



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103458252 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201310356466. 0

(22) 申请日 2007. 04. 11

(30) 优先权数据

60/791, 074 2006. 04. 11 US

(62) 分案原申请数据

200780012965. 0 2007. 04. 11

(73) 专利权人 微视公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 兰黛尔·B·斯帕拉古

乔舒亚·O·米勒

玛格丽特·K·布朗

马克·O·弗里曼 马尔滕·尼斯滕

薛彬 克里斯托弗·A·维克勒夫

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 陆弋 王伟

(51) Int. Cl.

H04N 9/31(2006. 01)

G02B 27/10(2006. 01)

G02B 27/14(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1455883 A, 2003. 11. 12,

US 2003011751 A1, 2003. 01. 16,

WO 2005040929 A2, 2005. 05. 06,

审查员 郭倩茜

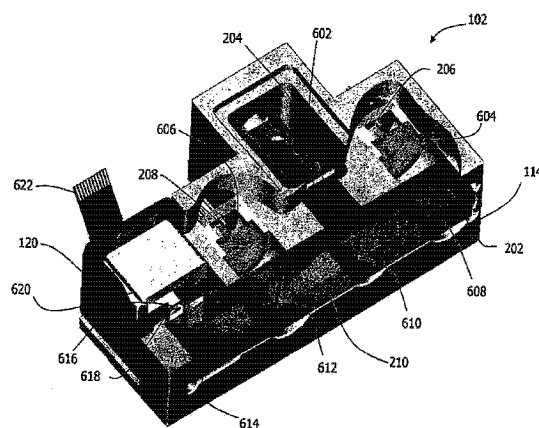
权利要求书2页 说明书18页 附图33页

(54) 发明名称

束扫描器

(57) 摘要

本发明提供一种束扫描器,包括:选择性反射器,其被对准以沿第一轴接收第一光束并沿第二轴反射至少一部分第一光束;和 MEMS 束扫描器,其被对准以从选择性反射器沿第二轴接收第一光束,并可用作将第一光束朝向基本与选择性反射器面对的视场反射作为被周期性地扫描的第二光束,其中该选择性反射器允许第二光束的主要部分通过视场;光学框架,其能用于保持所述选择性反射器和 MEMS 扫描器之间的对准;至少两个光源,其能用于发射至少第三和第四调制光束;和束组合器,其被构造成将至少第三和第四调制光束组合成第一光束并朝向选择性反射器沿第一轴射出第一光束;其中该光学框架能用于保持至少两个光源、束组合器、选择性反射器以及 MEMS 扫描器之间的对准。



1. 一种束扫描器,包括:

选择性反射器,其被对准以沿着第一轴接收第一光束并沿着第二轴反射至少一部分所述第一光束;

MEMS 束扫描器,其被对准以从所述选择性反射器沿着所述第二轴接收所述第一光束,并且能用作将所述第一光束朝向与所述选择性反射器面对的视场反射作为被周期性地扫描的第二光束;

其中所述选择性反射器被构造成允许所述第二光束的主要部分通过所述视场;

光学框架,所述光学框架能用于保持所述选择性反射器和所述 MEMS 束扫描器之间的对准;

至少两个光源,所述至少两个光源能用于发射至少第三和第四调制光束;和

束组合器,其被构造成将所述至少第三和第四调制光束组合成所述第一光束并朝向所述选择性反射器沿着所述第一轴射出所述第一光束;并且其中

所述光学框架能用于保持所述至少两个光源、所述束组合器、所述选择性反射器以及所述 MEMS 束扫描器之间的对准。

2. 如权利要求 1 所述的束扫描器,其中:

所述选择性反射器包括偏振束分离器;

在将所述偏振束分离器构造成反射的方向上偏振所述第一光束;和

在将所述偏振束分离器构造成通过的方向上偏振所述第二光束。

3. 如权利要求 2 所述的束扫描器,还包括:

被对准在所述偏振束分离器和所述 MEMS 束扫描器之间的偏振旋转器。

4. 如权利要求 3 所述的束扫描器,其中所述偏振旋转器包括四分之一波长延迟器。

5. 如权利要求 1 所述的束扫描器,还包括至少一个光源,所述至少一个光源可用作发射调制光束,并且被耦合到外壳并通过该外壳来保持与所述选择性反射器和所述 MEMS 束扫描器对准。

6. 如权利要求 1 所述的束扫描器,其中所述光学框架还能用作散热器,以从所述至少两个光源移走热量。

7. 如权利要求 1 所述的束扫描器,其中所述至少两个光源包括至少三个光源,所述至少三个光源包括红色激光二极管、蓝色激光器和绿色激光器。

8. 如权利要求 7 所述的束扫描器,还包括可操作地耦合到所述至少两个光源和所述 MEMS 束扫描器的束扫描器控制器。

9. 如权利要求 8 所述的束扫描器,其中至少一部分所述束扫描器控制器机械耦合到所述光学框架。

10. 如权利要求 9 所述的束扫描器,其中,整个束扫描器控制器被机械耦合到所述光学框架。

11. 如权利要求 9 所述的束扫描器,其中所述光学框架进一步被构造成物理安装到主系统。

12. 如权利要求 8 所述的束扫描器,其中所述束扫描器控制器包括可用作驱动所述 MEMS 束扫描器的 MEMS 控制器。

13. 如权利要求 12 所述的束扫描器,其中所述束扫描器控制器还可用作产生并发送扫

描器同步信号。

14. 如权利要求 12 所述的束扫描器,其中所述束扫描器控制器还包括至少一个传感器,所述至少一个传感器可用作测量操作变量并发送与所测量的操作变量相对应的信号。

15. 如权利要求 14 所述的束扫描器,其中所述操作变量包括选自如下项中的至少一个:环境光、温度、自动相位测量结果以及扫描器故障。

16. 如权利要求 8 所述的束扫描器,其中所述束扫描器控制器还包括光源驱动器,所述光源驱动器可用作接收光源驱动信号并且响应性地驱动所述至少三个光源以发射调制光束。

17. 如权利要求 16 所述的束扫描器,其中所述束扫描器控制器还包括视频控制器,所述视频控制器可用作从所述 MEMS 控制器接收同步信号并接收视频图像,且与所述同步信号同步地响应性地将所述光源驱动信号发送到光源驱动器。

18. 如权利要求 17 所述的束扫描器,其中所述视频控制器可用作从系统资源接收所述视频图像。

19. 如权利要求 18 所述的束扫描器,还包括媒体模块,所述媒体模块可用作耦合到所述系统资源和所述视频控制器,并且其中所述媒体模块可用作从所述系统资源接收第一格式的视频图像、将该视频图像转换成与所述视频控制器兼容的第二格式、以及将第二格式的视频信号发送到所述视频控制器。

20. 如权利要求 1 所述的束扫描器,其中所述光学框架进一步被构造成物理地安装到主系统。

21. 如权利要求 1 所述的束扫描器,其中所述第二轴与位于视场中心的点对准。

22. 如权利要求 1 所述的束扫描器,其中所述 MEMS 束扫描器具有中止位置且垂直于所述 MEMS 束扫描器的所述中止位置地对准所述第二轴。

23. 如权利要求 22 所述的束扫描器,其中所述 MEMS 束扫描器的所述中止位置对应于当从所述 MEMS 束扫描器移除电力时该 MEMS 束扫描器的反射镜所占据的位置。

束扫描器

[0001] 分案申请

[0002] 本申请是申请号为 200780012965.0 的中国专利申请的分案申请,上述申请的申请日为 2007 年 4 月 11 日,发明名称为“集成光子学模块以及使用该集成光子学模块的设备”。

[0003] 相关申请的交叉引用

[0004] 本申请要求于 2006 年 4 月 11 日提交的美国临时专利申请系列号 60/791,074 的优先权,且通过参考将其结合于此。

背景技术

[0005] 视频显示器广泛地用于各种应用中,包括便携式和固定位置的应用。在至少一些应用中,且尤其是在一些便携式应用中,可视屏幕尺寸至今已受到产品封装的物理尺寸的限制。

发明内容

[0006] 根据本发明的一个方面,提供了一种束扫描器,包括:选择性反射器,其被对准以沿着第一轴接收第一光束并沿着第二轴反射至少一部分所述第一光束;和 MEMS 束扫描器,其被对准以从所述选择性反射器沿着所述第二轴接收所述第一光束,并且可用作将所述第一光束朝向基本与所述选择性反射器面对的视场反射作为被周期性地扫描的第二光束,其中所述选择性反射器被构造成允许所述第二光束的主要部分通过所述视场;光学框架,所述光学框架能用于保持所述选择性反射器和所述 MEMS 扫描器之间的对准;至少两个光源,所述至少两个光源能用于发射至少第三和第四调制光束;和束组合器,其被构造成将所述至少第三和第四调制光束组合成所述第一光束并朝向所述选择性反射器沿着所述第一轴射出所述第一光束;并且其中所述光学框架能用于保持所述至少两个光源、所述束组合器、所述选择性反射器以及所述 MEMS 扫描器之间的对准。

[0007] 集成光子学模块提供了一种可集成到一系列系统内的小型扫描束(swept-beam)显示器。根据一些实施例,小型扫描束显示器可被构造成投射物理尺寸大于系统、产品或容纳集成光子学模块的封装件的物理尺寸的图像。

[0008] 根据一些实施例,集成光子学模块包括一个或多个光源诸如激光器、束成形光学器件、组合光学器件、MEMS 扫描器以及一个或多个机械部件诸如光学框架,以便于安装和保持光学对准。根据一些实施例,集成光子学模块可包括 MEMS 驱动电子器件、光源驱动电子器件、传感器、以及视频电子器件中的一些或全部。根据各种实施例,MEMS 驱动电子器件可包括 MEMS 控制器、一个(多个)D/A 和 / 或 A/D 转换器以及一个(多个)MEMS 驱动放大器。视频控制器电子器件可包括光源控制器、一个(多个)D/A 转换器和一个(多个)光源驱动放大器。根据其它实施例,集成光子学模块的输出可代替诸如被构造成将光传送到远程扫描器的光纤耦合器这样的束扫描器的不同接口。

附图说明

- [0009] 图 1 是根据实施例的集成光子学模块的框图。
- [0010] 图 2 是根据实施例的至少一部分集成光子学模块的透视图。
- [0011] 图 3 是根据实施例的至少一部分集成光子学模块的另一透视图。
- [0012] 图 4 是根据实施例的至少一部分集成光子学模块的另一透视图。
- [0013] 图 5 是根据实施例的包括外部尺寸的至少一部分集成光子学模块的另一透视图。
- [0014] 图 6 是根据实施例的图 2 — 5 的至少一部分集成光子学模块的局部剖视图。
- [0015] 图 7 是根据实施例的图 2 — 5 的至少一部分集成光子学模块的另一局部剖视图。
- [0016] 图 8 是根据实施例的图 2 — 5 的至少一部分集成光子学模块的另一局部剖视图。
- [0017] 图 9 是根据实施例的图 2 — 8 的集成光子学模块的一些主要光学部件的视图。
- [0018] 图 10 是根据实施例的用于图 2 — 8 的集成光子学模块的光学框架的视图。
- [0019] 图 11 是根据实施例的包括机械耦合电路板的至少一部分集成光子学模块的透视图。
- [0020] 图 12 是根据实施例的可用在图 2 — 8 的集成光子学模块中的 MEMS 扫描器的透视图。
- [0021] 图 13 是示出根据实施例的用于集成光子学模块三种应用的示例性束形状和束成形光学器件的视图。
- [0022] 图 14 是示出根据实施例的用于集成光子学模块的束成形光学器件的分立变型形式和集成变型形式的视图。
- [0023] 图 15 是示出根据实施例的用于便携式扫描束投影仪的至少一部分集成光子学模块的视图。
- [0024] 图 16 是示出根据实施例使图 15 的至少一部分集成光子学模块适合于扫描束平视显示器 (head-up display) 应用的视图。
- [0025] 图 17 是示出根据实施例将图 16 的透镜元件集成到集成透镜中的视图。
- [0026] 图 18 是根据实施例的至少一部分集成光子学模块的透视图, 示出了光传导路径和可选的适配器光学器件的布置。
- [0027] 图 19 是示出根据实施例的至少一部分集成光子学模块的束组合器和光源的关系的视图。
- [0028] 图 20 是示出根据实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。
- [0029] 图 21 是示出根据另一实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。
- [0030] 图 22 是示出根据另一实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。
- [0031] 图 23 是示出根据另一实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。
- [0032] 图 24 是示出根据另一实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。
- [0033] 图 25A 是示出根据另一实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。
- [0034] 图 25B 是示出根据实施例的包括非成像检测器的至少一部分集成光子学模块的视图。
- [0035] 图 25C 是示出根据实施例的具有焦面检测器的至少一部分集成光子学模块的视图。
- [0036] 图 25D 是示出根据实施例的至少一部分集成光子学模块的视图, 其中扫描器被对

准以接收通过选择性反射镜的调制合成束。

[0037] 图 25E 是示出根据实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图,其中束扫描器处于除垂直于标称图像投射方向以外的平面内。

[0038] 图 26 是示出根据另一实施例的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图,其中一个光源与束组合器轴向对准。

[0039] 图 27 是根据实施例的包括至少一部分集成光子学模块的扫描器控制器的框图。

[0040] 图 28 是根据实施例的包括具有至少一部分集成光子学模块的扫描器控制器和光源的显示器控制器的框图。

[0041] 图 29 是示出根据实施例的集成到移动电子设备中的集成光子学模块的使用的视图。

[0042] 图 30 是示出根据实施例的集成光子学模块在平视显示器应用中的使用的视图。

[0043] 图 31 是使用根据实施例的集成光子学模块的便携式扫描束投影显示器的透视图。

具体实施方式

[0044] 图 1 是根据实施例的包括用于显示图像诸如视频图像的集成光子学模块 102 的电子器件 101 的框图。根据说明性实施例,集成光子学模块 102 可包括与系统资源 104 的接口。视频控制器电子器件 106 接收输入视频信号,并可具体化为包括系统控制器和软件 108 的集成视频专用集成电路(ASIC)。视频控制器电子器件 106 可在视频存储器 110 中至少临时缓冲所接收的视频图像,该视频存储器 110 可包括帧缓冲存储器和屏幕显示菜单。当到时间显示新的视频帧的时候,视频控制器电子器件 106 就从视频存储器 110 读取高速缓存的视频帧并将一个或多个光源驱动器 112 顺序驱动至与输入视频信号中的像素值对应的一系列亮度值。根据实施例,光源驱动器 112 驱动一个或多个光源 116,该一个或多个光源 116 可包括在集成光子学模块 102 的集成光学引擎部分 114 中。光源 116 产生一条或多条调制光束,可通过组合器和束成形光学器件 118 将该光束成形并组合成调制合成光束 119。光源 116 例如可包括红、绿和蓝色的已调制激光。根据一些实施例,调制合成光束 119 可被导向到扫描器 120,该扫描器 120 例如是 MEMS 扫描器,可操作其以在视场(FOV)内扫描调制合成束从而产生图像。

[0045] 当视频控制器电子器件 106 驱动光源驱动器 112 时,它同时驱动扫描器驱动器 122,该扫描器驱动器 122 可选地具体化为扫描器驱动 ASIC,根据一些实施例,该扫描器驱动 ASIC 也可含有扫描器驱动器和软件 124。可操作扫描器驱动器 122 以驱动扫描器 120,从而以周期性扫描模式顺序扫描在整个 FOV 上的发射光作为调制扫描光束 125。

[0046] 扫描器 120 偏转在整个 FOV 上的调制光束以产生扫描光束 125。通过终端光学器件 126 可选地调节和/或中继(relay)扫描光束 125 以产生视频图像 128。

[0047] 总之,光源 116、组合器和束成形光学器件 118、以及扫描器 120,与机械安装结构、致动器等一起,可包括集成光学引擎 112;其也可包括集成光子学模块。扫描光束 125 的瞬时位置顺序地照亮 FOV 中的点,该 FOV 包括显示器表面、出瞳扩张器(EPE)、或投射屏幕。为了显示图像,顺序照亮 FOV 中的基本所有点,标称为具有正比于与每个点对应的输入视频图像像素的亮度的功率量。

[0048] 当束照亮点时,一部分照明光束被反射或散射成散射能量。一部分散射光能可传送到一个或多个观察者 130。观察者眼中和头脑中的视觉连续性将 FOV 中被照亮的点的顺序结合到可识别视频图像 128 中,该可识别视频图像 128 可包括静止图像和 / 或运动图像。

[0049] 根据一些实施例,也可对准光检测器(未示出)以从 FOV 接收一部分散射光能。可将多种处理应用于所接收的散射光能以提供功能性。在检测器功能性的一些实施例中,检测器可包括为集成光子学模块的一部分。可以经由向后聚光(retro-collective)或共焦布置来对准这种检测器以接收从扫描器扫描出来的能量,或者可以经由凝视型(staring)检测装置来对准这种检测器以直接从 FOV 或者通过中继光学器件从 FOV 接收光。

[0050] 光源 116 可包括多个发射器,诸如发光二极管(LED)、激光器、热源、电弧光源、荧光光源、气体放电光源或其它类型的发射器。根据一个实施例,光源 116 包括具有大约 635 至 670 纳米(nm)波长的红色激光二极管。根据另一个实施例,光源 116 包括三个激光器,其包括可用于发出大约 635nm 束的红色二极管激光器;绿色二极管泵浦固态(DPSS)激光器,诸如由约 1064nm 波长的红外激光二极管激励的频率耦合或第二谐波发生器(SHG)激光器,可操作该绿色 SHG 激光器以发出约 532nm 的绿色光束;以及可用于发出约 473nm 的光的蓝色激光二极管。虽然可直接调制一些激光器,但是其它激光器需要外部调制诸如声光调制器(AOM)。在使用外部调制器的情况下,考虑部分光源 116。激光二极管光源示例为以下示出的集成光子学模块实施例的部分。

[0051] 对准束组合和成形光学器件 118 以接收由光源发出的光束并将一些或所有束组合成单条束。束组合和成形光学器件 118 也可以包括束成形光学器件诸如一个或多个圆形透镜(circularizing lenses)、准直透镜、聚焦透镜、中继透镜(relay lenses)和 / 或孔径及波长选择光学器件诸如双折射滤光器(birefringent filter)、凝胶滤光器(gel filter)、热反射镜等。此外,虽然所描述的波长已经在可见光范围内,但是其它波长也可在本发明的范围内。

[0052] 根据各种实施例,扫描器 120 可使用很多公知技术形成,所述公知技术诸如有旋转反射镜的多边形(rotating mirrored polygon)、音圈上的反射镜、固定到高速马达上的反射镜、双压电晶片梁(bimorph beam)上的反射镜、同轴或“共轴”回转扫描元件、MEMS 扫描器或其它类型。MEMS 扫描器可以是例如名称为“MEMS DEVICE HAVING SIMPLIFIED DRIVE”的美国专利申请序列号 10/984327 中描述的类型,通过参考将其结合于此。

[0053] 在 1D 扫描器的情况下,扫描器可包括被驱动以沿着单个轴扫描输出束的第一束导向器和被驱动以在第二轴上扫描输出束的第二束导向器。在这种系统中,两个扫描器都称作扫描器 120。在 2D 扫描器的情况下,驱动扫描器 120 被驱动以沿着多个轴(可选地,通过终端光学器件 126)扫描输出束 125,从而顺序照亮视场内的像素,以生成图像 128。

[0054] 对于小型和 / 或便携式显示器系统 101,由于 MEMS 扫描器的频率、耐用性、可重复性和 / 或能量效率较高,因此通常优选这种器件。根据特定性能、环境或构造,对于一些应用优选批量的微加工或者表面微加工的硅 MEMS 扫描器。在图 12 中的透视图示出了一个示例性 MEMS 扫描器实施例。对于其它应用优选其它实施例。

[0055] 扫描器 120 的 2D MEMS 扫描器实施例在帧周期内在覆盖整个投射屏幕或投射屏幕所选区域的模式中高速扫描一个或多个光束 125。典型帧频例如可以是 60Hz。通常,谐振地运行一个或两个扫描轴是有利的。在一个实施例中,以约 19KHz 谐振运行一个轴,同时以

锯齿模式非谐振地运行另一个轴以产生渐进扫描模式。以单条束渐进扫描的双向方法,以大约 19KHz 的扫描频率水平扫描和以 60Hz 的锯齿模式垂直扫描能接近 SVGA 分辨率。在一个这种系统中,静电驱动水平扫描移动和磁性驱动垂直扫描移动。可选地,可磁性或电容性驱动水平扫描。静电驱动可包括静电板、梳状驱动装置或相似方法。在各种实施例中,可成正弦地或谐振地驱动两个轴。

