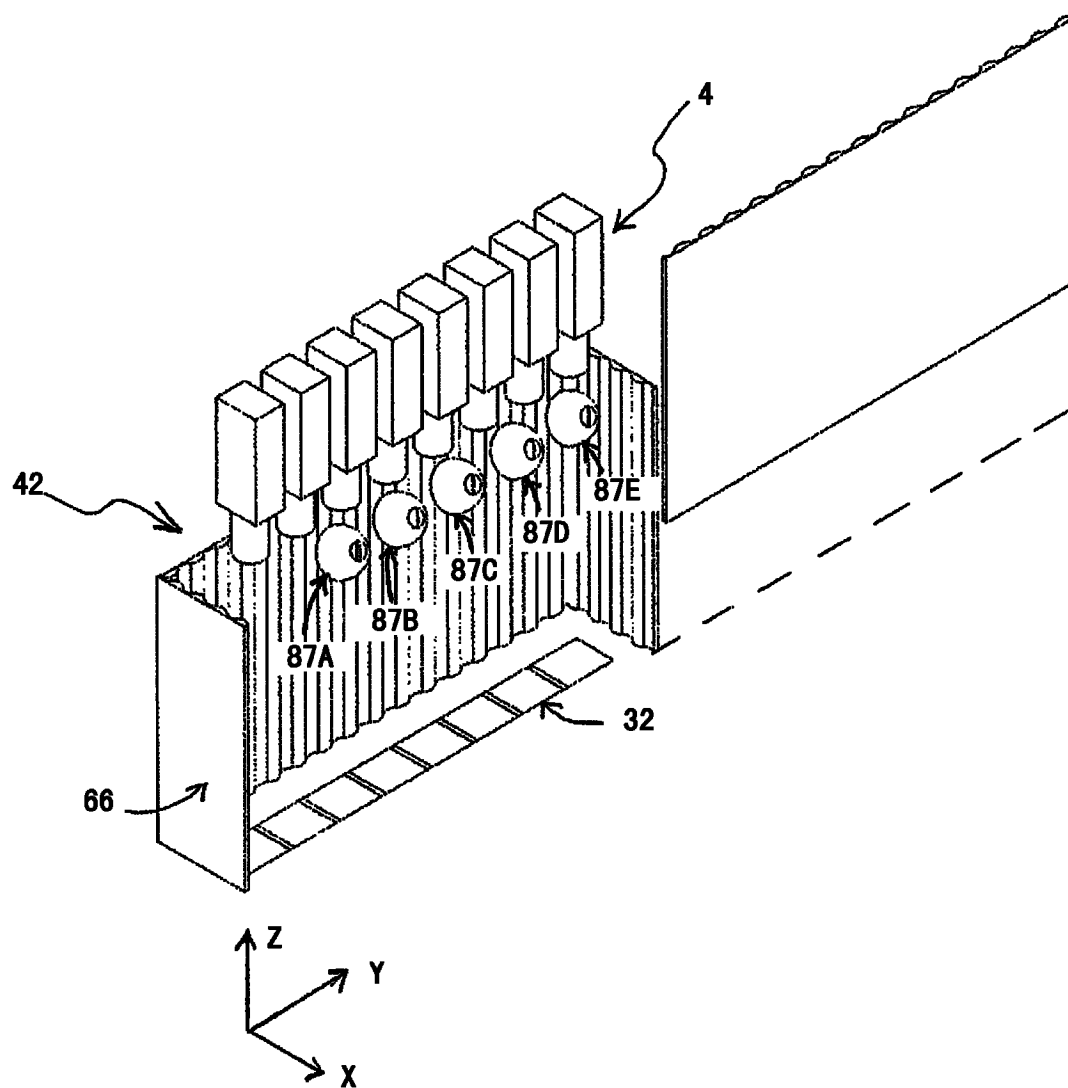


图 16

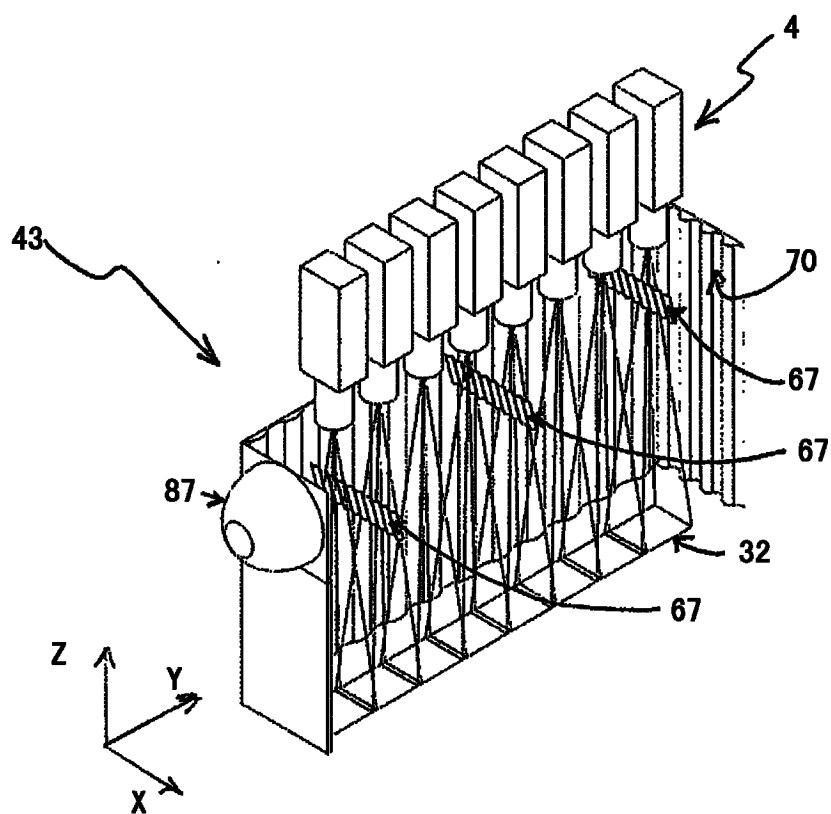