[0056] 集成光子学模块 102 可具体化为单色的、全彩色的或超光谱的。一些实施例中,也希望在用于很多彩色显示器的常规 RGB 通道之间添加彩色通道。在此,应理解术语灰度级和相关讨论涉及这些实施例以及本发明范围内的其它方法或应用中的每一个。在下述的控制装置和方法中,像素灰度级在单色系统情况下可包括单个值,在彩色或超光谱系统的情况下可包括 RGB 三基色或更多基色。可对特定通道(例如红、绿和蓝色通道)单独施加控制或对所有通道全体施加控制,例如亮度调制。

[0057] 系统资源 104 可包括电源 132、用户界面 134、视频界面 136、和封装件 138。视频界面例如可包括 USB 端口、蓝牙、Wi-Fi、火线、SD 插座、IRdA 端口或其它接口,以接受用于投射的图像。根据各种实施例,可使用各种接口包括蓝牙、USB 等使视频界面与视频控制电子装置 106 通信。根据实施例,系统资源包括能够从无源存储器件例如 USB 驱动、SD 卡或其它存储器检索图像或视频,并单独或以幻灯片放映图像或视频的操作系统。这例如对于从数码相机接收存储器件以及将最近捕获的图像放映给朋友或家人是有用的。

[0058] 图 2、3 和 4 是根据实施例的集成光子学模块 102 的集成光学引擎部分 114 的一系列透视图。光学框架 202 相互光学对准地支撑三个光源 204、206 和 208;束成形光学器件(未示出);束组合器 210;以及束扫描器 120,以通过所示的输出面 212 传送扫描调制束。图 5 提供根据实施例的集成光子学模块 102 的集成光学引擎部分 114 的尺寸。如可看到的,封装件的外部尺寸(高 11.5mm 深 23mm 宽 40mm,或者小于高 1 / 2 英寸深 1 英寸宽 13 / 8 英寸)很小,从而甚至允许容易地集成到尺寸受限的便携式电子器件中。总计正好是 10.6 立方厘米(0.65 立方英寸)。如可从下面的图中看到的,该封装件在光源之间提供相对宽裕的间隙。通过在光源之间生成更紧密的间隙能够进一步缩窄封装件的宽度。

[0059] 根据一些实施例,光学框架 202 可热耦合到光源 204、206 和 208。这种热耦合可允许光学框架用作光源的散热器。热敏电阻、热电耦等可热耦合到光学框架 202 以监测温度。如果确定温度超出了操作范围,则可改变、停止光输出。

[0060] 图 6、7 和 8 是根据实施例的与图 2 — 4 的各透视图对应的、集成光子学模块 102 的集成光学引擎部分 114 的一系列透视局部剖视图。可看出图示束成形光学器件 602、604 和 606 被设置成从各光源 204、206 或 208 接收光束。当光源 204 包括 SHG 激光器时,其相应的束成形光学器件 602 可包括排除红外滤波器(infrared-excluding filter),其被构造用以防止红外泵浦光(infrared pump light)射出光源 204。可看出束组合器 210 的各反射镜 608、610 和 612 被对准以接收和沿着束组合器的长轴将来自光源 206、204 和 208 的光束导向作为合成束。对准选择性折叠反射镜 614 以接收合成束并将其导向到扫描器 120 的 MEMS 扫描器 618 部件的反射镜 616。可对准选择性折叠反射镜 614 以从基本垂直于标称反射镜(中心交叉)位置的方向朝向扫描反射镜 616 发射合成束。这种配置可用于最小化扫描束的几何失真。根据实施例的、包括扫描器 120 的磁体 620 和接口电缆 622 的附加部件也可从图 6 — 8 中看到。

[0061] 图 9 是示出根据实施例对准图 2—8 的集成光子学模块的一些主要光学部件的视图。这些部件如上所述。可看到集成光子学模块的束组合器 210 中的扫描束出射面 212。

[0062] 图 10 是根据实施例的图 2—8 的集成光子学模块的光学框架 202 的视图。根据实施例,光学框架 202 可由金属诸如铝、钛等使用压铸件工艺制造。可选地,光学框架 202 可包括注射成型的塑性材料诸如玻璃填充或其它尺寸稳定的塑性材料。任选地,对光学框架进行二次加工操作以提供精细尺寸容限以及或者实现其它设计参数选择。根据其它实施例,光学框架 202 可使用加工和 / 或片状金属形成操作制造。可选的材料和制造工艺对本领域技术人员是显而易见的,且除非另外指出,都落入各种实施例的范围内。光学框架 202 可任选是一件或两件部件,如所示出的。任选地,光学框架 202 可包括较大量的部件诸如印刷电路板和其上的部件、分离的发射器 / 光学器件 / 组合器以及扫描部分等。

[0063] 光学框架 202 可包括形成以接收各光源 206、204 和 208 以及相关束成形光学器件的钻孔 1002、1004 和 1006。光学框架 202 可进一步包括形成为接收和对准选择性折叠反射镜、束组合器等的一个或多个定位面 1008 (所示的 1008a、1008b、1008c 和 1008d)。面 1010 可形成为成一直线地接收扫描器 (未示出)。此外,其它安装面和功能部件 1012 可沿着其它轴形成。

[0064] 根据一些实施例,光学部件可利用盖部 (未示出) 诸如固定装置 (例如螺丝、铆钉等)、使用粘合剂、通过夹具等机械夹持到光学框架 202 中。根据其它实施例,一个或多个光学部件可使用分立或集成固定技术、粘合剂 (例如 UV- 固化光学粘合剂) 等机械耦合到光学框架 202。根据实施例,在部件直接耦合到光学框架的情况下,可省略分离的盖部。

[0065] 图 11 是根据实施例的包括机械耦合电路板 1102 的集成光子学模块的至少一部分的透视图。电路板 1102 可任选地形成集成光子学模块 102 的集成光学引擎部分 114 的结构部分。根据各种实施例,电路板 1102 可包含传感器、光源驱动器、扫描器控制器、视频控制器电子器件以及存储器中的一个或多个。如上所述,各种传感器、光源驱动器、扫描器控制器、视频控制器电子器件以及存储器可采取很多种形式,包括但不限于常规的微处理器或微控制器以及相关部件、单个集成 ASIC、两个或多个 ASIC、两个或多个 ASIC 加上诸如 DSP 或常规 CISC 或 RISC 微处理器的一个或多个微处理器、诸如视频存储器 IC 的存储器、其它集成部件、分立部件以及软件。此外,可操作其以将视频信号转换成优选模式的媒体模块可被集成到控制器中以及集成到电路板 1102 上。MEMS 扫描器 120 和光源 116 可直接与电路板 1102 接口。

[0066] 图 12 是根据实施例可用在集成光子学模块中扫描光束的微电子机械系统 (MEMS) 扫描器 618 的透视图。MEMS 扫描器 618 可由一层单晶硅晶片 1202 和一层诸如派热克斯玻璃 (pyrex glass) 的介电材料晶片 1204 形成,且根据常规绝缘体上硅 (SOI) 技术气密地接合所述晶片。所述层可使用诸如氢氧化钾 (KOH) 蚀刻、深反应离子蚀刻 (DRIE) 及其组合等方法部分或全部地被蚀刻以形成整体微加工 (bulk micromachined) 的 MEMS 扫描器。根据一个实施例,扭转铰链和反射镜扫描板 (下述) 被部分蚀刻以形成减薄的结构,调整该结构以提供所需的谐振频率、能量存储、质量、弹簧常数等。

[0067] MEMS 扫描器 618 包括由扫描板上的反射金属或电介质的四分之一波长叠层形成的扫描反射镜 616。反射镜和扫描板从平衡环 1208 被悬置在扭转快速扫描铰链 1206a 和 1206b 上。可操作扭转快速扫描铰链 1206a 和 1206b 以允许反射镜 606 相对于平衡环 1208

围绕由它们的中心线限定的轴旋转。反过来,平衡环从安装框架 1212 悬置在扭转慢速扫描铰链 1210a 和 1210b 上。可操作扭转慢速扫描铰链 1210a 和 1210b 以允许平衡环和反射镜相对于安装框架 1212 围绕由它们的中心线限定的轴旋转。包括电磁线圈的致动器 1214 被形成在平衡环上用于驱动围绕慢速扫描轴和快速扫描轴的旋转。可经由 MEMS 放大器(未示出)通过导线 1216 (以及接口电缆 622,未示出)从 MEMS 控制器接收包含慢速扫描波形和快速扫描波形的合成的信号。致动器 1214 形成合成周期性磁场,该磁场对由扫描器磁体 620 (未示出,但是在上面的图中可看到)形成的外部磁场排斥或吸引(push and pull)。

[0068] 由于直接驱动平衡环 1208,因此慢速扫描驱动器可提供任意驱动波形,选择该波形以排除会激励快速扫描的频率。根据实施例,慢速扫描波形可近似于与诸如 60Hz 帧频对应的周期性频率(periodic frequency)下的锯齿波或不对称的三角波。锯齿慢速扫描波形可照这样操作以提供以所需角度回扫(retrace)的垂直帧扫描。

[0069] 快速扫描驱动信号包括周期性波形诸如正弦波形,选择该波形以与反射镜和扫描板 616 的谐振频率对应。可操作系统中微小的不对称以通过快速扫描柔性件(flexure) 1206a 和 1206b 将平衡环 1208 以快速扫描频率移动中的微小波动传送到反射镜 616。通过谐振放大移动中的微小波动以提供所需快速扫描角度。

[0070] MEMS 扫描器 618 可进一步包括各种传感器以将反馈提供到 MEMS 控制器。这些可包括扭转铰链中的压敏电阻(PZR)应变传感器、温度结(temperature junction)或热敏电阻等。根据实施例,反射镜和扫描板 616 具有约 1.2mm 的直径,足以接收合成输入束而没有束限幅(beam clipping)。

[0071] 示出了在一个未通电或“中止(rest)”位置处具有扫描板和形成于其上的扫描反射镜 616 的 MEMS 扫描器 618。根据实施例,可通过施加 DC 偏置至致动器而在慢速扫描轴中在通电中止位置(powered rest position)处倾斜反射镜。DC 偏置可围绕由慢速扫描扭转铰链 1210a、1210b 定义的慢速扫描轴而将标称“倾斜”施加到平衡环 1208。可操作 MEMS 扫描器的可选实施例以在两个轴上建立反射镜 616 的通电中止平面。例如,MEMS 扫描器可形成有形成在扫描板上的致动器 1214。除了在平衡环 1208 上的致动器 1214 提供相对于慢速扫描轴中止倾斜以外,还可操作在扫描板上的致动器中的 DC 偏置以围绕由扭转铰链 1206a、1206b 限定的快速扫描轴而将标称倾斜施加到反射镜 616。

[0072] 可使用中止位置中的这种标称倾斜,例如以更加精确地将反射镜 616 对准集成光学组件(未示出)。

[0073] 图 13 是示出根据实施例的示例性束形状 119、125 和束成形光学器件 602、604 和 606 的视图,其中所述束成形光学器件 602、604 和 608 用于与集成光子学模块的三种应用对应的三种结构 1302、1304 和 1306。

[0074] 根据与平视显示器对应的第一种构造 1302,可从集成光子学模块的输出面 212(未示出)将束 119、125 聚焦到大约 100mm 距离处的腰部(waist)1308。根据各种实施例,来自多个光源 204、206 和 208 的发射束可由束组合器 210 组合成调制合成束,且束扫描器 120 扫描所调制的合成束作为扫描调制束 125,如图所示。100mm 的示例性距离对应于出瞳扩张器(未示出)的距离。在这种应用中,出瞳扩张器通常都在终端光学器件 126 (未示出)之前插入,以提供扩张的出瞳或在其中将图像投射到观察者视网膜上的窥眼箱(eye-box)。

[0075] 根据与便携式扫描束视频投影仪相对应的第二种构造 1304,可将束 119、125 聚焦

到距集成光子学模块的输出面 212 (未示出) 大约 500mm 处的腰部 1308。根据各种实施例, 来自多个光源 204、206 和 208 的发射束可由束组合器 210 组合成调制合成束, 且束扫描器 120 扫描所调制的合成束作为扫描调制束 125。根据各种实施例, 终端光学器件 126 可设置在束路径中, 如图所示。500mm 的示例性距离对应于自投射表面的标称工作距离。

[0076] 根据与头戴(head-worn)扫描束或视网膜显示器对应的第三种结构 1306, 将束 119 聚焦到自集成光子学模块的输出面 212 (未示出) 大约 10mm 距离的腰部 1308。根据各种实施例, 来自光源 204、206 和 208 的发射束可由束组合器 210 组合成调制合成束 119, 且将该调制合成束发射到光纤中, 用于传送到显示器的头戴部分。10mm 的示例性距离与集成光子学模块的输出面和光纤输入耦合器之间的距离相对应。根据各种实施例, 可以是单模光纤的光纤将调制合成束 119 传送到观测者眼睛附近的末端。光通常以发散角射出光纤的末端, 该发散角基本上与由输入或近端的束得到的会聚角相对应。射出光纤(未示出)末端的光可被聚焦到与观测者眼睛距离相对应的距离, 通过末端安装的束扫描器(未示出)以周期性模式扫描, 并通过终端光学器件(未示出)中继到观测者眼睛。

[0077] 从图 13 的图中得到的一个一般观察结果是集成光子学模块适合于在各种应用中操作。附加地或可选地, 集成光子学模块设计的变型适合于各种应用, 其中一些于图 13 中示出。图 14 — 18 以及此处文字的和固有的其它描述示出了一些方法, 这些方法用以提供具有在整个应用范围内具有共用性或者设计共用性的集成光子学模块。

[0078] 图 14 是示出用于根据实施例的集成光子学模块的束成形光学器件的分立变型形式和集成变型形式的视图。根据实施例, 平视显示器应用 1302 可使用圆形透镜 1402、准直透镜 1404、平顶透镜(top hat lens)1406 以及聚焦透镜 1408 中的一些或全部, 以使它的束成形。任选的圆形透镜 1402 可提供像散校正以将在两个轴中每一个上具有不同散度的很多激光器的输出转换成在任意轴上都具有基本相同的散度的径向对称束。这种透镜可以提供光功率损失最小的圆形。附加地或者可选地, 限幅孔径可用在该系统中。准直透镜 1404 提供具有基本平行的边的束形状以引入到平顶透镜 1406。平顶透镜 1406 将输入束的高斯能量分布转换成在其整个截面上具有基本相同功率的平顶形状的输出束。聚焦透镜 1408 将束聚焦到工作距离, 如上所指出的。

[0079] 平顶束在卷积(convolve)回平顶能量分布之前卷积通过正弦型能量分布。因此, 希望对于平顶透镜 1406 选择焦距以在视距处产生卷积的平顶函数。可选择聚焦透镜 1408 的焦距以在 EPE 处产生腰部, 该 EPE 例如可以是规则的微透镜阵列(MLA)。EPE 在远场产生小束(beamlet)以提供扩展区域, 在该区域上方观测者的视网膜会接收到视频图像。通过选择平顶形复合扫描束, 由 EPE 产生的小束在所需观测距离范围内也可以是平顶形(在卷积通过正弦能量分布之后)。平顶形小束相互“倾斜”且降低或消除在整个窥眼箱上的功率的可见变化。

[0080] 如从由图 14 中的顶视图表示的 HUD(平视显示器)应用 1302 中可看到的, 将圆形、准直、平顶和聚焦透镜 1402、1404、1406 和 1408 组合成一个或多个集成透镜 1410。

[0081] 根据实施例, 便携式投射应用 1304 可使用圆形透镜 1402 和聚焦透镜 1408 中的一些或全部以使它的束成形。如同 HUD 应用 1302 一样, 任选圆形透镜 1402 可提供像散校正, 以将在两个轴中每一个上具有不同散度的很多激光器的输出转换成在任一轴上具有基本相等散度的径向对称束。这种透镜可提供光功率损失最小的圆形。附加地或可选地, 在该

系统中可使用限幅孔径。聚焦透镜 1408 将束聚焦到如上所示的工作距离。任选地,在便携式投射实施例中也可使用其它透镜例如准直和平顶透镜。

[0082] 如可在由图 14 中间的图表示的便携式投射应用 1304 中看到的,圆形和聚焦透镜 1402 和 1408 可组合成一个或多个集成透镜 1412。

[0083] 根据实施例,头盔显示器应用 1306 可使用圆形透镜 1402 和聚焦透镜 1408 中的一些或全部以使它的束成形。与 HUD 和便携式投射应用 1302 和 1304 一样,任选的圆形透镜 1402 可提供像散校正以将在两个轴中每一个上具有不同散度的很多激光器的输出转换成在任一轴上具有基本相等散度的径向对称束。这种透镜可提供光功率损失最小的圆形。附加地或可选地,在该系统中可使用限幅孔径。聚焦透镜 1408 将束聚焦至如上所示的工作距离。任选地,在头盔显示器实施例中也可使用其它透镜诸如准直和平顶透镜。

[0084] 如在由图 14 下部的图所表示的头盔显示器应用 1306 中可看到的,圆形和聚焦透镜 1402 和 1408 可组合成一个或多个集成透镜 1414。

[0085] 集成透镜 1416 表示上述集成透镜 1410、1412 和 1414 的实体(physical)实施例。

[0086] 图 15 — 17 表示用于通过在全部分多个光学元件上分配束成形功能而在可用在各种应用中的集成光子学模块中提供至少公共部分的方法。图 15 是示出根据实施例的用于便携式扫描束投影仪 1502 的集成光子学模块的一部分的视图。来自光源 116 的束通过束成形光学器件 602、604 和 606 成形且通过束组合器 210 组合以形成如上所述的调制合成束 119。

[0087] 图 16 是示出根据实施例的、用于图 15 的便携式投影仪的集成光子学模块部分 1502 的使用的视图,从而为图 13 所特别示出的具有不同束形状的 HUD1602 提供一部分集成光子学模块。如图 16 中所示,集成光子学模块部分 1502 可与合成束成形光学组件 1604 组合在一起。根据说明性实施例,可操作集成光子学模块部分 1502 以提供具有适合于便携式扫描束视频投影仪的特性、例如具有约 500mm 腰距(waist distance)的束的调制合成束,如通过图 13 所示。此时束可被引入到包括准直透镜 1404、平顶透镜 1406 和彩色平衡聚焦光学器件 1606 的一系列透镜中。涉及到组合为光学组件 1604 的这一系列透镜 1404、1406 和 1606 被构造成将束由适合于便携式扫描束视频投影仪的形状转换为适合于 HUD 的形状,例如是具有平顶功率分布和 100mm 焦距的形状。

[0088] 图 17 是示出根据实施例将光学组件 1604 集成到合成透镜 1704 中以形成用于 HUD 的集成光子学模块部分 1702 的视图。

[0089] 图 18 是根据实施例的至少一部分集成光子学模块 114 的透视图,示出了可选适配器光学器件的光传导路径和布置。集成光子学模块 114 包括被构造成用于便携式扫描视频投影仪的部分 1502 和被构造成用以接收来自部分 1502 的调制合成束并产生具有不同特性的调制合成束 119 的适配器光学器件 1704。根据该实施例,部分 1502 和适配器光学器件 1704 包括被构造成用于平视显示器的一部分集成光子学模块 1702。如上所述,通过扫描器 120 以周期性模式扫描调制合成束以形成该实例中可用于提供视频图像给车辆操作者的调制扫描束 125,其中该车辆装配有包括具有该模块 114 的集成光子学模块的 HUD。

[0090] 图 19 是示出光源 204、206 和 208 与根据实施例的至少一部分集成光子学模块的束组合器 210 之间的关系的视图。图 19 包括用于将分离的 R、G 和 B 光束 1902、1904 和 1906 组合成单个的、合成光束 119 的束组合器 210 的侧视图以及根据实施例的 RGB 束源 114 的视图。

[0091] 束组合器 210 包括三个分段 1908、1910 和 1912,三者结合在一起且由透明材料如玻璃或适合于光学应用的聚合物制成。组合器 210 还包括在 X-Z 平面上的具有 $3W$ 长度和矩形截面的输入面 1914,且包括在 Y-Z 平面上的具有 W 高度和正方形截面的输出面 1916。在一个实施例中, $W=5.5$ 毫米(mm),而在另一实施例中, $W=3.5$ mm。输入面 1914 和输出面 1916 都是平坦的、光学性能表面。名称为“APPARATUS AND METHOD FOR COMBINING MULTIPLE ELECTROMAGNETIC INTO A COMPOSITE BEAM”的美国专利申请序列号 10/828,876 讨论了组合器 210 的制造,由此共同指定且通过参考并入本文。