图 17A

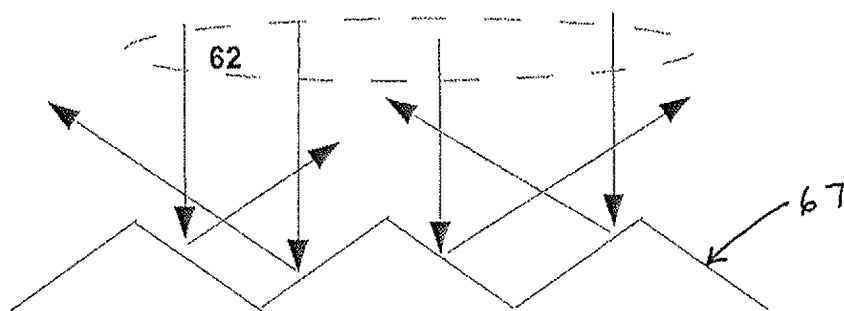


图 17B

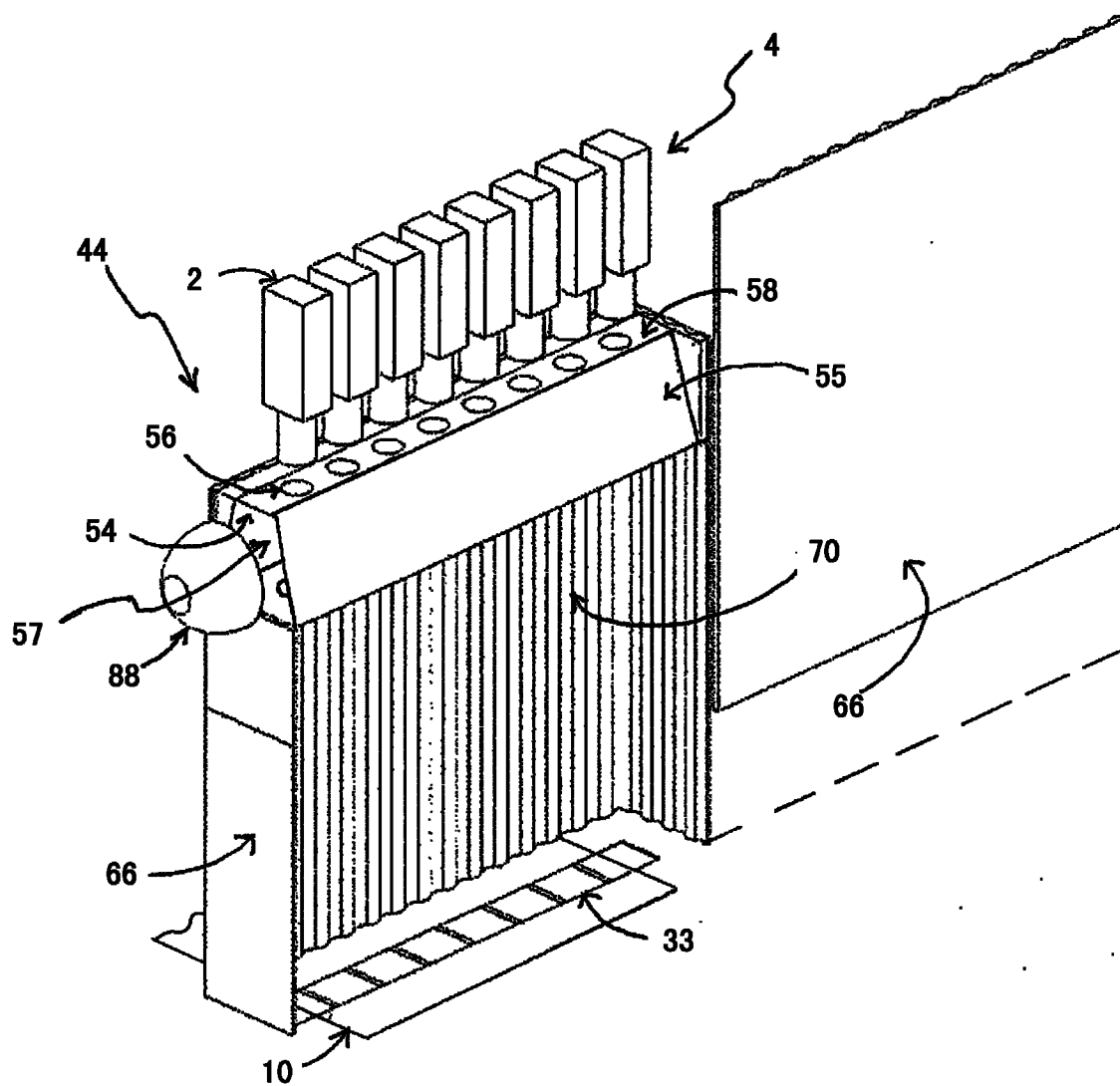


图 18

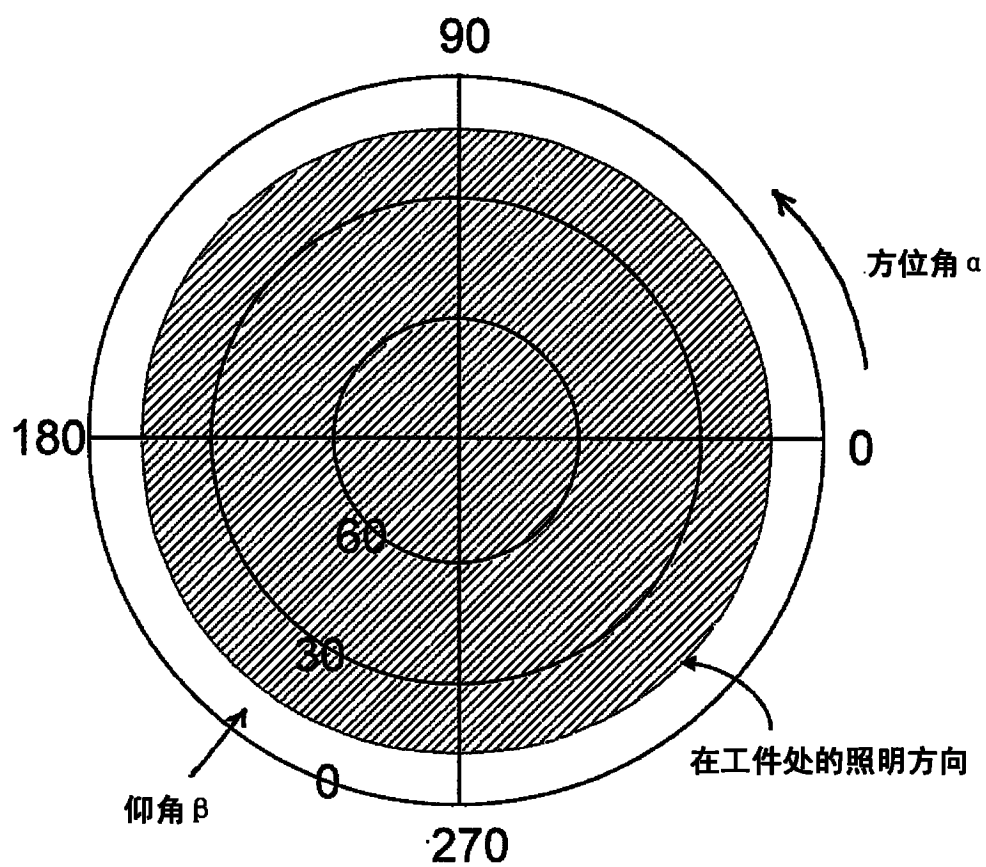