[0092] 第一分段 1908 在 X-Y 平面上具有高和宽为 W 的平行四边形截面,并且包括形成部分组合器输入面 1914 的分段输入面(segment input face) 1918 和用于将 R 束 1902 朝向组合器输出面 1916 反射后的反射面 608。在一个实施例中,通过涂覆常规光学涂层将面 608 制成反射的。人们可以根据束组合器系统的参数选择该涂层(以及如下讨论的其它涂层)的反射特性和透射特性。输入面 1918 和反射面 608 之间的角度 α 是锐角。在优选实施例中, $\alpha = 45^\circ$ 以允许 R 束 1902 在 X 尺寸上具有等于 W 的最大宽度。也就是说,如果 $\alpha = 45^\circ$,则只要 R 束适当地与输入面 1918 对准, W 宽度的 R 束全部都将投射到反射面 608 上。然而,如果将组合器 210 设计成用于具有宽度小于 W 的 R 束 1902,则面 608 的反射区域限于 R 束将照在上面的区域。可选地,可使角度 α 大于 45° 。但是由于角度 α 对于所有分段 1908、1910 和 1902 都是相同的,因此人们应在改变 α 的值之前考虑对其它分段 1910 和 1912 的影响。而且,如果 α 不等于 45° ,则 R 束与束源 114 的角度被调整成使得反射后的 R 束仍垂直于输出面 1916。

[0093] 相似地,第二分段 1910 在 X-Y 平面中具有高度和宽度为 W 的平行四边形截面,并且包括形成部分组合器输入面 1914 的分段输入面 1920 和反射面 610,该反射面 610 沿着分段 1908 和 1910 之间的界面且通过反射后的 R 束 1902 并将 G 束 1904 朝向组合器输出面 1916 反射。在一个实施例中,通过对面 610 和与面 610 相接的分段 1908 的面中的一个或两个涂覆常规光学涂层而将面 610 制成反射的。输入面 1920 和反射面 610 之间的角度 α 是锐角,且优选等于 45° 以允许 G 束 1904 在 W 尺寸上具有等于 W 的最大宽度。但是,如果对于具有宽度小于 W 的 G 束 1904 设计组合器 210,则面 610 的反射区域限于 G 束将照在上面的区域。可选地,可使得角度 α 大于 45° 。但是由于角度 α 对于所有分段 1908、1910 和 1912 都是相同的,因此人们应在改变 α 的值之前考虑对其它分段 1908 和 1912 的影响。而且,如果 α 不等于 45° ,则 G 束与束源 114 的角度被调整成使得反射后的 G 束保持垂直于输出面 1916。

[0094] 第三分段 1912 在 X-Y 平面上具有三角形截面,并且包括组合器输出面 1916、分段输入面 1922 以及反射面 612,其中,所述分段输入面 1922 具有宽度 W 且形成部分组合器输入面 1914,所述反射面 612 沿着分段 1910 和 1912 之间的界面且通过反射后的 R 和 G 束 1902 和 1904 并将 B 束朝向组合器输出面反射。在一个实施例中,通过对面 612 和与面 612 相接的分段 1910 的面涂覆常规光学涂层而将面 612 制成反射的。在输入面 1922 和反射面 612 之间的角度 α 是锐角,且优选等于 45° 以允许 B 束 1906 在 X 尺寸上具有等于 W 的最大宽度。但是如果对于宽度小于 W 的 B 束 1906 设计组合器 210,则面 612 的反射区域限于 B 束将照在上面的区域。可选地,可使得角度 α 大于 45° 。但是由于角度 α 对于所有分段 1908、1910 和 1912 都是相同的,因此人们应当在改变 α 的值之前考虑对其它分段 1908

和 1910 的作用。而且,如果 α 不等于 45° , 则 B 束与束源 114 的角度被调整成使得反射后的 B 束垂直于输出面 1916。而且,在优选实施例中,在分段输入面 1922 和输出面 1916 之间的角度 β 基本上是直角。

[0095] 图 20 是示出根据实施例 2001 的至少一部分集成光子学模块中的光传导的视图。可包括三个光源 204、206 和 208 的光源 116 被构造用以将调制光束通过其相应的束成形光学器件 602、604 和 606 射向束组合器 210。光源被构造用以发射偏振光束。可选地,束成形光学器件 602、604 和 / 或 606 可包括被构造用以向所示的束组合器 210 提供 S 偏振光的偏振器。任选地,反射镜 608、610 和 612 可被构造用以组合输入束的 S 偏振分量并将 P 偏振分量朝向光阱(未示出)传导。束组合器的各反射镜 608、610 和 612 将来自发射器 206、204 和 208 的调制光束组合成 S 偏振的调制合成光束。适配器光学器件 1704 可任选地被插入到束路径当中以接收来自束组合器的输出面 1916 的光。

[0096] 包括偏振束分离器的选择性折叠反射镜 614 将调制合成束 119 导向到扫描器 120 的反射镜 616。可对准选择性折叠反射镜 614 以将合成束从基本垂直于标称反射镜(中心交叉)位置的方向射向扫描反射镜 616。这种配置用于最小化扫描束中的几何失真。

[0097] 作为在束组合器 210 中提供 S 偏振光的可选方式,可通过偏振束分离器 614 提供束的一些或全部偏振,可操作偏振束分离器以将 S 调制合成束 119 的偏振分量导向到扫描反射镜 616 并将光的 P 分量传送到光阱(未示出)。

[0098] 将偏振束分离器 614 构造成优选反射 S 偏振光且由此将 S 偏振光朝向扫描器 120 反射。S 偏振调制合成束在其路径上通过偏振旋转器 2002 射向扫描反射镜 616。偏振旋转器可构造为四分之一波片,可操作该四分之一波片以在 S 偏振光射到扫描镜片 616 之前将其转换成圆偏振光。如上所述,可操作扫描器 120 以在整个视场上以周期性模式扫描束,以产生扫描调制光束 125。在通过扫描反射镜 616 反射(和扫描)之后,扫描束在此通过偏振旋转器 2002。偏振旋转器将当前来自扫描反射镜的圆偏振束转换成 P 偏振光。

[0099] P 偏振光朝向偏振束分离器 614 传播。偏振束分离器 614 被构造成优选通过 P 偏振光且由此允许 P 偏振扫描束 125 通向 FOV。

[0100] 作为使用偏振光的可选方式,图 20 的系统可使用非偏振光或者椭圆偏振光。在这种可选实施例中,折叠反射镜 614 可包括选择性反射器例如半镀银反射镜。所射达的束 119 中的一部分通过折叠反射镜 614,例如通向光阱(未示出),而一部分光能被导向到扫描反射镜 616。在可选实施例中省略偏振旋转器。扫描束 119 再次射在半镀银反射镜 614 上且其一部分通向 FOV。被反射的该部分被反射回光源和 / 或被反射向光阱。

[0101] 图 20 的构造的几个可选实施例也是可行的。图 21 是示出根据另一实施例 2101 的光传导的视图,其中将合成束 119 成倾斜角度地射向扫描器 120。扫描束 125 以一模式通向 FOV,与图 20 的方法相比该模式具有一些梯形失真量。根据一些实施例,当扫描束不再次通向折叠反射镜时,该调制合成束 119 不需要被偏振并且折叠反射镜 614 不需要是选择性反射器。

[0102] 图 22 示出了其中将扫描器 120 构造成位于束组合器的、与光源 116 相反的一侧上的实施例 2201。扫描光束由此在光源 116 “后面”的方向上通向 FOV。

[0103] 图 23 是示出实施例 2301 的视图,其中折叠反射镜可包括被构造成固态光学器件的偏振光束分离器。

[0104] 图 24 是示出实施例 2401 的视图,其中折叠反射镜 614 集成到束组合器 210 中。所示出的实施例示出折叠反射镜 614 作为偏振束分离器。如上所述,折叠反射镜朝向扫描器 120 反射第一偏振光。偏振旋转器 2002 被构造成在扫描器 120 的往返双程中旋转偏振 90 度,优选朝向扫描器反射输入能量和优选朝向 FOV 传送扫描束。

[0105] 实施例 2401 使用被构造在与束组合反射镜 608、610 和 612 的平面平行的平面内的折叠反射镜 614。

[0106] 图 25A 是示出实施例 2510 的视图,其中折叠反射镜 614 被集成到束组合器 210 中。该实施例具有以相对于光源 116 向前的方向输出扫描束 125 的构造。折叠反射镜 614 的平面被构造成基本与组合反射镜 608、610 和 612 的平面成直角。

[0107] 图 25B 是示出实施例 2502 的视图,其中包括具有非成像检测器的集成光子学模块的至少一部分。该实施例 2502 包括光检测模块 2504,其可包括任选的光漫射器 2506、任选的隔板 2508、任选的反射侧壁 2510、和非成像光检测器 2512。如上所述,在整个 FOV 上扫描被任选地制成非调制的 P 偏振扫描束 125。一部分扫描束 125 从 FOV 中的物体散射开作为散射光 2514。通常,对于非镜面物体,散射光 2514 是非偏振的或者是椭圆偏振的。该散射光也通常被形成为一束平行的光线或者一束离散的光线,所述光线基本上布满了选择性折叠反射镜 614。选择性折叠反射镜 614 接收散射束 2514 并朝向任选的光漫射器 2506 反射它的 S 偏振分量(如所示的)。任选的光漫射器 2506 被构造成在所示出的散射角度上散射所接收的光线。散射光线通过隔板 2508 射在光检测器 2512 上。一部分散射光线以不可能被检测器接收到的角度散射。任选的反射侧壁 2510 可用于将这种“损耗的”能量再次朝向检测器 2512 反射。可操作例如被构造成接收波长对应于光源的发射波长的检测器 2512 以将所接收的光能转换成电信号。根据实施例,集成光子学模块 2502 被构造成发射红、绿和蓝色激光作为合成扫描束 125,滤波检测器 2512 以从 FOV 接收相应的红、绿和蓝色散射光。

[0108] 操作中,来自检测器 2512 的电信号可与像素扫描同步读取以产生 FOV 的视频图像。

[0109] 可将一个或多个任选检测器 2516 构造成接收来自 FOV 的 P 偏振分量,任选地通过一个或多个聚焦透镜。如果将束组合器 210 的反射镜 608、610 和 612 制成波长选择性反射镜,则可操作由任选的一个(多个)检测器 2516 所接收的信号以接收来自 FOV 的光并产生相应的电信号,该电信号并非由扫描束产生。例如将这种光用于确定 FOV 处的环境光,反过来,这可用于确定发光器的亮度、彩色平衡等。

[0110] 图 25C 是示出实施例 2503 的视图,其中包括具有焦平面检测器阵列的集成光子学模块的至少一部分。实施例 2503 包括光检测模块 2518,该光检测模块 2518 可包括透镜或透镜系统 2520、孔径 2522、隔板块 2524 以及诸如 CCD 或 CMOS 像素相关阵列(pixelated array)的焦平面检测器阵列 2526。

[0111] 如上所述,在整个 FOV 上扫描任选地制成非调制的 P 偏振扫描束 125。一部分扫描束 125 从 FOV 中的物体散射作为散射光 2514。通常,对于非镜面物体,散射光 2514 可以是非偏振的或是椭圆偏振的。散射光也通常形成为一束平行光线或一束离散光线,基本布满选择性折叠反射镜 614。选择性折叠反射镜 614 接收散射束 2514 并朝向透镜 2520 反射它的 S 偏振分量(如所示的)。透镜 2520 和孔径 2522 被构造用以在隔板 2524 的远表面处形成共轭图像平面。可操作焦平面检测器阵列 2526 以检测 FOV 的共轭图像并将其转换成相

应的电信号。操作中,例如在扫描器的回扫期间,可读取焦平面检测器阵列 2526 并以视频帧频刷新,以产生 FOV 的视频图像。

[0112] 如所指出的,如此成像的光可通过选择性折叠反射镜 614 由被选择用于反射的 S 偏振光形成。可选地,例如在透镜 2520 和孔径 2522 之间可包括偏振旋转器例如检测路径四分之一波片(未示出),以将平面偏振光转换成圆偏振光。这种方法例如有利于避免与焦平面检测器 2526 相关的偏振依赖(polarization-dependent)接收作用。

[0113] 对于图 25B 和 25C 的说明性实施例可选地,检测器 2512 和 2526 可被构造成直接接收来自 FOV 的散射光而不是接收来自选择性折叠反射镜 614 的散射光。

[0114] 对于包括光检测子系统、诸如图 25B 和 25C 的相应说明性实施例的子系统 2504 和 2518 的应用,系统的控制器部分理所当然被构造成可用于接收来自检测器的电信号、将模拟信号转换成数字信号(或者对于具有集成 ADC 的检测器仅接收数字信号)、并且将所接收的信号组合成视频图像、将所接收的图像解码成相应的数据诸如解码的条形码或 OCR 数据、或者另一方面对所接收的数据进行处理以根据应用来执行功能。

[0115] 一些实施例可使用来自检测器 2512、2526 的信号以更改光源激励的深度和 / 或时序,从而更改扫描调制束 125,例如以补偿投射表面的不均匀性、距离和 / 或环境光。在名称为“PROJECTION DISPLAY WITH SCREEN COMPENSATION”的美国专利申请序列号 11/284,043 中公开了用于进行这种补偿的一些实施例,通过参考将其结合于此。

[0116] 其它实施例可使用来自检测器 2512、2526 的信号,以例如通过更改光源和束扫描器的移动之间的相位关系来补偿集成光子学模块和投射表面之间的相对移动。在名称为“PROJECTION DISPLAY WITH MOTION COMPENSATION”的美国专利申请序列号 11/635,799 中公开了进行补偿的一些实施例,通过参考将其结合于此。

[0117] 图 25D 是与图 25A 的实施例 2501 对应的实施例 2527,但是其中移动扫描器 120 且以 90 度定向选择性折叠反射镜 614 以通过调制合成束而反射扫描束 125。具有 S 偏振的至少一部分调制合成束 119 被从束组合器 210 射出并且通过选择性折叠反射镜 614,通过偏振旋转器 2002 并射在扫描器 120 的反射镜 616 上。对准选择性折叠反射镜 614 从而通过处于与调制合成束 119 的角度相对应的角度的平面偏振光而反射处于垂直偏振角度的平面偏振光。光旋转器 2002 在合成调制束 119 通往扫描反射镜 616 的路径中将它偏振旋转至圆偏振。扫描反射镜 616 以通过偏振旋转器 2002 的周期性扫描模式扫描所接收光束的反射光束。偏振旋转器将扫描束的偏振从圆偏振旋转至其取向与调制合成束 119 在从束组合器 210 射出时的取向基本成 90 度的平面偏振。选择性折叠反射镜 614 将旋转后的扫描束朝向视场反射作为扫描束 125。在图 25D 的实例中,扫描束 125 具有 S 偏振。

[0118] 图 25E 是示出根据实施例的至少一部分集成光子学模块 2529 中的光传导的视图,其中束扫描器在除了垂直于标称图像投射方向以外的平面中。与图 25A 的实施例一样,例如被构造成偏振束分离器的偏振选择性反射镜 614 被构造用以沿着所指示的方向将调制合成光束导向至偏振旋转器 2002。在通过偏振旋转器之后,竖直的折叠反射镜 2530 将调制合成光束导向到束扫描组件 120(被反射镜 2530 部分遮掩),以射在扫描反射镜(未示出)上。此时扫描光离开反射镜 2530 被反射回去,通过偏振束分离器 2002,且由于扫描光的旋转后的偏振,所以通过选择性折叠反射镜 614 并进入到视场中作为扫描束 125。根据一个实施例,将扫描反射镜构造成标称上处于图的平面中且因此位于平行于标称视频投射轴的平

面中。除了其它事物之外,该方法还可通过允许扫描组件 120 的永久磁铁在厚度尺寸上具有较小的外部尺寸而提供在垂直于图的尺寸上较薄的封装件。折叠反射镜 2530 例如可以是至少在与光源 116 的输出波长对应的波长上反射基本所有射在其上的光的第一表面金属、电介质或其它反射镜。当然,偏振旋转器 2002 的位置可改变,例如位于竖直的折叠反射镜 2530 和扫描反射镜(未示出)之间。

[0119] 图 26 是示出可选实施例 2601 的视图,其中一个光源 204 被构造成从束组合器 210 的一端射出它的束。如所示出的,它的束通过束成形光学器件 602 射入与折叠扫描器 120 和反射镜 614 端相对的一端。实施例 2601 在使用体积大的光源 204 时尤其有利。

[0120] 图 27 是包括具有根据实施例的至少一部分集成光子学模块的扫描器控制器的框图 2701。

[0121] 根据图 27 的实施例,扫描器控制器 122 包括印刷电路板上的柔性电路互连、扫描控制 ASIC 2702、数字信号处理器(DSP) 2704 和支撑电路,其中,所述数字信号处理器(DSP) 2704 可用作共处理器,所述支撑电路包括电源电路和存储器。可注意到,图 27 的实施例与图 1 的扫描器控制器 122 相比稍微降低了集成度,其中将大部分控制功能集成到扫描器控制器 ASIC 中。根据各种实施例,操作的一般理论是相似的。

[0122] 可操作扫描器控制器 122 以驱动双轴 MEMS 扫描器,同时在整个控制器互连 2706 上将适当的时序信息提供至控制器电子器件 106 (图 27 中未示出)。可另外操作扫描器控制器 122 以控制环境光级(light level)并处理自动相位校准脉冲,并任选地将这些测量结果中继到视频控制器电子器件。

[0123] 如图 12 中所描述和示出的,一个扫描器实施例包括 MEMS 扫描器,所述 MEMS 扫描器具有用于两个轴的 PZR 传感器和两个轴上的磁性驱动。

[0124] 根据一些实施例,扫描器控制器 122 可物理安装在集成光子学模块的光学引擎部分 114 (未示出)附近。根据一些实施例,诸如上面描述的头盔显示器,扫描器控制器 122 可位于扫描器附近的末端位置处并且可物理上与光源 116 (未示出)以及束组合器和束成形光学器件 118 (未示出)的至少一部分分离,其中光源和束成形光学器件被构造成从近端位置通过光纤至末端位置将光提供给 MEMS 扫描器 618 的反射镜。相似地,视频控制器电子器件 106 (未示出)可安装在光源和束成形光学器件附近并通过电、射频、或光学接口 2706 与安装在末端的扫描器控制器 122 通信。在这种实施例中,它适合于将这种集成光子学模块中的近端部分安装在可支撑在使用者的皮带上的小型封装件中以及将系统的末端部分安装在头盔封装件中。

[0125] 根据实施例,DSP 2704 可根据名称为“CIRCUIT FOR DRIVING A PLANT AND RELATED SYSTEM AND METHODS”的美国专利申请序列号 11/266,584 中公开的方法,提供慢速扫描快速傅里叶变换(FFT)处理以提供慢速扫描的调整和有效衰减(active damping),通过参考将该美国专利申请结合于此。此外,DSP 2704 可以提供功能性,包括下列功能中的一项或多项:与视频控制器电子器件的数据通信;提供用于输入 MEMS 扫描器校准数据的接口;在正常操作期间将与 MEMS 操作相关的参数、自动相位调整结果、从环境光传感器 2707 接收的环境亮度、从温度传感器 2708 接收的温度等传送到视频控制光学器件;现场升级固件和软件的接口;确保关键操作的适当时序的任务安排;初始化和调整快速扫描振荡寄存器;以及 PZR 传感器的开环温度补偿。

[0126] 根据实施例,扫描器驱动 ASIC2702 可以为混合信号(模拟和数字)器件,其可用以提供 MEMS 控制和提供自动相位(自动相位调整)校正。可操作扫描驱动 ASIC2702 以驱动和控制双轴 MEMS 扫描器 618。双轴 MEMS 扫描器 618 可以用压敏电阻(PZR)反馈传感器在两个轴上进行磁性激励的类型。根据实施例,扫描器驱动 ASIC2702 可包括各种模拟和数字功能中的一些或全部,所述各种模拟和数字功能例如包括:用 PZR 偏置电路 2709 将用户可编程电流偏置提供至 PZR 反馈传感器;提供在可编程振幅下可用以使快速扫描轴自谐振的闭环振荡电路 2710,其中 AGC 参数可调节以允许软起动并调整控制选项;提供锁相环(PLL)以产生慢速扫描取样时钟(50 至 200kHz),该时钟与快速扫描谐振频率同步,其中倍增因子是可编程的;提供慢速扫描模数转换器(ADC)2712,其中来自 PZR 放大器的慢速扫描输入信号被转换成用于 DSP 处理器 2704 的数字信号,其中 ADC 分辨率可以是 12 至 16 位,取样率是 50 至 200kHz;提供慢速扫描数模转换器(DAC)2714,其中慢速扫描波形的数字输入信号被转换成模拟电压并在求和电路 2716 中用快速扫描驱动信号求和;提供表示反射镜角度处于可接受范围内的反射镜状态信号;提供自动相位传感器接口电路,其中该电路与一个(多个)外部光检测器 2718 一起操作以调节用于自动相位功能的信号并测量调节结果;以及提供 SPI 串联数字接口 2720 以与视频控制器电子器件通信并允许向内部寄存器的读取/写入存取,用于初始化和监测。

[0127] 快速扫描振荡器块 2710 使用 PZR 反馈信号以建立闭环振荡电路。振荡频率由扫描器的快速扫描轴的谐振频率确定。振荡的振幅通过具有可编程设置点的 AGC 电路来控制。来自该回路的输出是 FS 谐振频率的方形波的 FS SYNC,其提供了主同步信号,以驱动其它系统部件。谐振频率可从约 5kHz 至 40kHz 变化。

[0128] 从 MEMS 扫描器 618 上的慢速扫描 PZR 接收慢速扫描位置信号,之后放大、滤波并在慢速扫描 ADC2712 中转换成数字信号。将该数字信号发送到 DSP2704 用于分析。DSP 将在慢速扫描 DAC2714 中转换为模拟信号的数字指令信号发送回去。在求和电路 2716 中用快速扫描输出对模拟慢速扫描驱动信号进行求和,且将该和发送到外部功率放大器 2722,该外部功率放大器 2722 放大求和后的模拟信号以将驱动功率提供到扫描器 618。

[0129] 自动相位电路 2724 与一个或多个外部光检测器 2718 一起工作。扫描束 125(未示出)周期性地穿过一个(多个)检测器 2718。模拟接口电路 2724 响应于激光束交叉点产生脉冲并且脉冲长度是被传送到 DSP2704 的信息。

[0130] 将快速扫描振荡器 2710 设计成模拟“自谐振”电路,其从 MEMS PZR 传感器取得实时位置信息,应用适当的振幅增益和相位延迟并且基于反射镜的反馈信号来驱动谐振中的反射镜。可经由 SPI 处理器接口来调整具有寄存器的块以提供 MEMS 特性,从而适应器件间、批次间和/或设计间的容限。

[0131] 如结合图 12 所描述的,集成到 MEMS 扫描器 618 上的管芯柔性件(die flexure)中的 PZR 应变传感器感应反射镜的快速扫描移动。通过 PZR 偏置电路 2709 向 PZR 传感器提供可调节的 DC 偏置电流。偏置电流可以利用软件控制的值或者利用外部电阻器来编程。PZR 反馈差动感测信号在具有可调节增益的低噪音差动预放大器(differential pre-amplifier)2722 中被放大。差动预放大器 2722 的增益可以是软件控制的或者是利用外部电阻器设置的,以对于给定反射镜角度偏差提供校准信号电平(在峰间电压中)。预放大器 2722 输出在限制了噪音带宽的带通滤波器 2725 中被滤波。带通滤波器 2725 可包括

在低通滤波器之前的高通滤波器。带通滤波器 2725 的输出信号可用于驱动扫描控制系统。谐振时,在驱动信号和扫描移动之间存在 90 度相移。为了保持闭环振荡,通过移相器 2726 将额外 90 度的相移引入到回路中。在比较器 2728 中“清算(square up)”移相器 2726 的输出以产生数字快速扫描同步信号。对于慢速扫描驱动以及在视频控制器电子器件 106 (未示出)中进行的视频信号处理,快速扫描同步信号可通过锁相环输出 2730 传导到 DSP2704 并且用作主时基(primary time base)。

[0132] 自动增益控制(AGC)电路可用于将振荡振幅保持在一非常精确的值。该回路可包括振幅检测器、可变增益放大器以及 AGC 控制器。振幅检测器产生与带通滤波器 2725 的输出振幅成比例的 DC 电压。该电压与 AGC 控制器中的设置点相当,该 AGC 控制器执行比例积分微分(PID)控制算法。PID 控制器的输出用作可变增益放大器 2732 的控制电压输入。

[0133] 反射镜角度和频率监控电路(frequency watchdog circuit) 2734 控制振幅检测器的输出。如果振幅超出可编程设置点,则保护电路发出立即禁止(disable)驱动信号的关闭指令。二次安全电路(secondary safety circuit)监测驱动信号的振幅,并防止其超出可编程值。

[0134] 图 28 是根据实施例的用于集成光子学模块控制器的框图 2801,该集成光子学模块控制器包括视频控制器 106、扫描驱动器 122 以及束扫描器 618。

[0135] 可操作视频控制器 106 以执行以下操作中的一些或全部:从系统资源接收视频信号;任选地在视频存储器中超高速缓存所接收的视频数据;将信号转换成德伽马(de-gamma)信号;将德伽马信号转换成平衡彩色信号;缓冲线(buffering lines);进行插值以确定由扫描束扫描的实际像素位置的值作为所接收视频信号中的理想像素位置的函数;确定光源的亮度值;进行光源补偿和校正;以及与从像素时钟接收到的时序信号同步地将补偿后的亮度值传送到光源驱动电路,其中所述像素时钟由 MEMS 控制模块 122 所提供的水平和垂直同步脉冲产生。

[0136] 任选地,视频控制器 106 可包括可用以将所接收的视频模式转换成较佳视频模式的媒体模块 2802。根据一个实施例,可操作媒体模块 2802 以将所接收的模拟视频信号转换成数字视频信号。根据其它实施例,可省略媒体模块或者可集成媒体模块作为系统资源。

[0137] 名称为“CIRCUIT FOR DETECTING A CLOCK ERROR IN A SWEEPED-BEAM SYSTEM AND RELATED SYSTEMS AND METHODS”的美国专利申请序列号 11/316,326、名称为“CIRCUIT FOR DETECTING A CLOCK ERROR IN A SCANNED IMAGE SYSTEM AND RELATED CIRCUITS, SYSTEM, AND METHODS”的美国专利申请序列号 11/316,683、名称为“METHOD AND APPARATUS FOR ILLUMINATING A FIELD-OF-VIEW AND CAPTURING AN IMAGE”的美国专利申请序列号 10/630,062、名称为“APPARATUS AND METHOD FOR BI-DIRECTIONALLY SWEEPING AN IMAGE BEAM IN THE VERTICAL DIMENSION AND RELATED APPARATUS AND METHODS”的美国专利申请序列号 10/441,916、名称为“ELECTRONICALLY SCANNED BEAM DISPLAY”的美国专利申请序列号 10/118,861、名称为“APPARATUS AND METHODS FOR UTILIZING NON-IDEAL LIGHT SOURCES”的美国专利申请序列号 10/933,033、名称为“SCANNED DISPLAY WITH VARIATION COMPENSATION”的美国专利号 6,661,393、以及名称同样为“SCANNED DISPLAY WITH VARIATION COMPENSATION”的美国专利号 6,445,362 中公开了集成光子学模块控制器 2801 的可操作性的几个实施例的各方面,通过参考全部结合于此。

[0138] 图 29 是示出根据实施例 2901 使用集成到移动电子设备 2902 中的集成光子学模块 102 的视图。如可看到的,该实施例被构造成在标称上对准便携式电子设备 2902 的顶部尺寸或长边尺寸的方向上发出调制光的扫描束 125。任选地,集成光子学模块 102 可被构造成在不同方向上或者在多个方向上射出扫描束。可选地,集成光子学模块 102 被构造成将图像投射到扩散器的背侧上,由此形成背投屏幕。

[0139] 移动设备 2902 可包括一系列设备类型,其包括但不限于:条形码扫描器、便携式计算机、掌上计算机、移动电话、便携式音频设备诸如 MP3 播放器、基于硬盘的便携式音频播放器、便携式视频播放器、基于硬盘的便携式视频播放器、数字游戏系统、商业演示指示器、激光指示器、前投电视或者背投电视等。

[0140] 图 30 是示出根据实施例 3001 在车用平视显示器应用中使用集成光子学模块的视图。可选实施例或应用可包括用于飞机、船只、摩托车等的 HUD。

[0141] 车辆 3002 可包括容纳了仪表组 3006 的仪表板 3004。仪表组包括具有光学部分 104 的集成光子学模块 201,所述光学部分 104 被构造成通过中继光学器件 3008 而将扫描束图像投射向乘客 3010,其中所述中继光学器件 3008 可包括车辆挡风玻璃。可构造该系统用以提供与乘客 3010 的一只或两只眼睛的位置对应的出瞳或窥眼箱 3012。

[0142] 这种系统可用于向观测者呈现各种信息,包括但不限于可任选地与车辆 3002 的方位相关的广告内容、微光前向图像(low-light forward image)、车辆限界信息、地图或驾驶方向、娱乐内容、紧急通告等。

[0143] 图 31 是根据实施例 3101 使用集成光子学模块的便携式扫描束投射显示器 3102 的透视图。如图 31 中所示,根据实施例的构造,便携式投射显示器 3102 可拿在用户 3010 手中。示出了被构造成根据用户愿望在与便携式视频投影仪 3102 的主体纵向对准的方向 3106 上通过扫描束 125 投射图像的输出光学元件 3104。

[0144] 根据另一实施例,便携式视频投影仪 3102 可投射和 / 或检测控制区域(control field)。任选地,通过检测器诸如散射光检测器控制显示器视场以使得能够反馈供鼠标、指示器等使用,如用户所希望的,例如用于控制所投射的图像。

[0145] 如图 31 中所示出的,根据实施例,便携式扫描束投射显示器 3102 可包括具有安装于其上的输出光学元件 3104 的主体。根据一些实施例,可旋转输出元件 3104 至一系列位置。例如,在第一位置处,用设备主体遮蔽光学元件且将设备切换到“关闭”或睡眠状态。例如使用光学编码器、旋转开关等感应光学元件 3104 的位置以自动切换模式。在另一示例性位置处,可旋转光学元件 3104 从而通常以适合与工作台面交叉的一个或多个角度将图像向前投射。任选地自动旋转所投射的图像使得“顶部”朝向设备 3102 主体的底部定位,以便于面向主体前面的用户观测。在第三示例性位置处,旋转光学元件 3104 至通常向前且与工作台面平行的位置,例如通常垂直于便携式视频投影仪 3102 主体的长轴,从而将图像投射到墙上而将主体设置在台上。可从与工作台面平行向上或向下调节该位置以选择墙上的图像高度。可任选地自动旋转所投射的图像,以在墙上投射其“顶部”取向在向上的方向上的图像。

[0146] 在图 31 中示出的第四位置处,旋转光学元件 3104 至通常与便携式视频投影仪 3102 主体的纵轴平行的位置。这种模式下,例如在给出特别演示时,图像投影仪可便利地拿在用户手中并且瞄向垂直或水平表面。

[0147] 如上所指出的,用在各种应用中的集成光子学模块可包括图像捕获功能。被捕获的图像可用于执行各种功能。例如希望图 29 的系统 2901 的实施例除了提供投影显示器之外还可用作激光相机。

[0148] 图 30 的系统 3001 可包括分析被捕获的视频以根据一个或多个车辆乘客 3010 所确定的特性而发出警报声、执行系统关闭、转换成“自动驾驶”、存储视频或静止图像等。例如,如果确定司机或者驾驶员 3010 是近睡眠状态,就使用警报以唤醒个别人。如果确定不能识别乘客,且警报系统已经禁止或者另外被损害,则系统会捕获乘客图像、关闭车辆和 / 或通知表示该状态的法律实施。如果分析一连串视频帧确定乘客喝醉了,则该系统通知乘客将车辆拉到路边且随后执行至少部分系统关闭直到机能障碍不再是个问题。

[0149] 相似地,系统 3001 可根据所检测的 FOV 或环境照明等来调节显示亮度、内容等。

[0150] 如之前描述的,系统 3101 可依照所捕获的图像进行操作以控制显示内容。这种操作可用于例如“摇摄(pan)”显示全景作为较大部分虚像、校正显示表面不规则性、补偿显示表面和便携式视频投影仪之间的相对移动等。

[0151] 前述的本发明概述、附图的简要说明以及具体说明以帮助读者容易理解的方式描述了根据本发明的示例性实施例。其它结构、方法和等同物也在本发明的范围内。在此描述的本发明的范围应当仅由权利要求书限制。