图 20

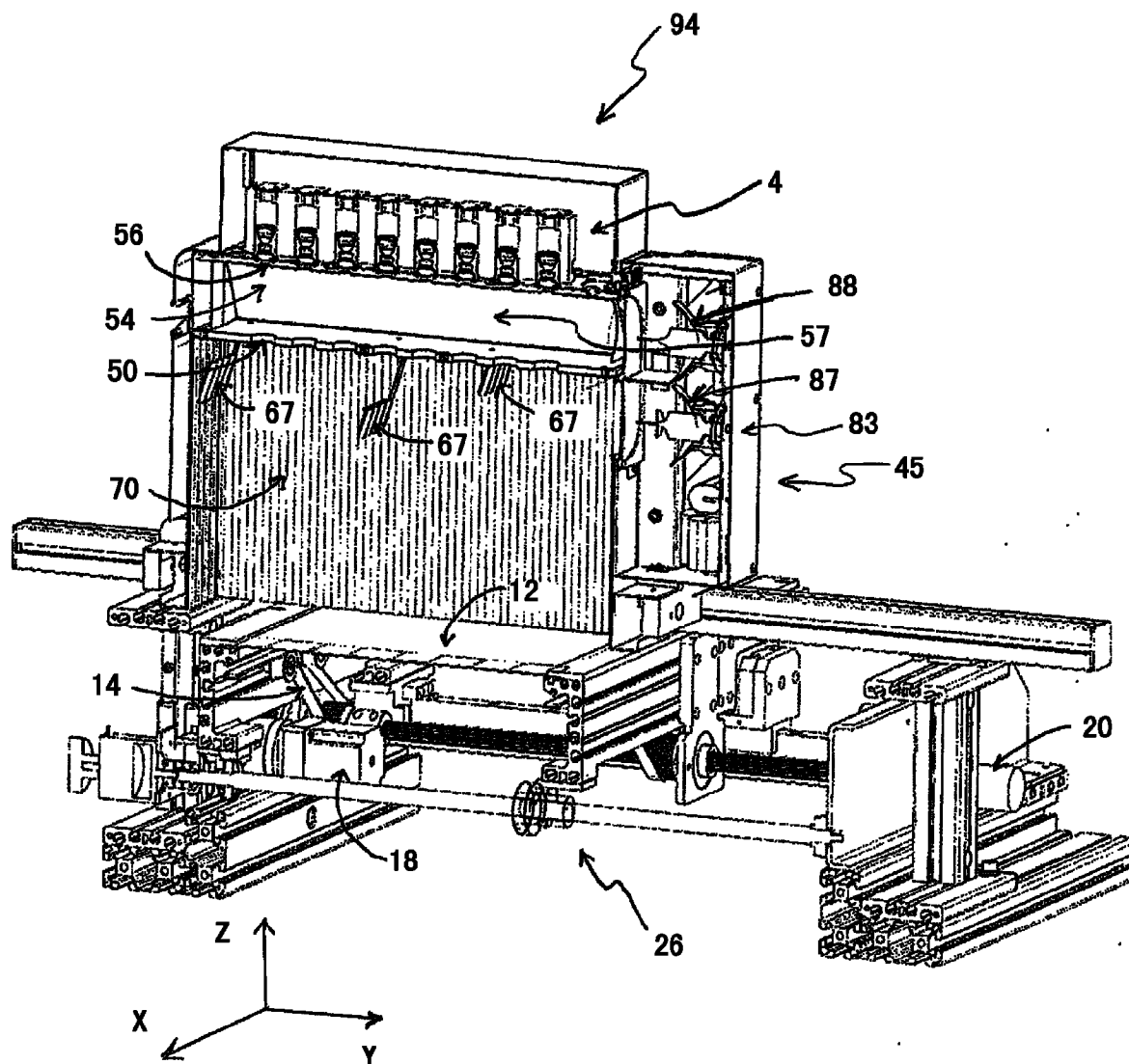


图 21

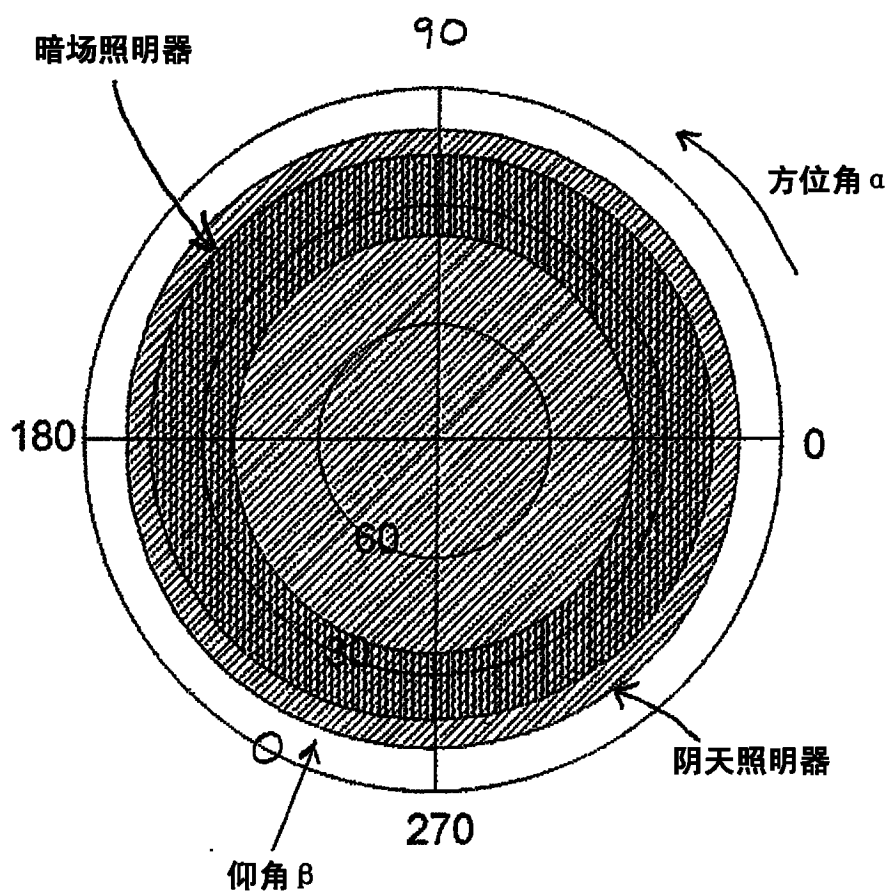


图 22

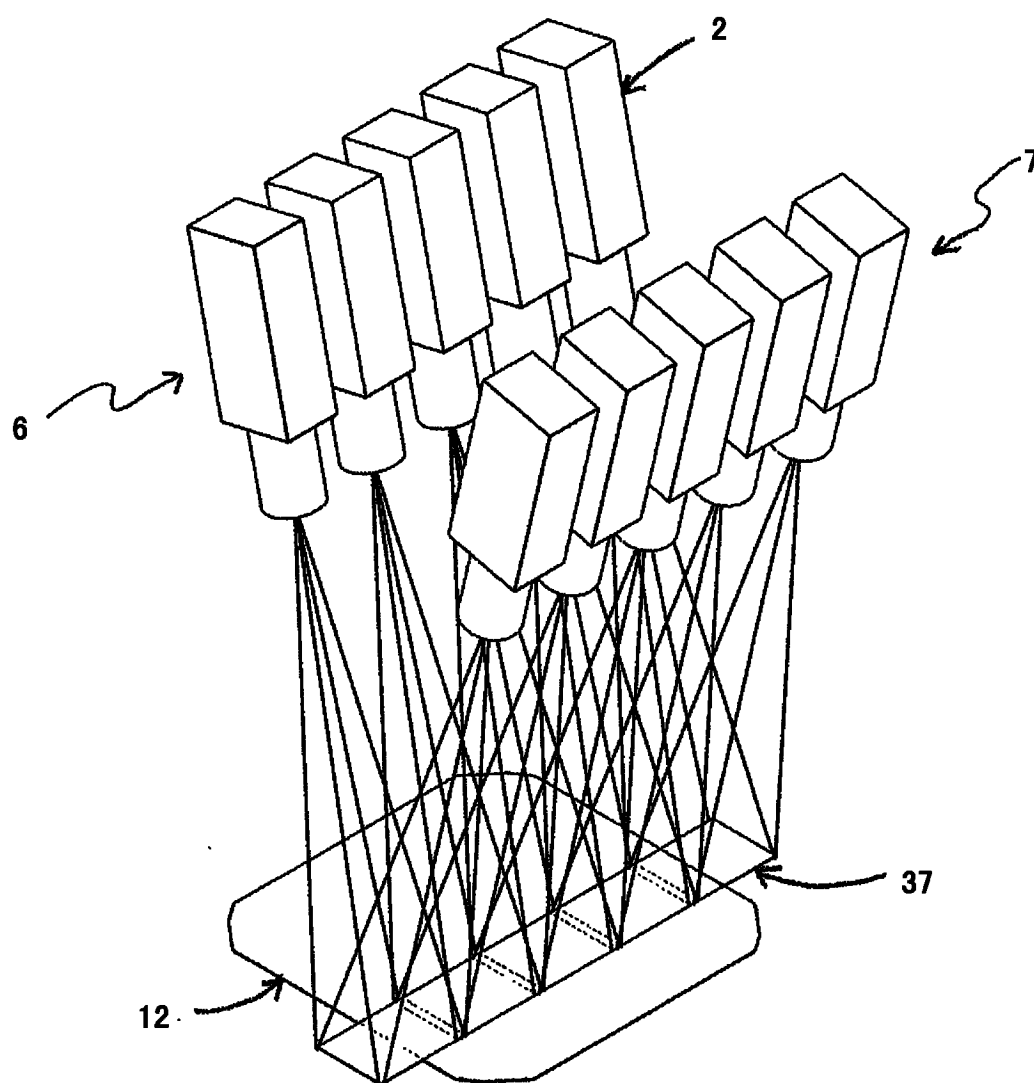