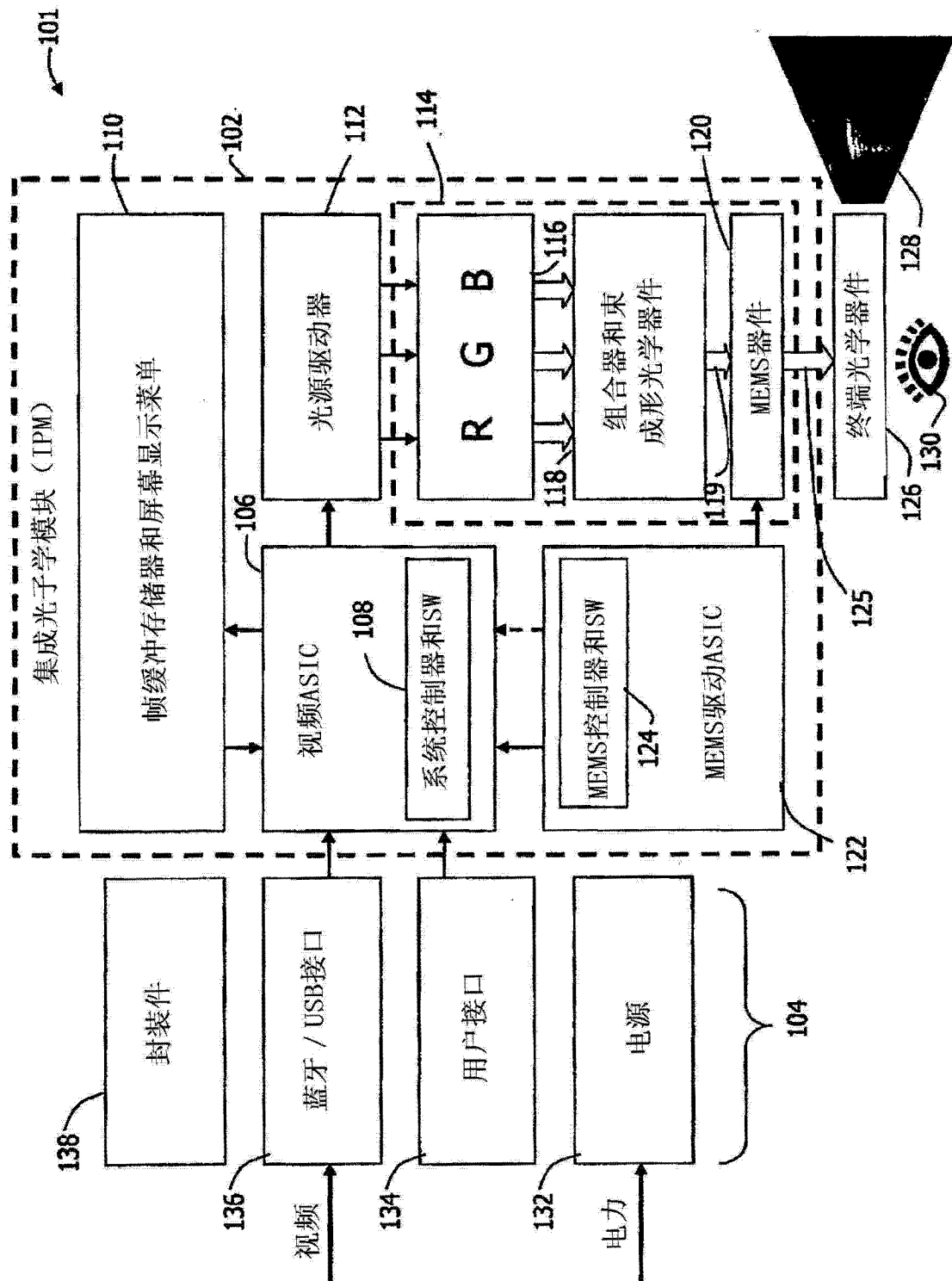


图 1

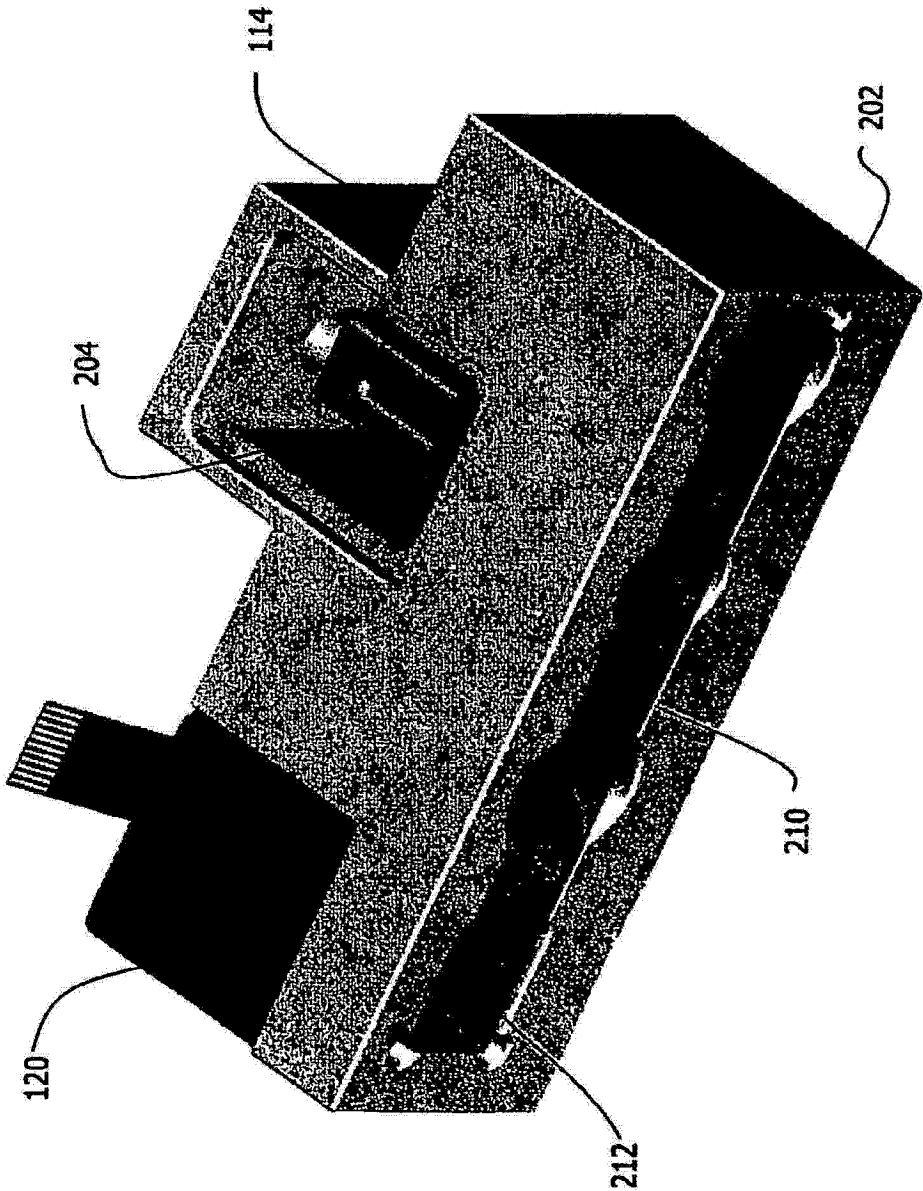


图 2

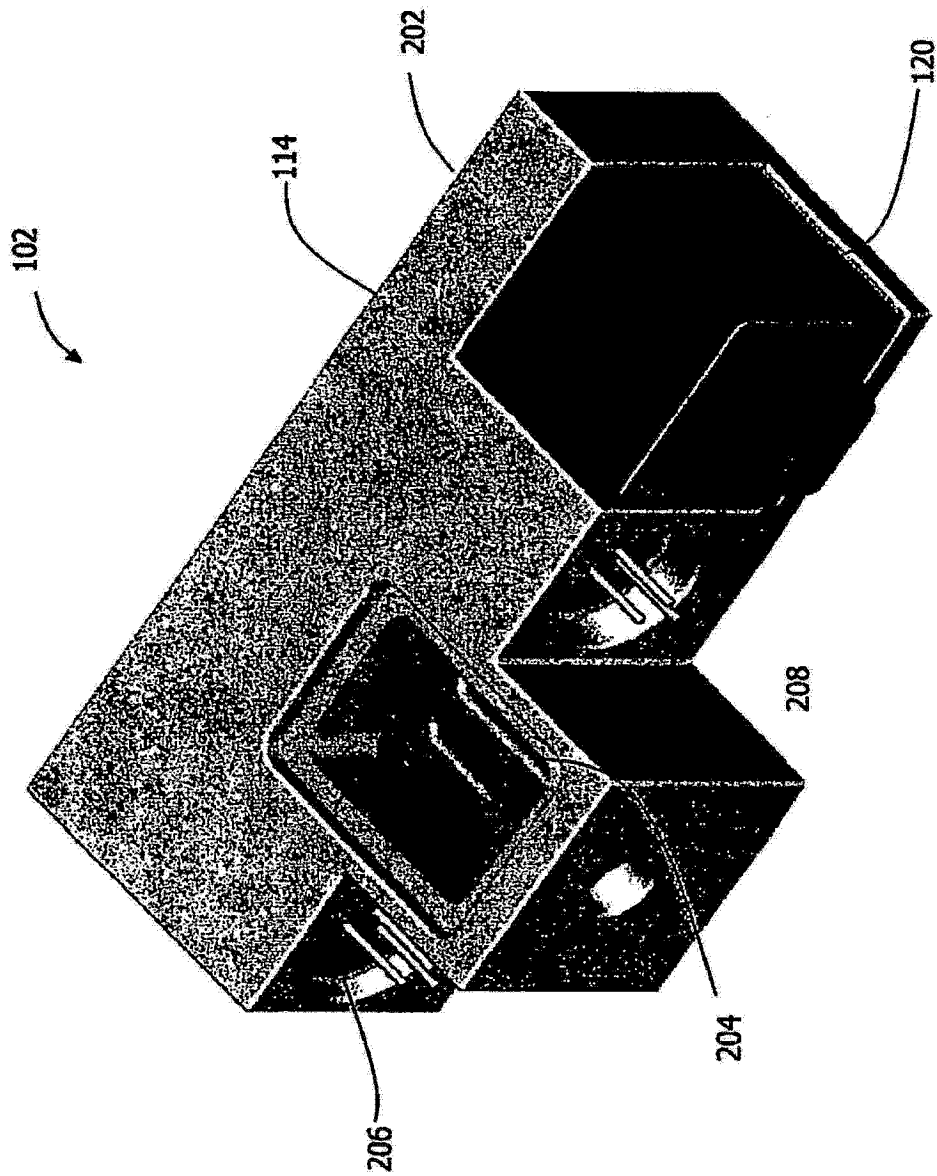


图 3

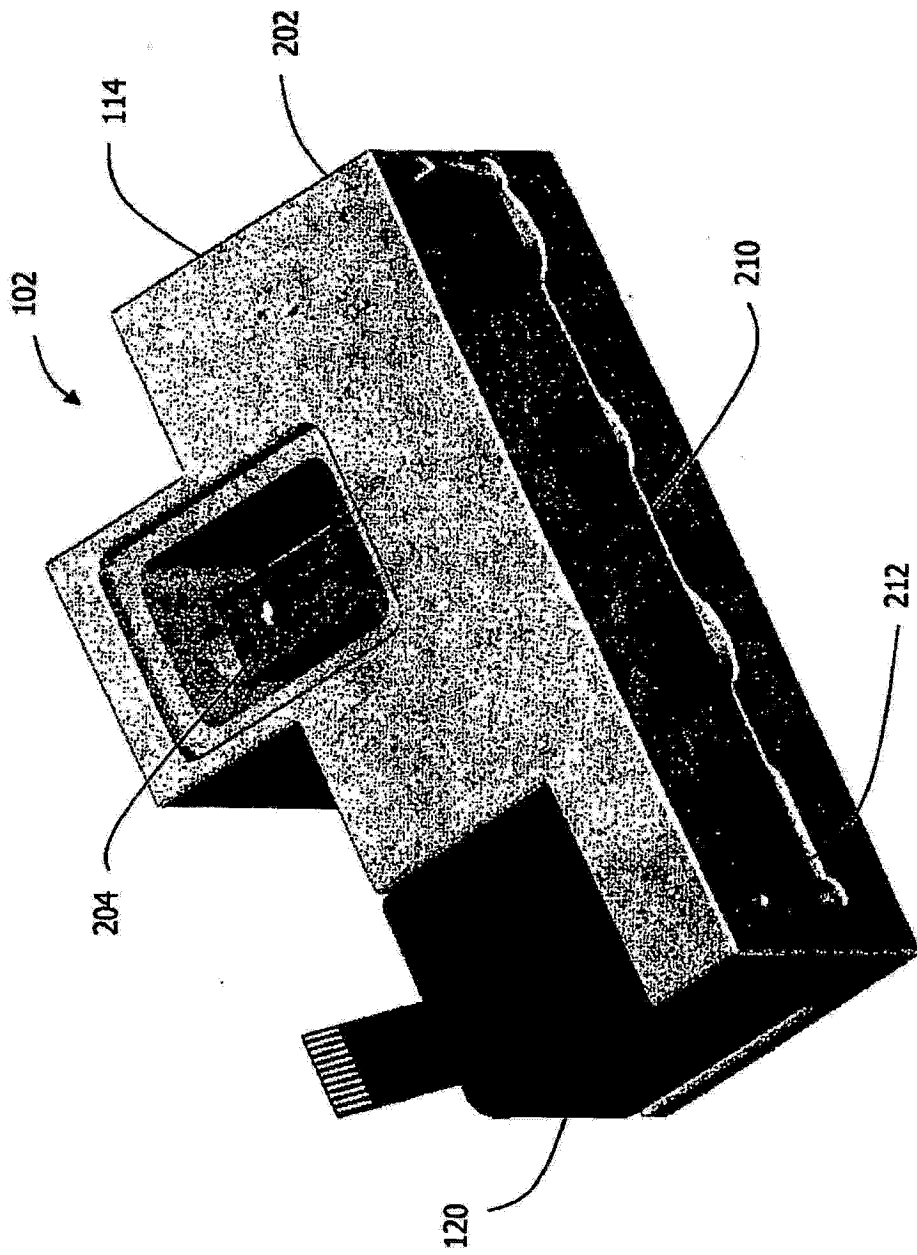


图 4

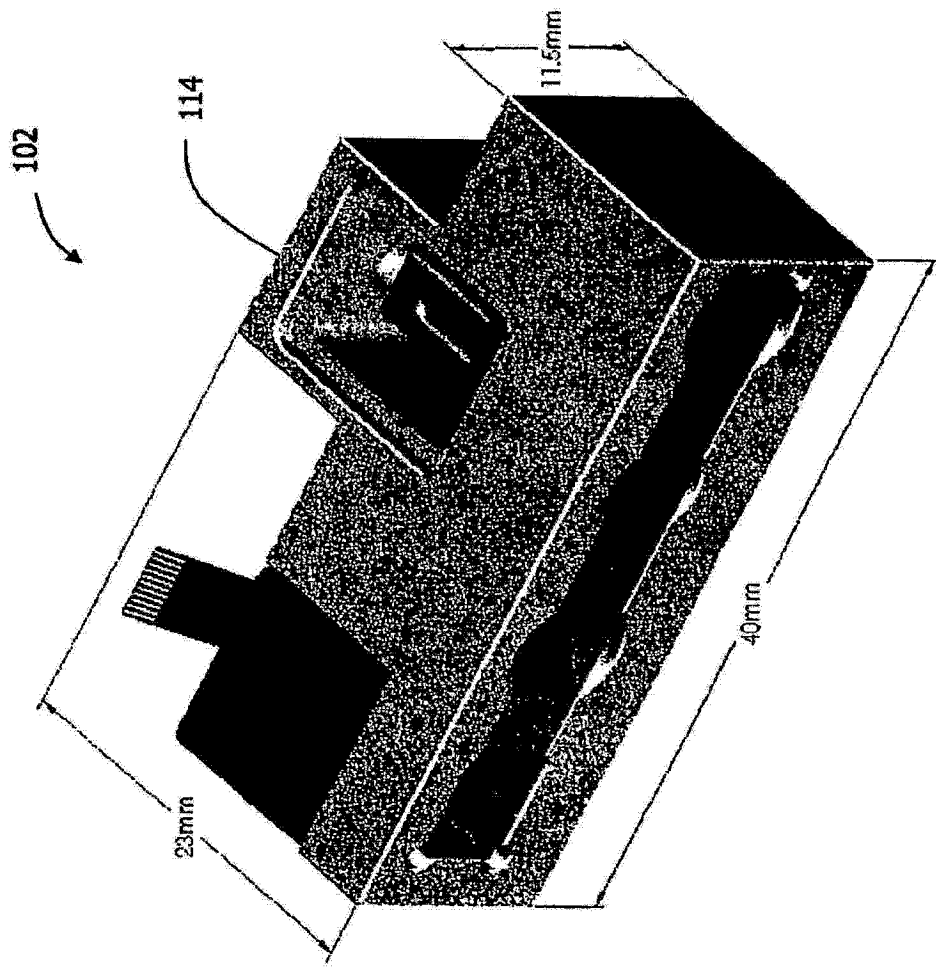


图 5

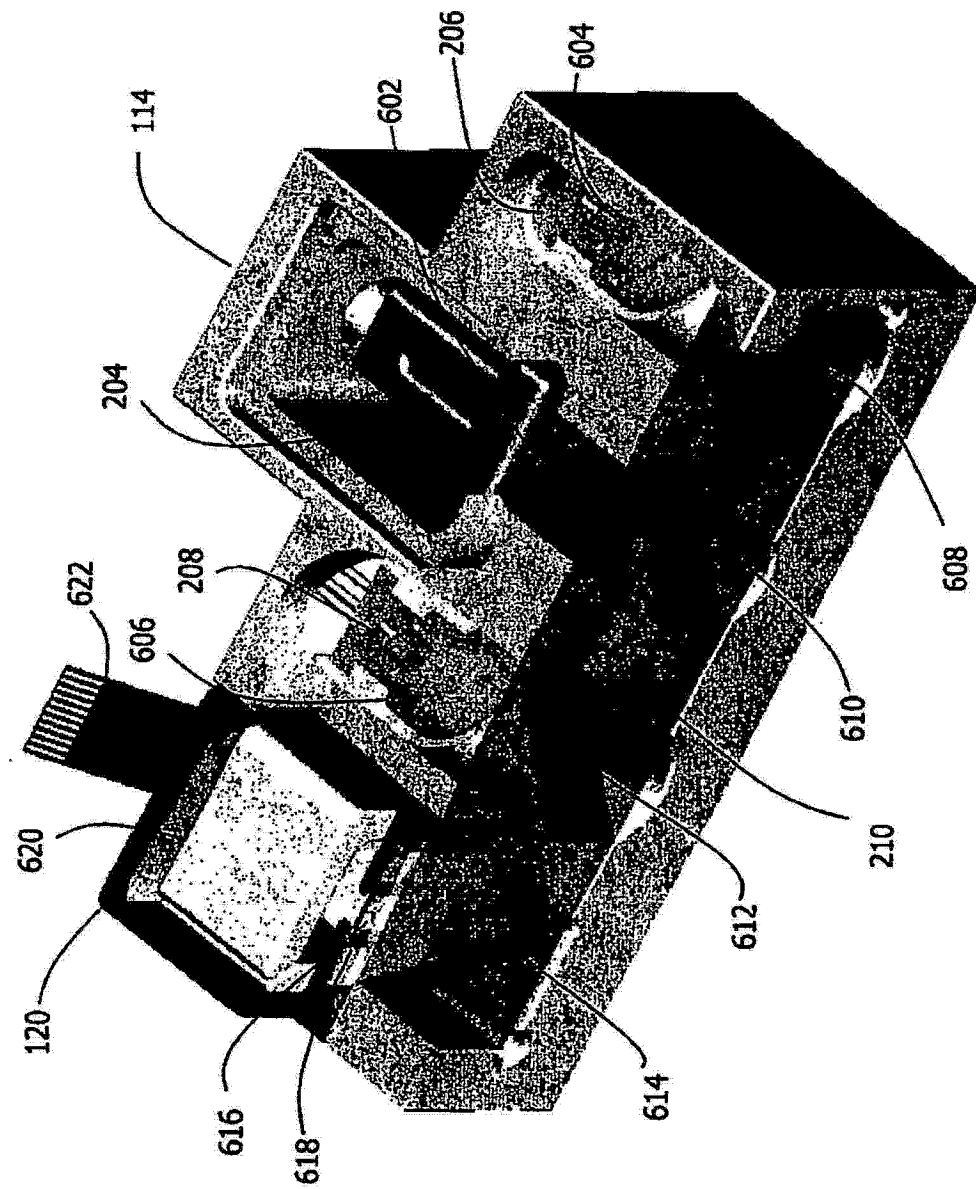


图 6

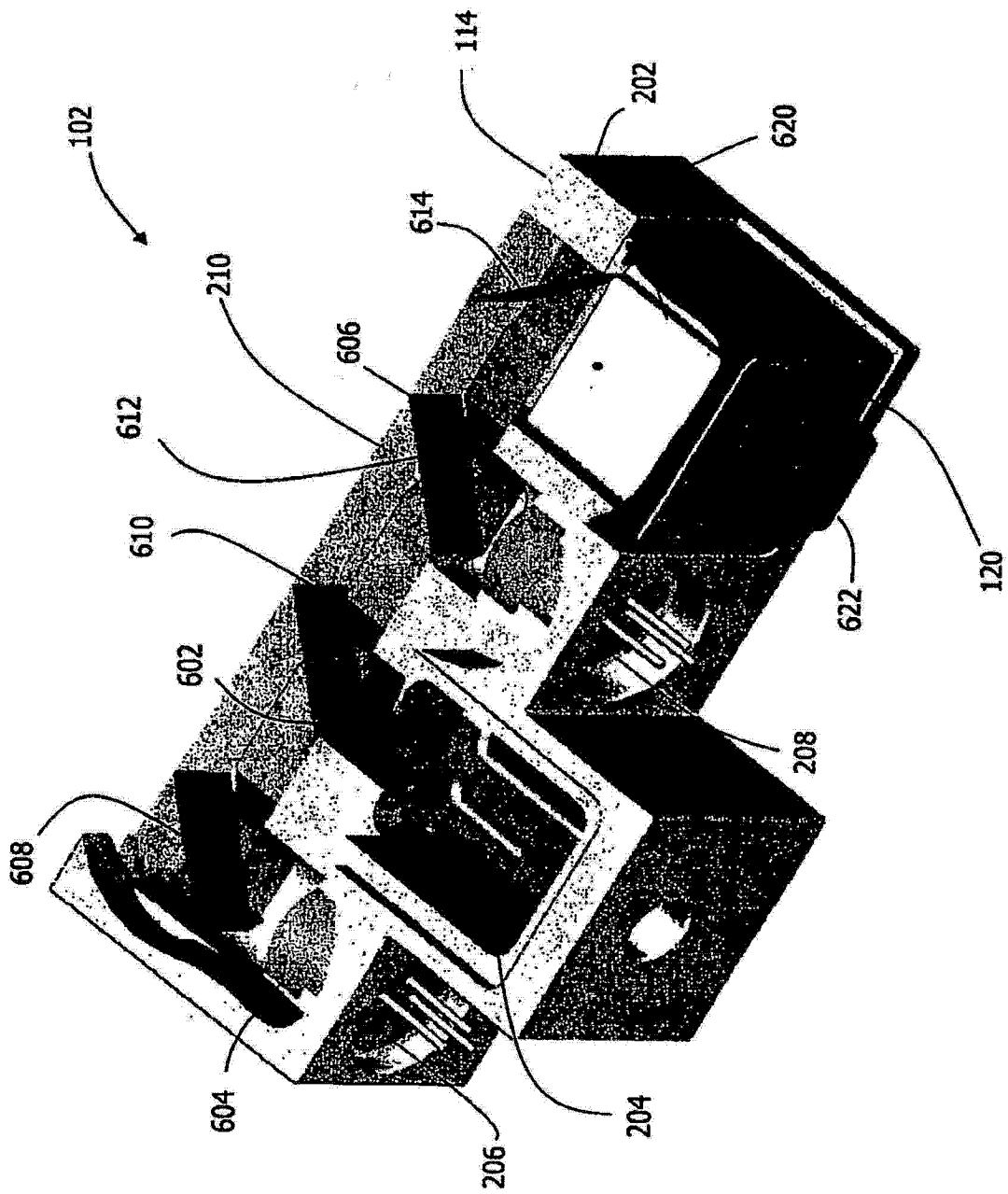


图 7