图 23

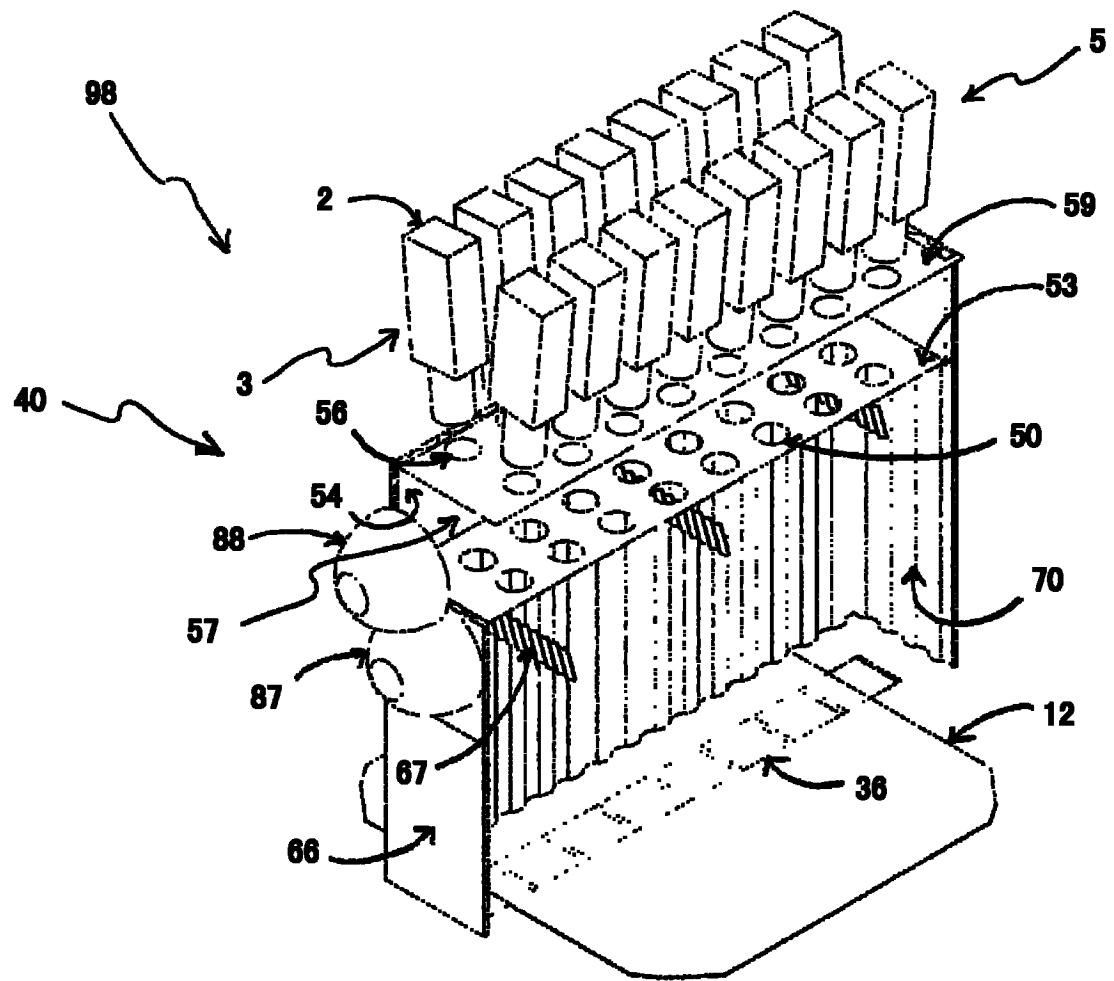


图 24