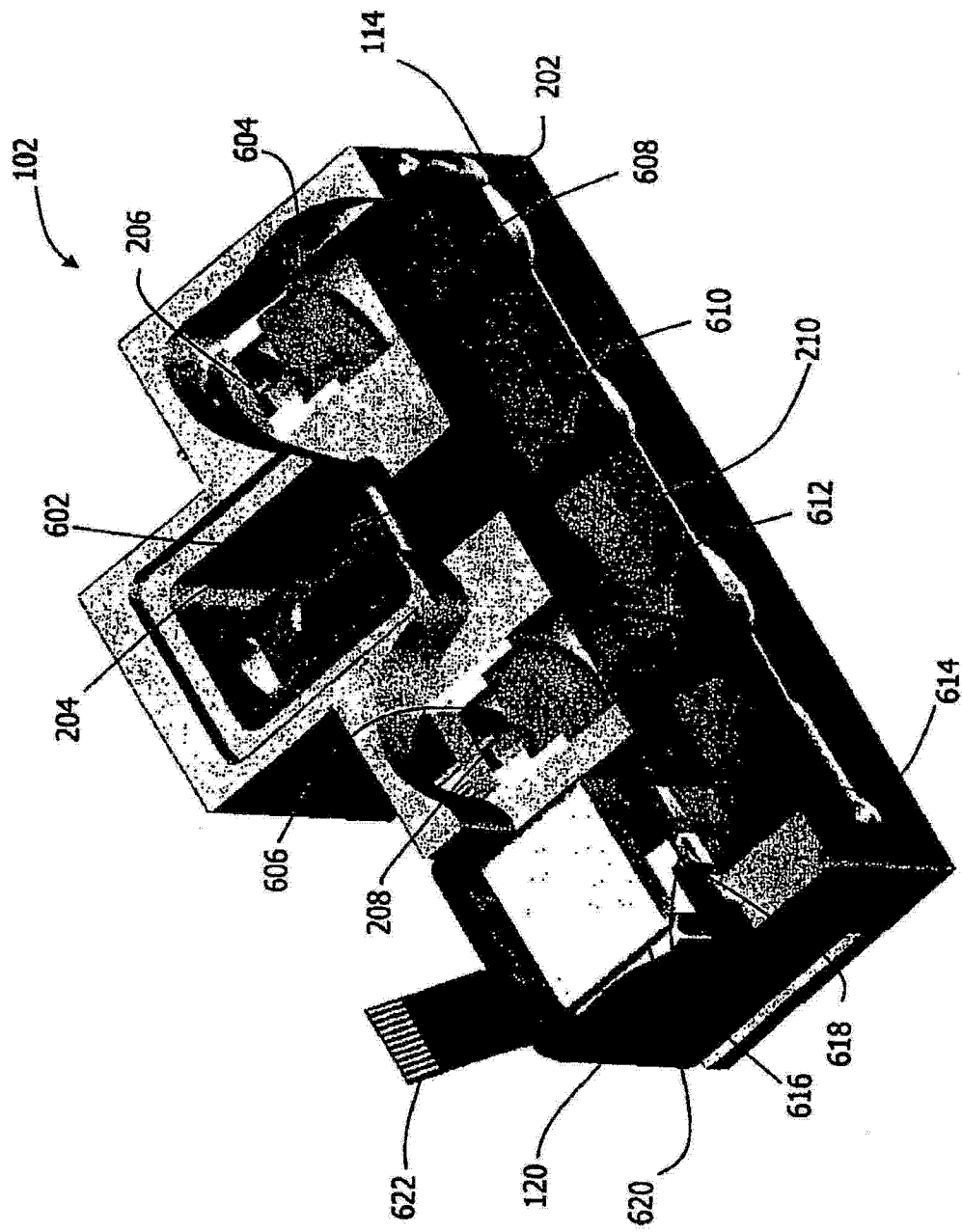


图 8

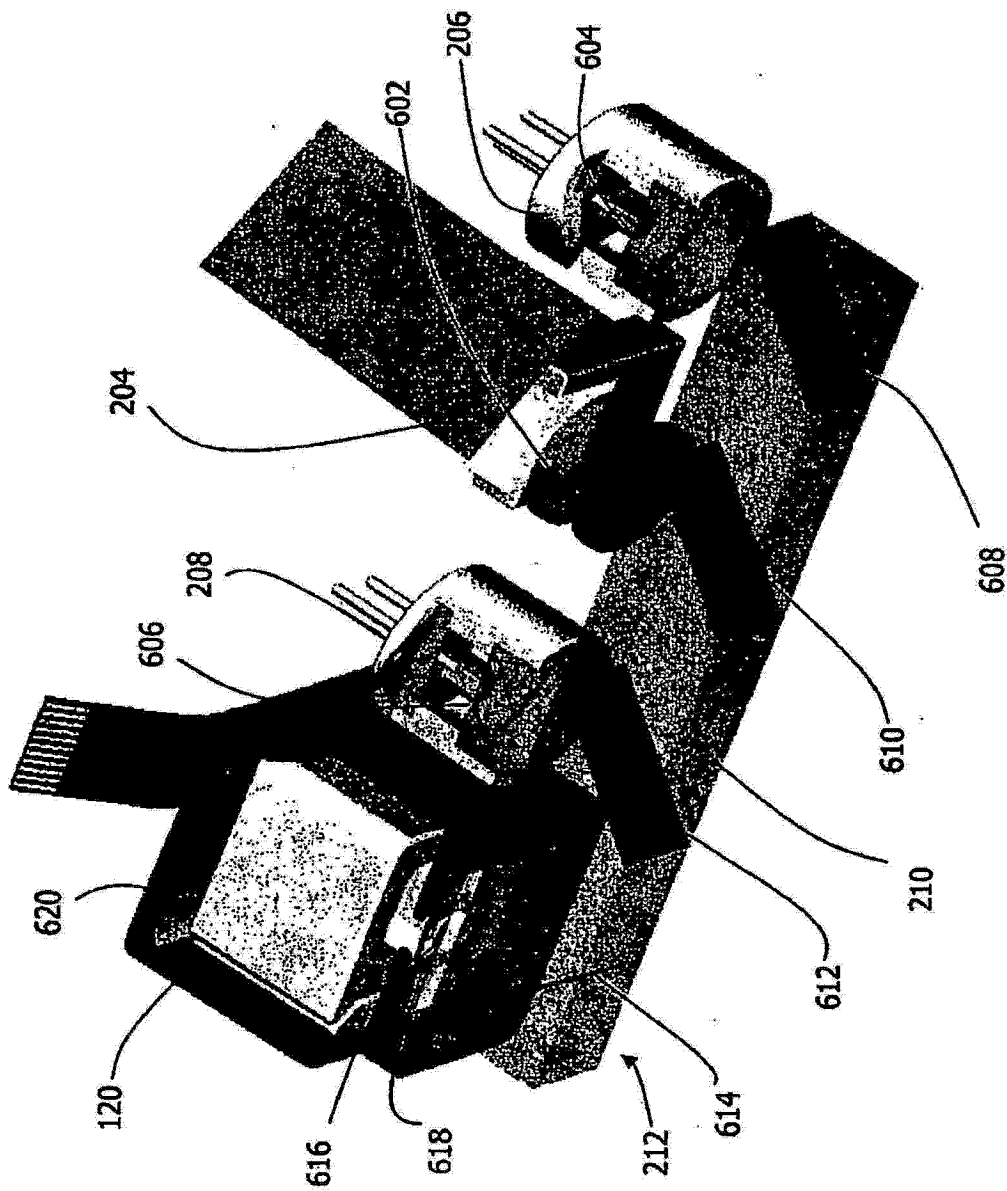


图 9

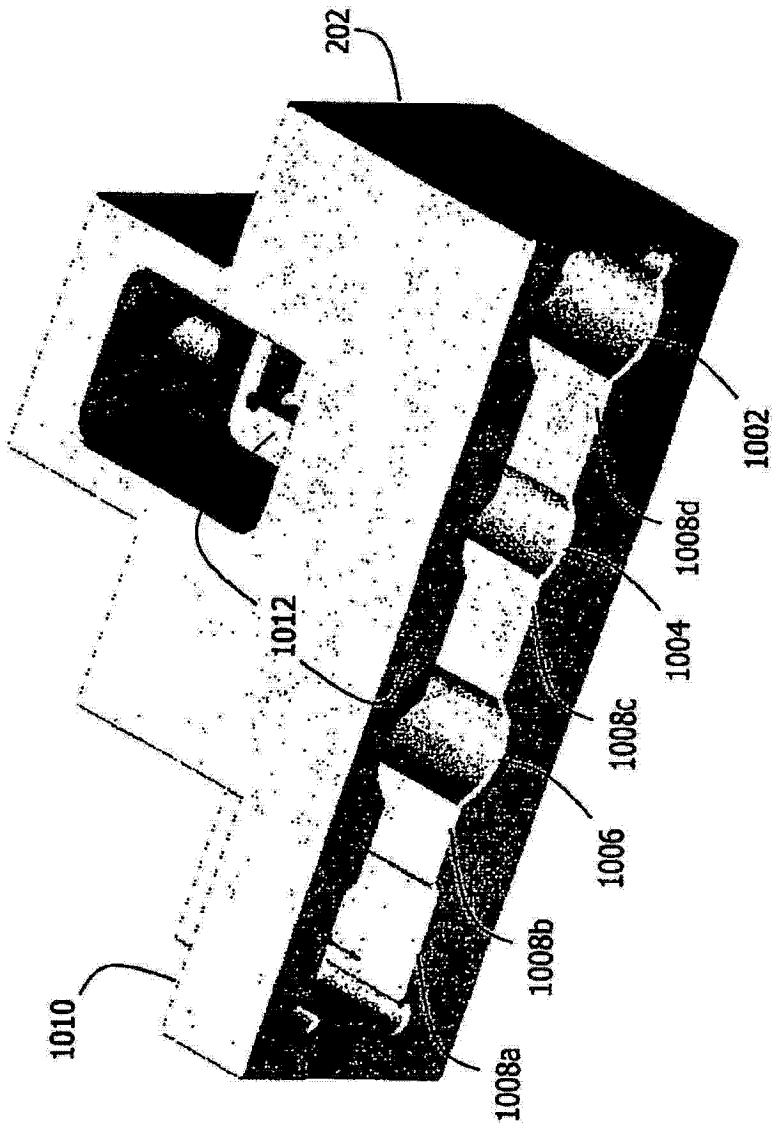


图 10

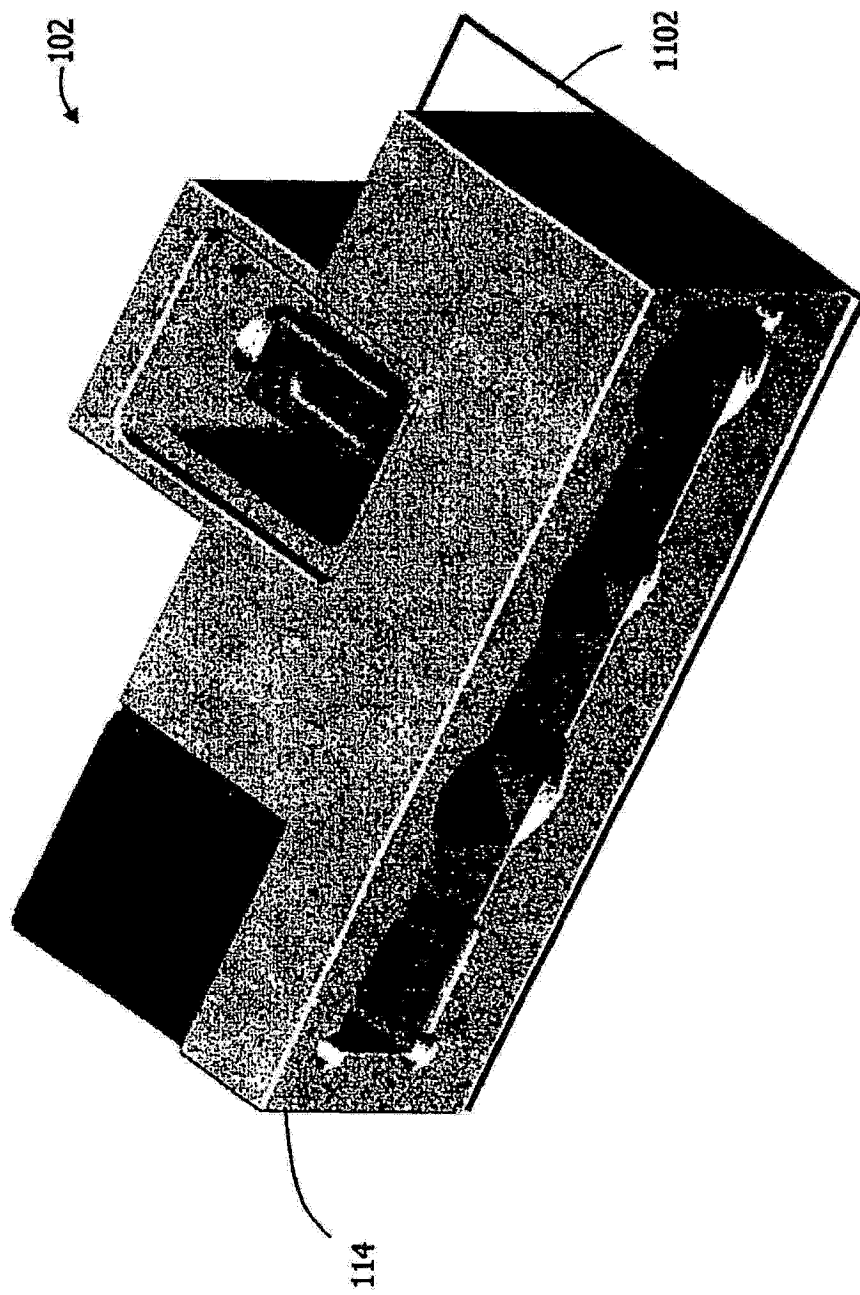


图 11

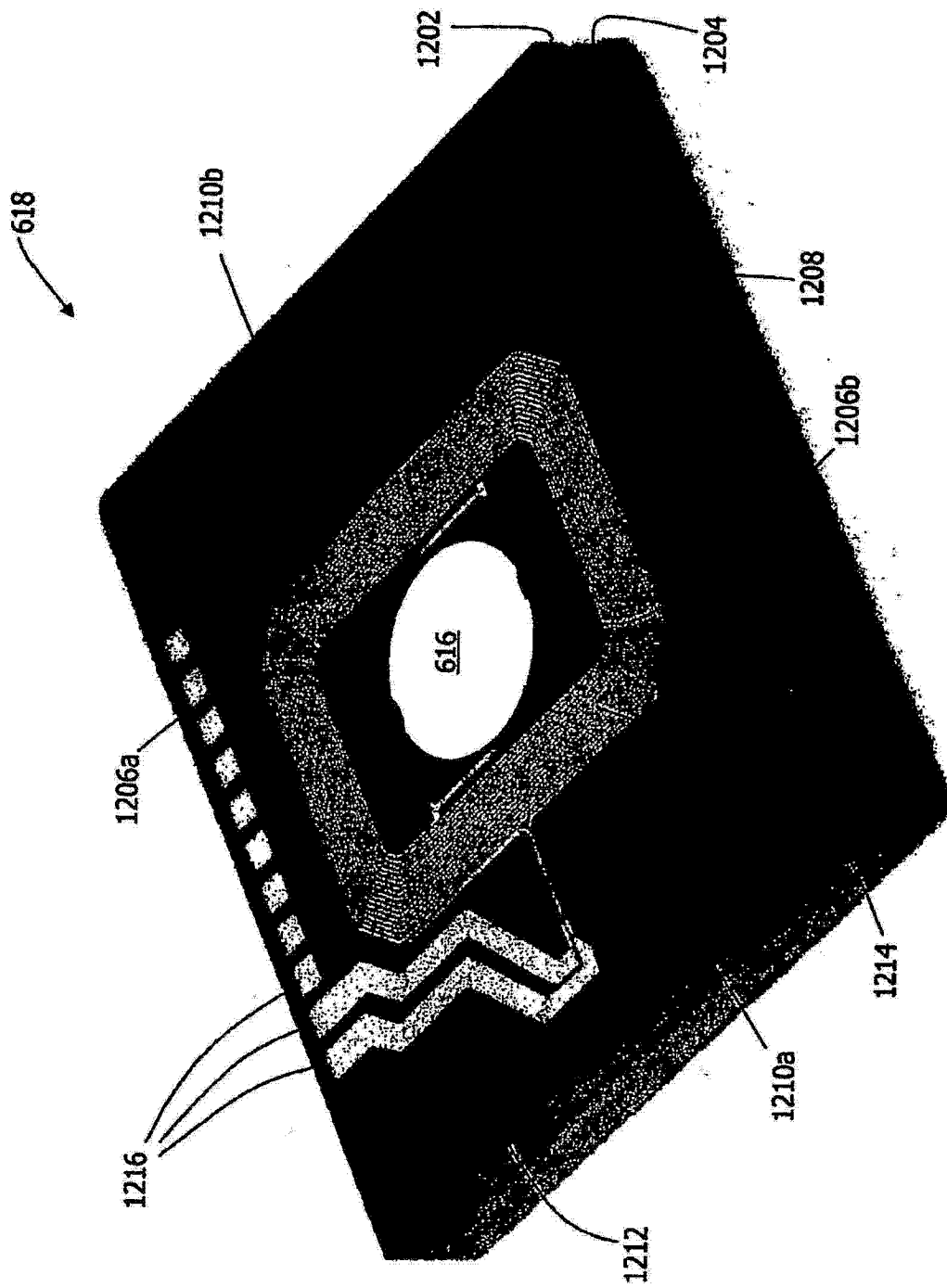


图 12

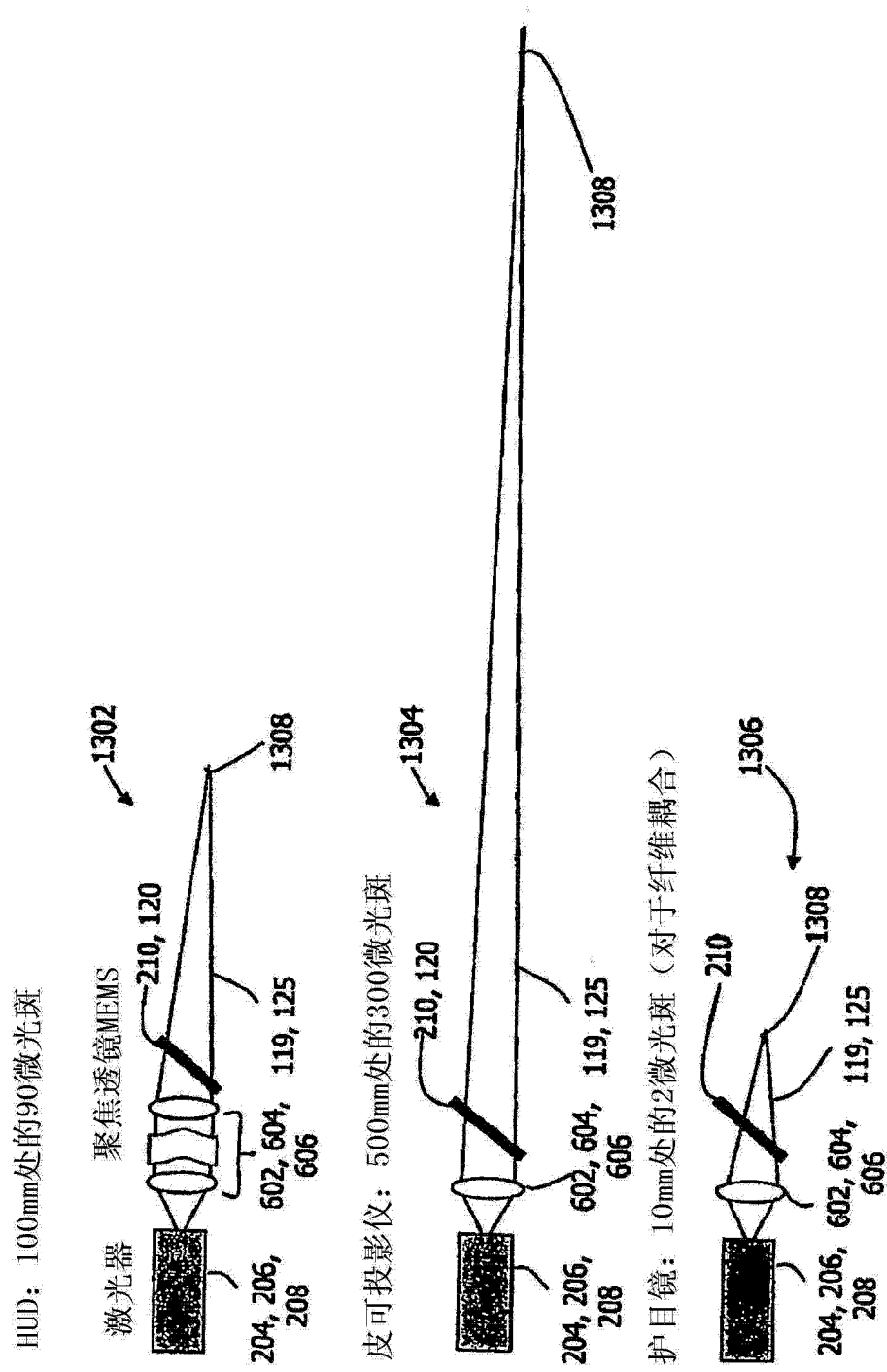


图 13

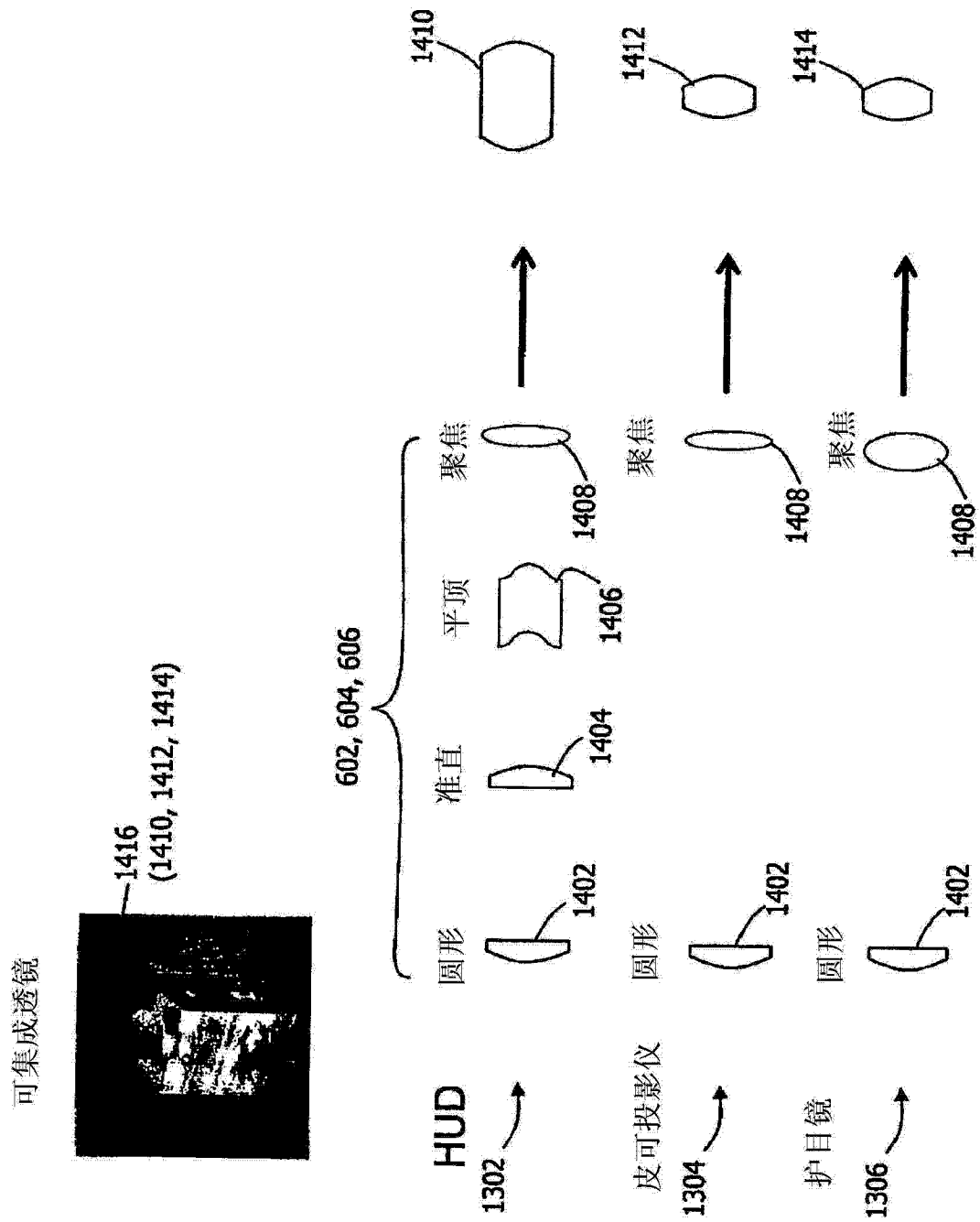


图 14

皮可投影仪作为基础