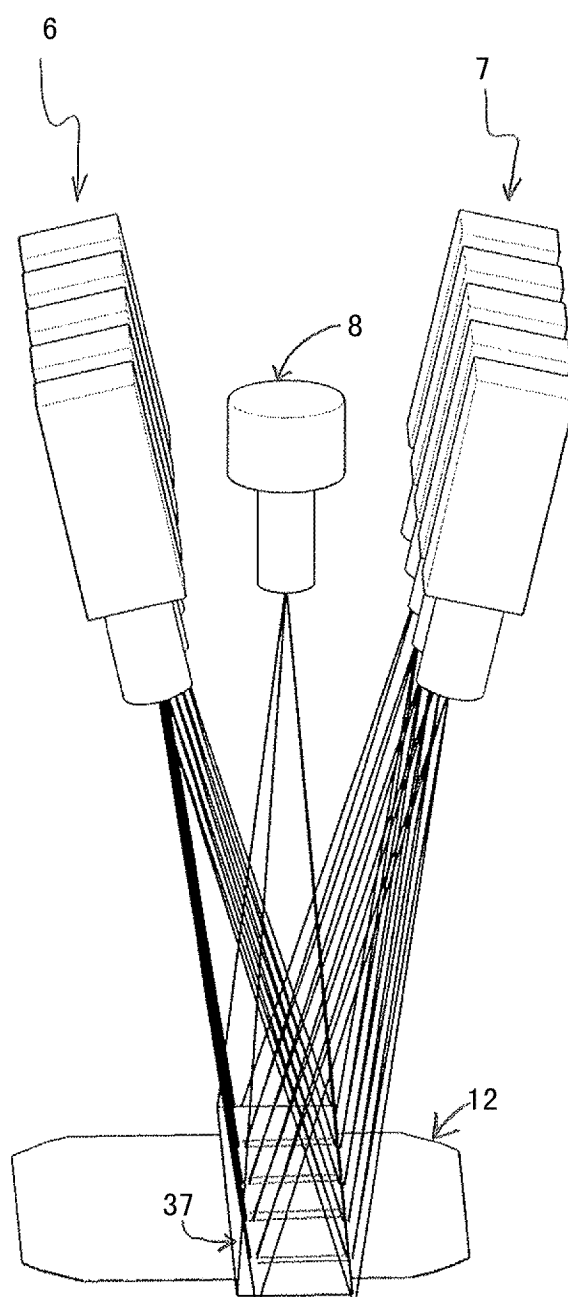


图 25

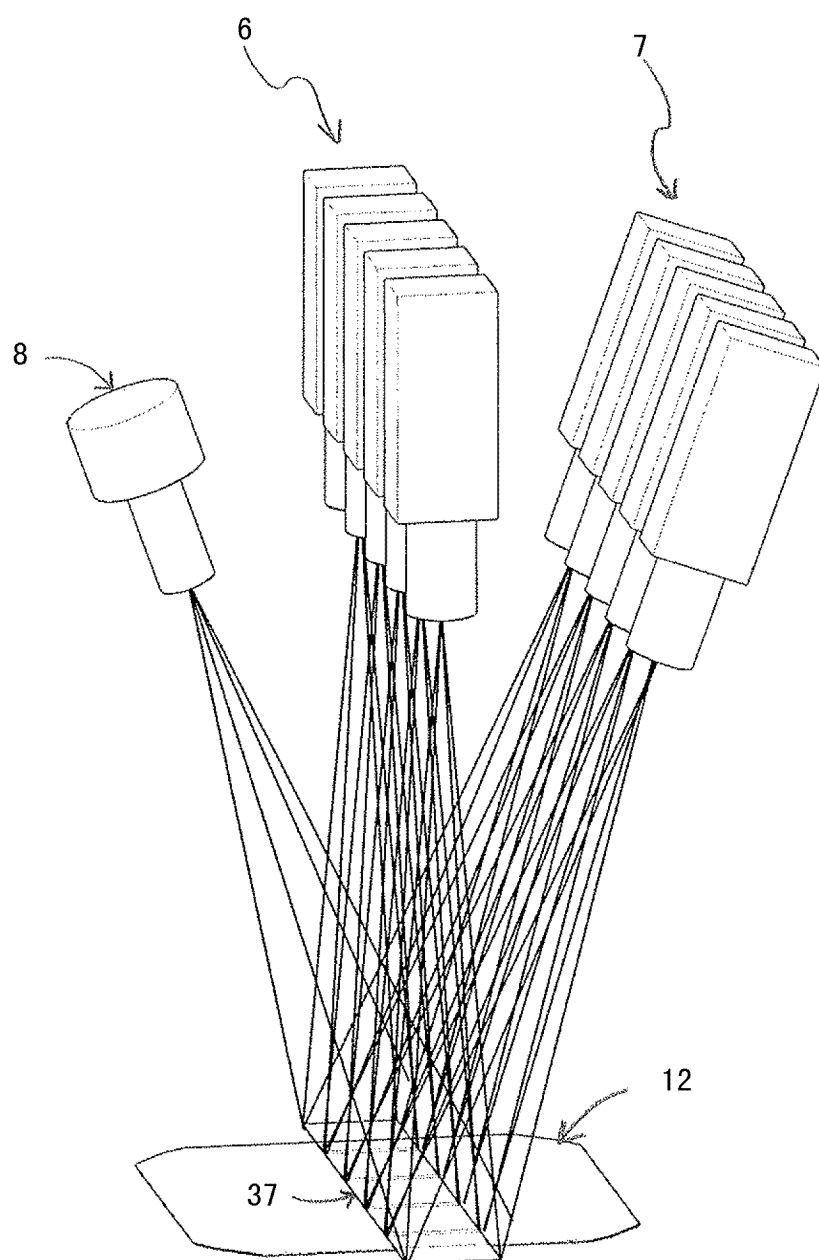