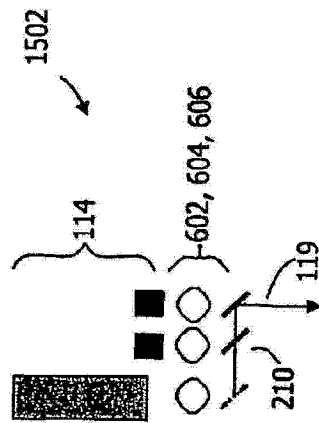


图15

能集成到一个元件中的透镜

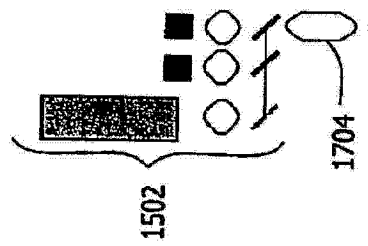


图17

具有皮可投影仪的HUD作为基础

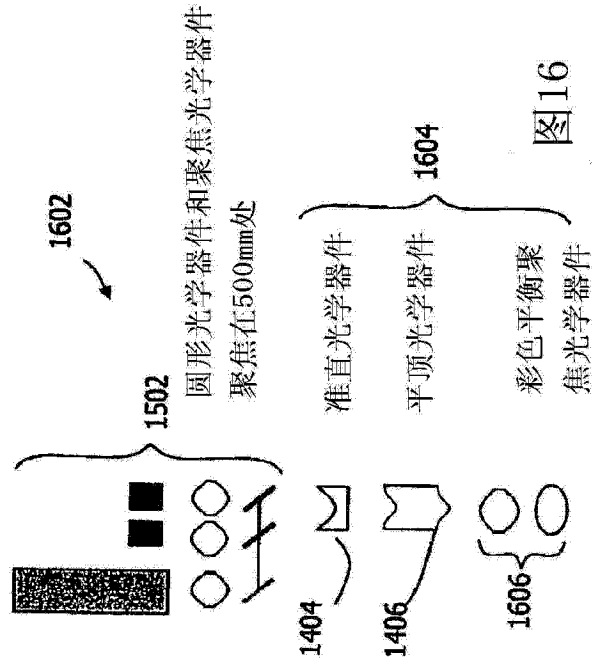


图16

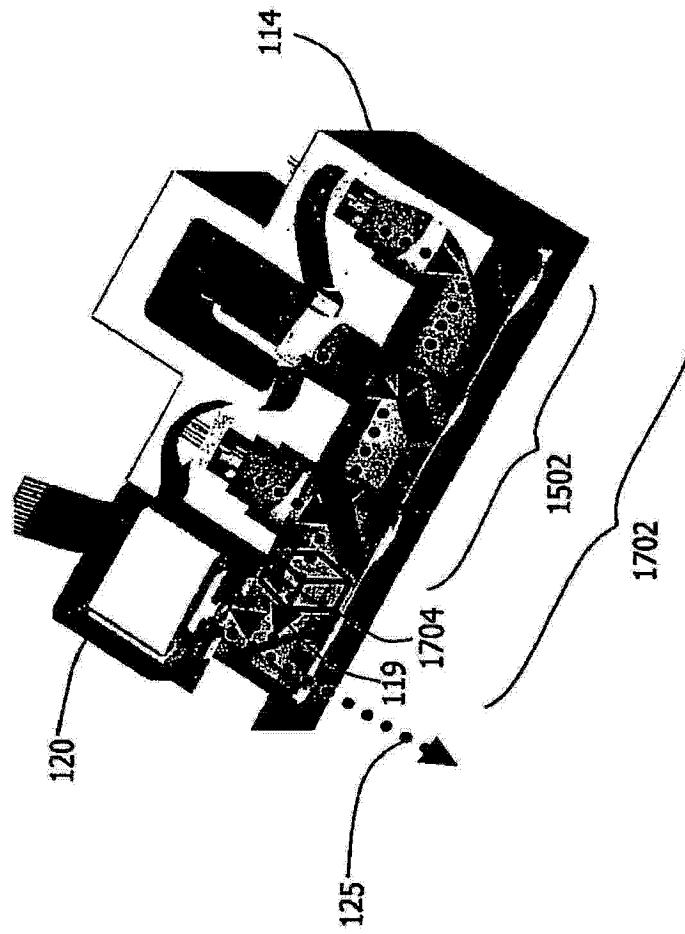


图 18

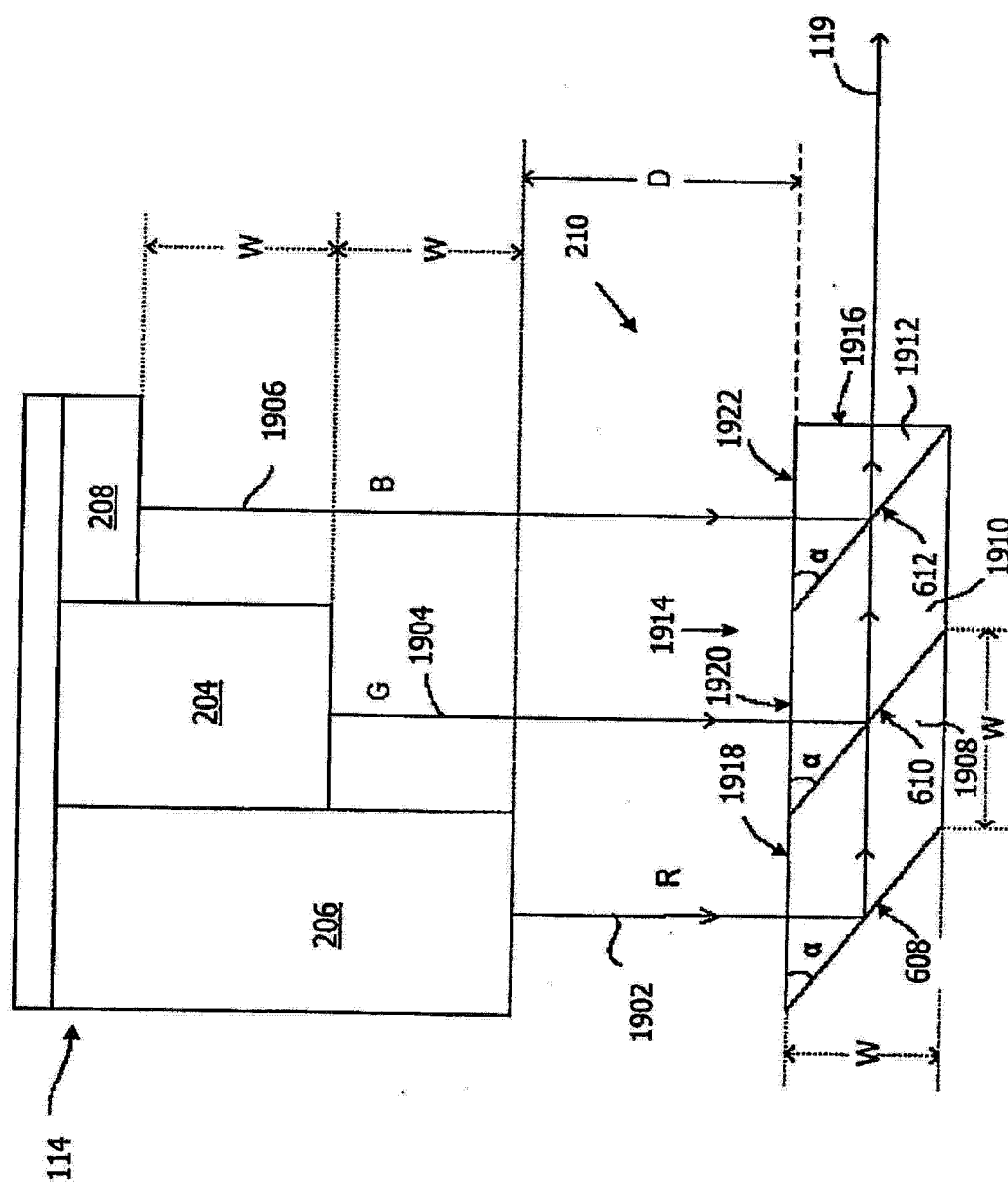


图 19

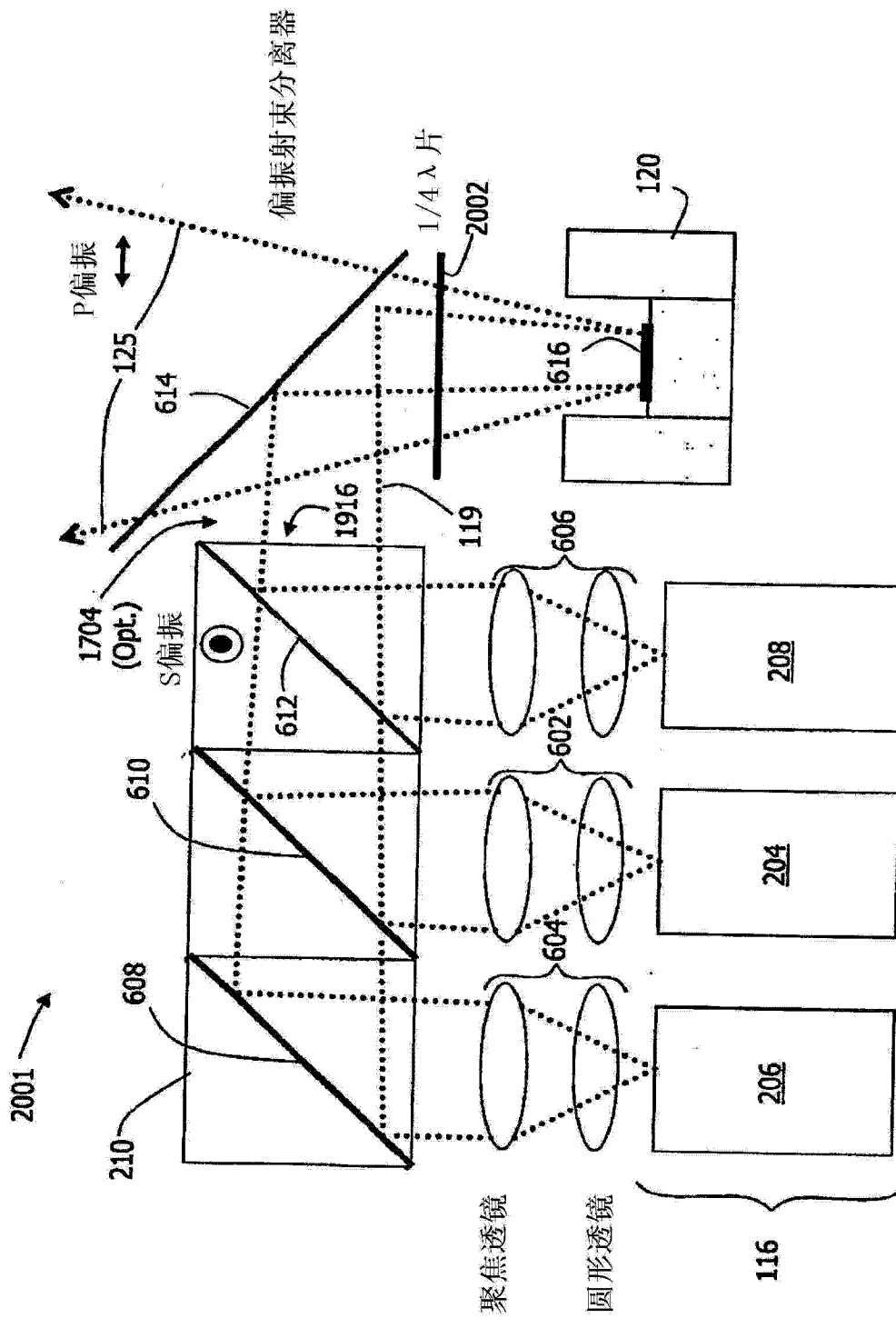


图 20

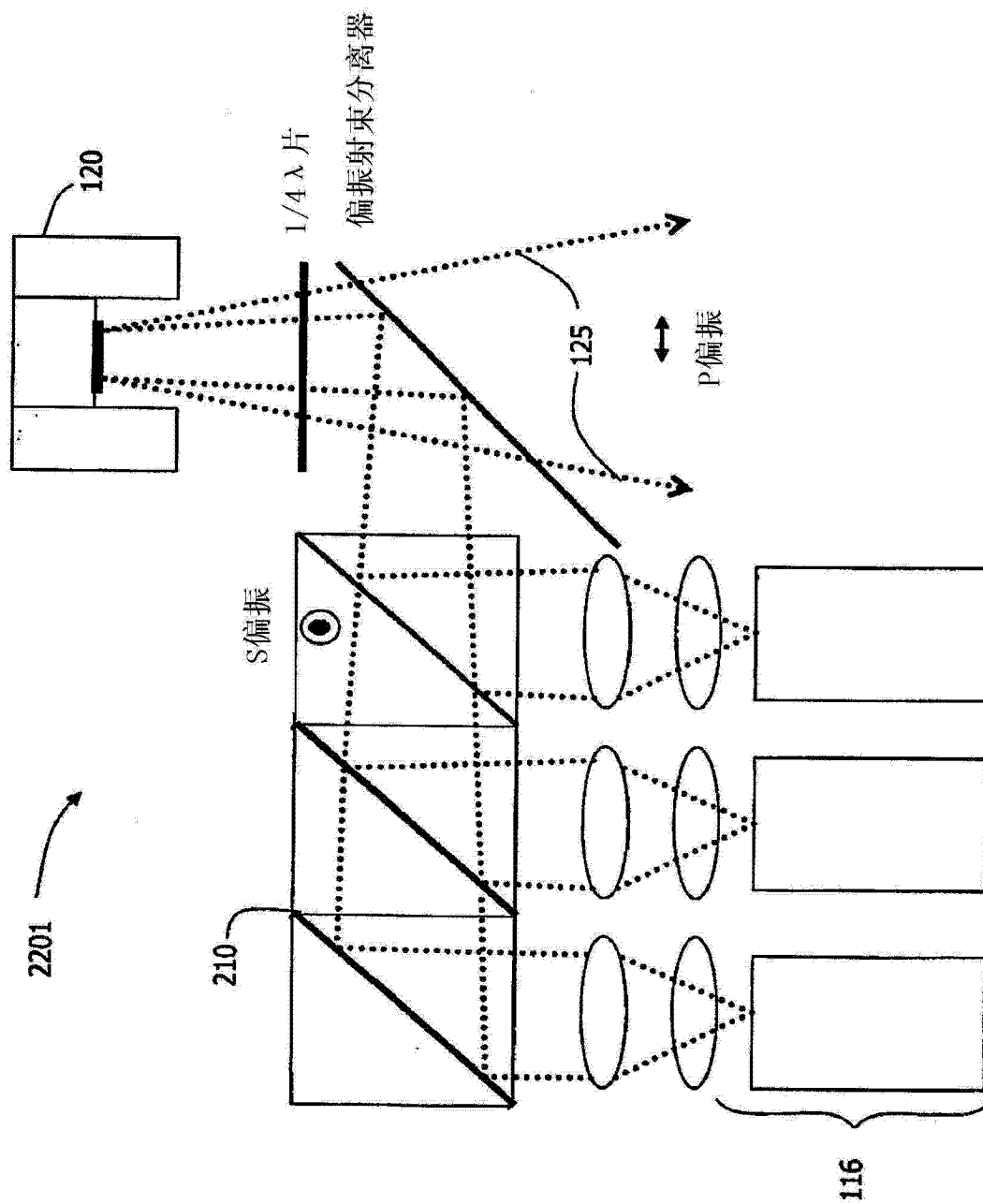