图 26

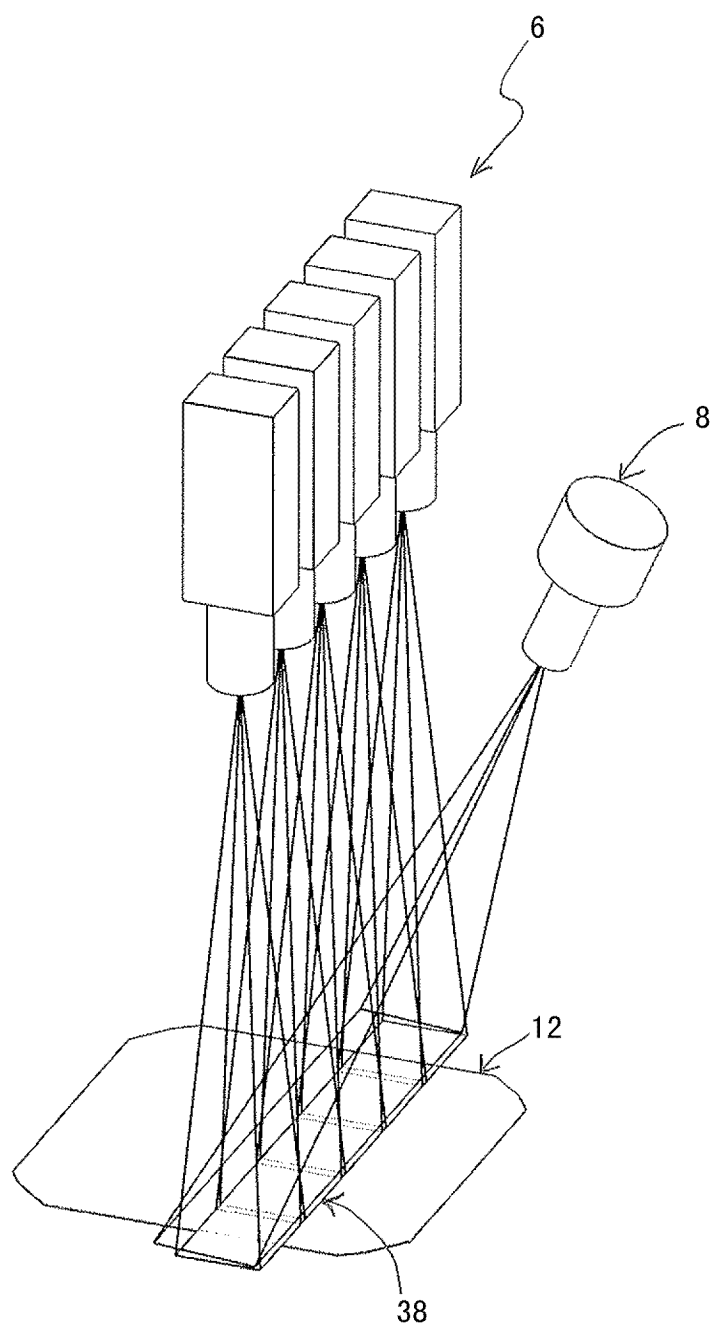


图 27