图 22

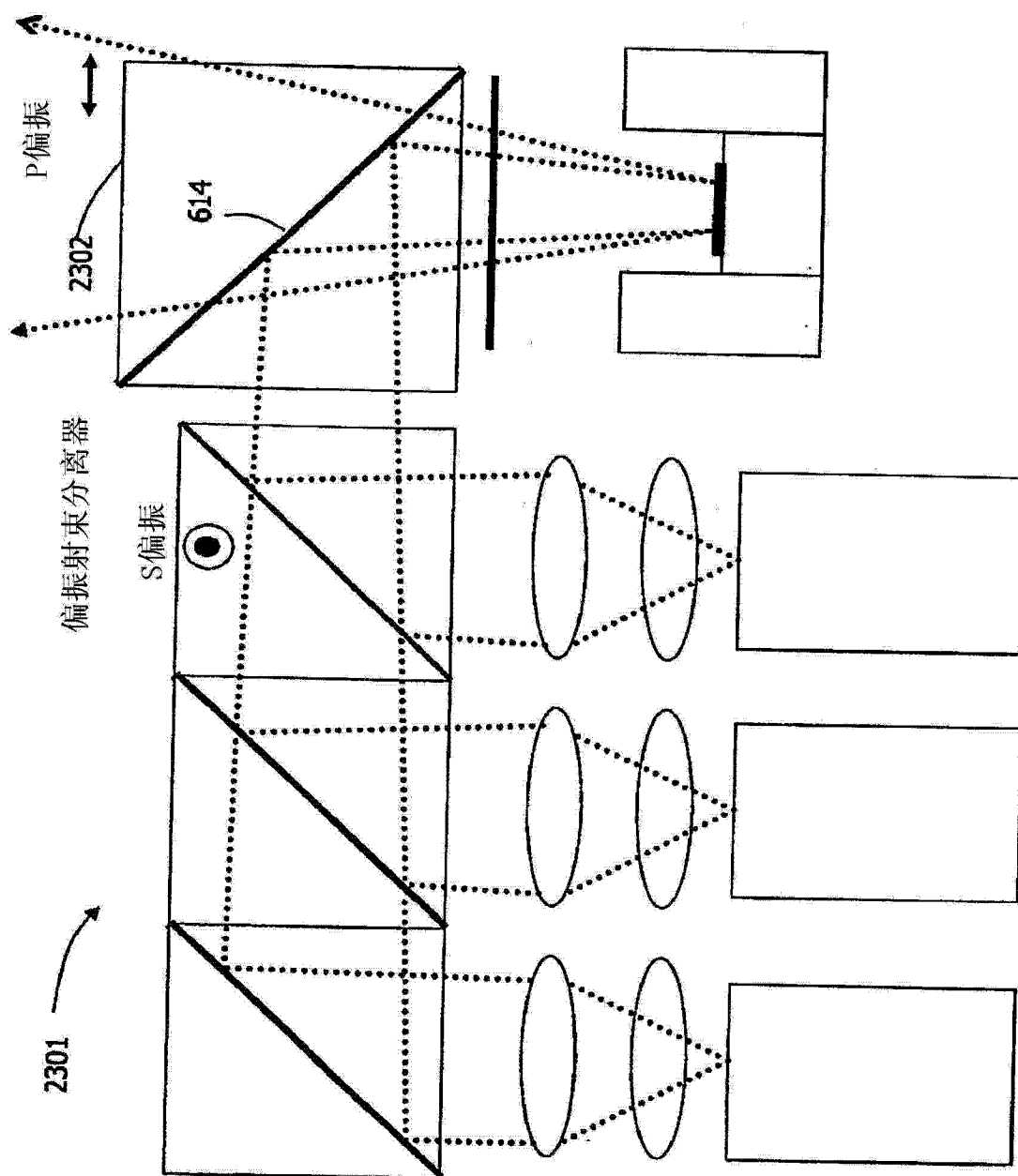


图 23

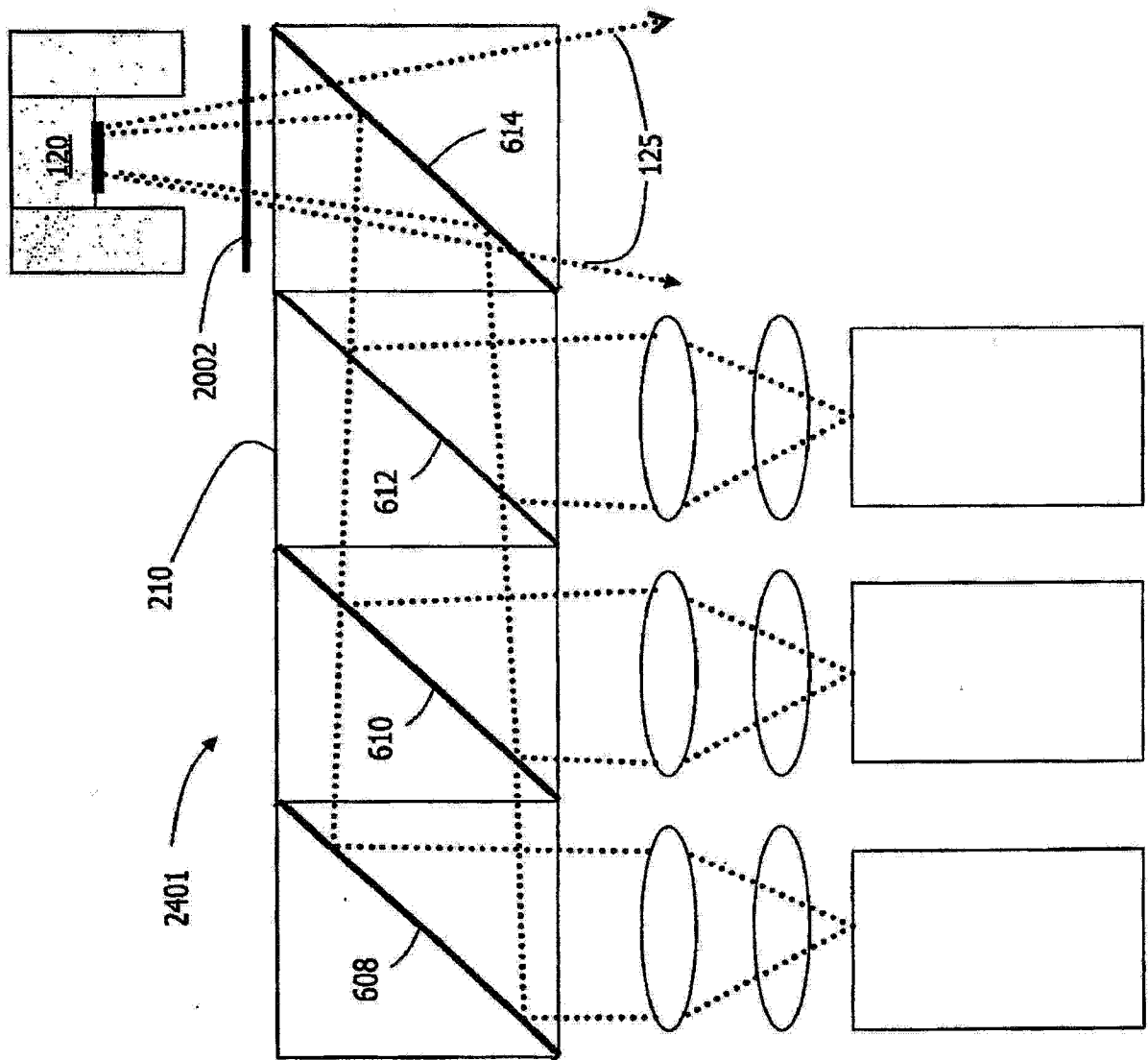


图 24

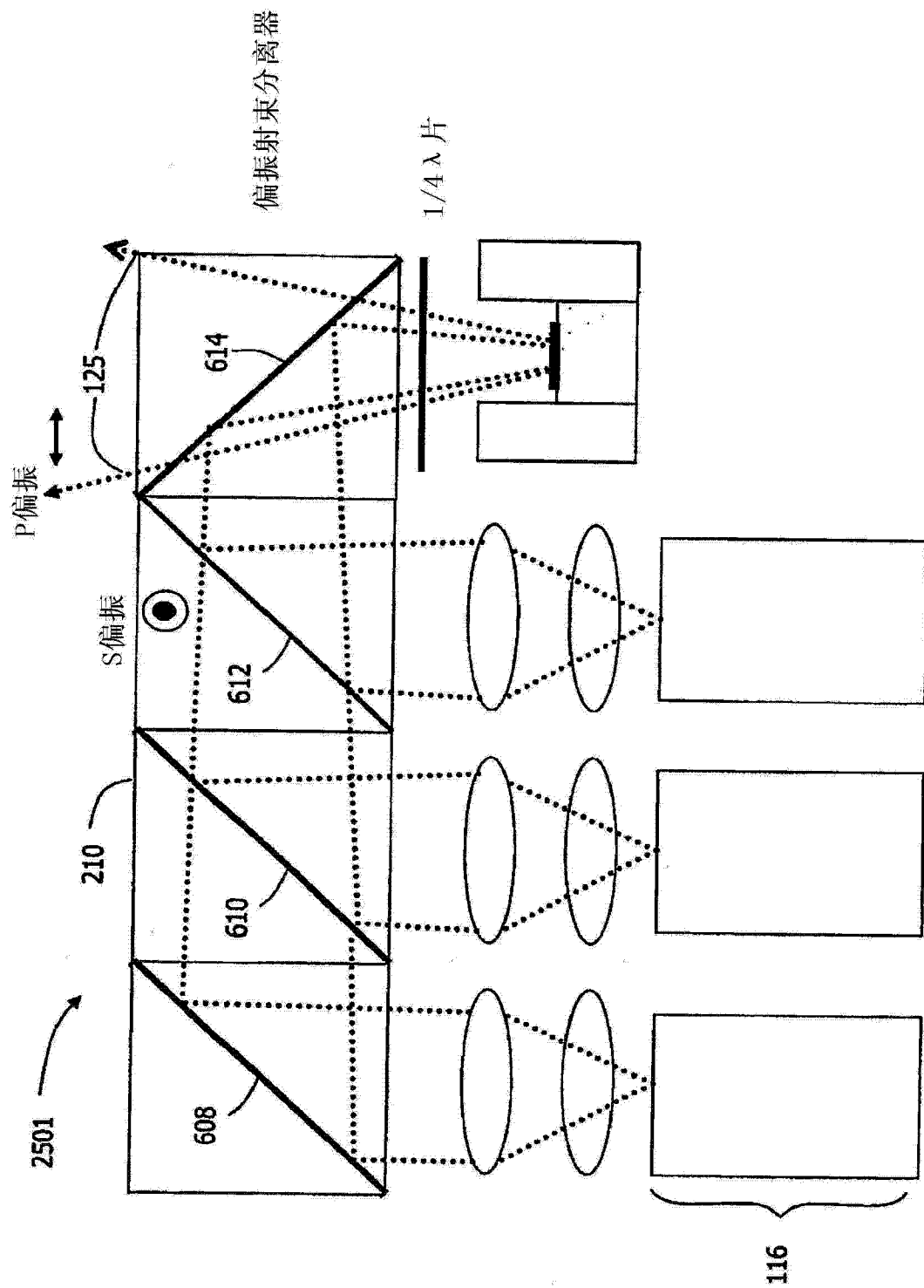


图 25A

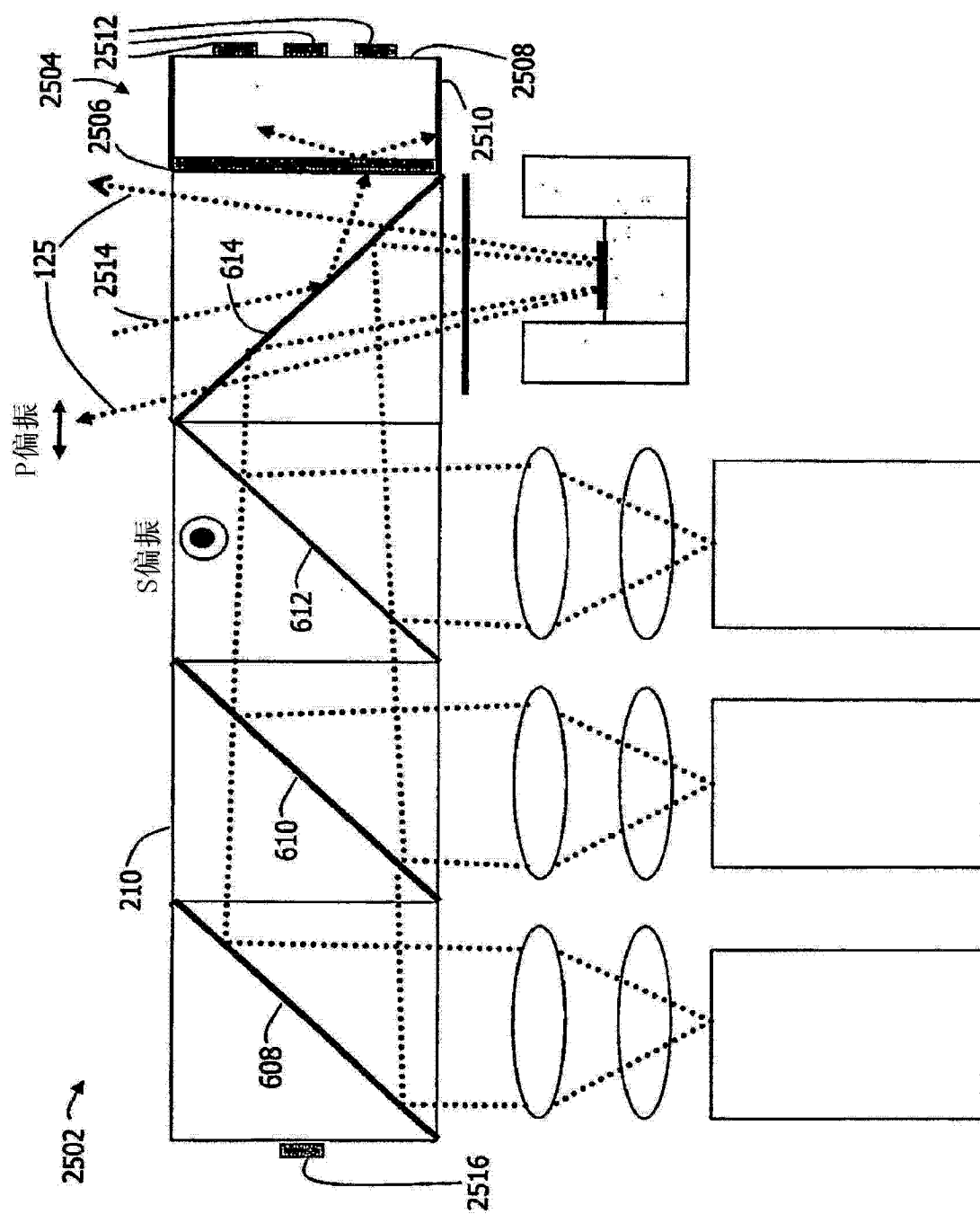


图 25B

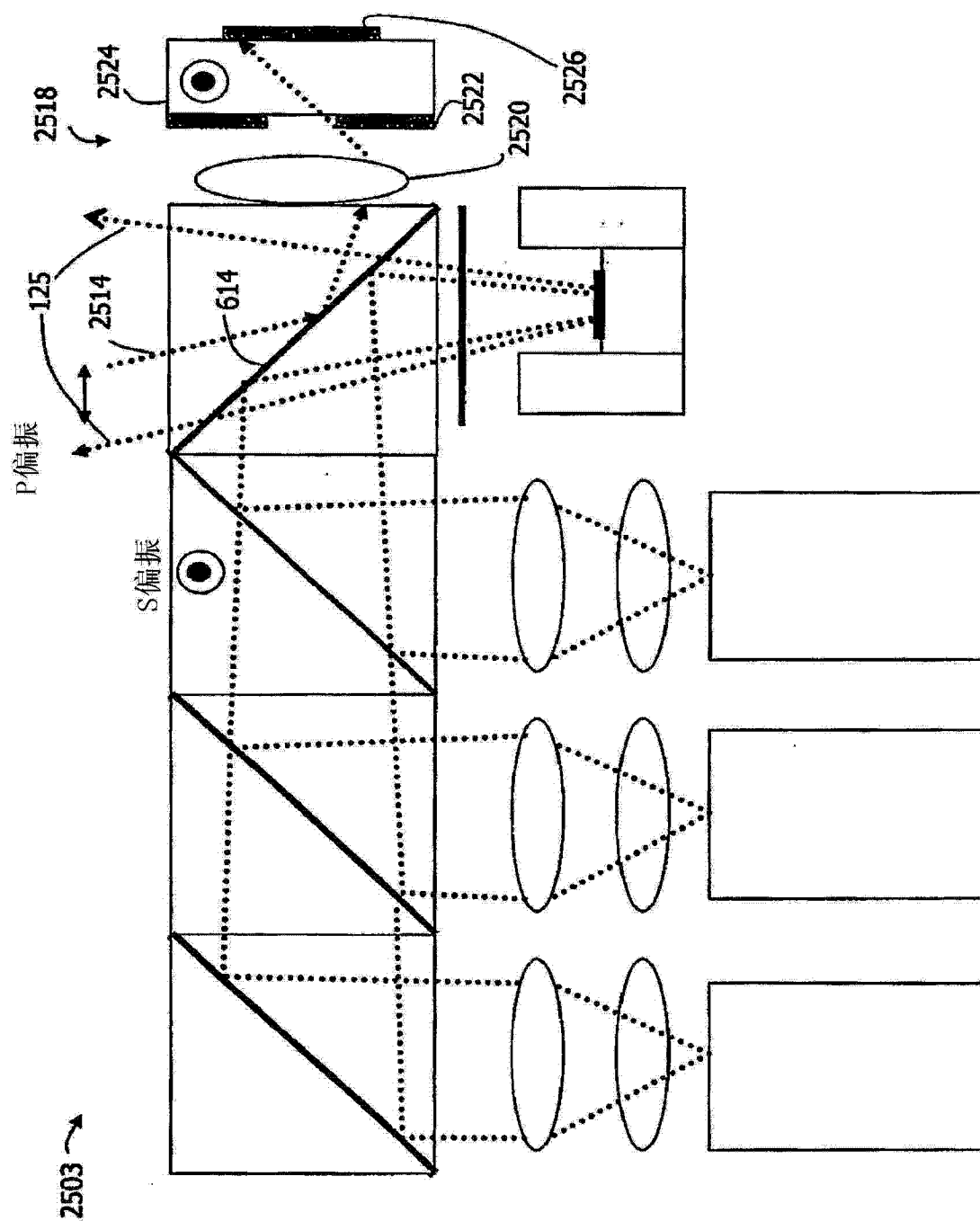


图 25C

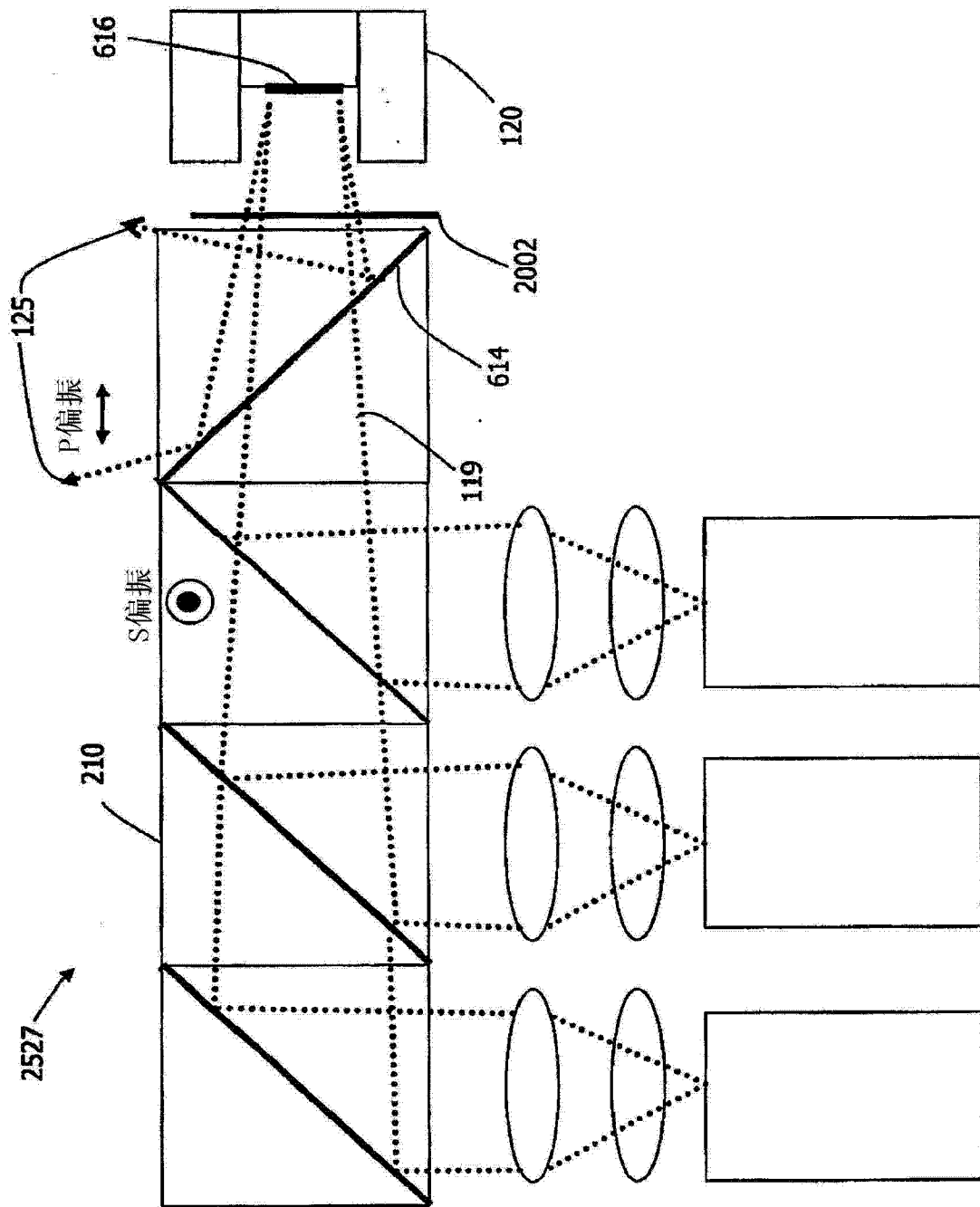


图 25D

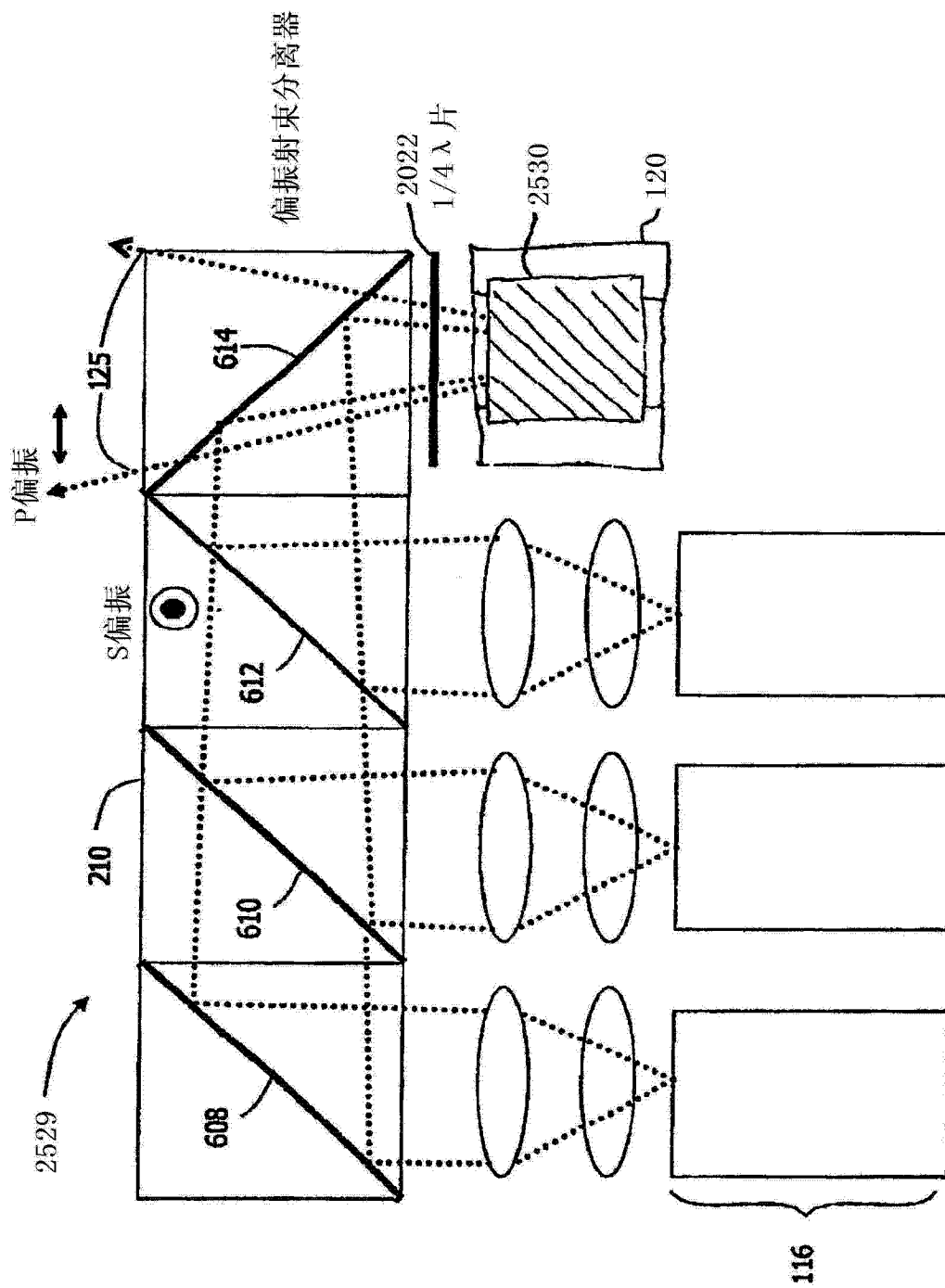


图 25E

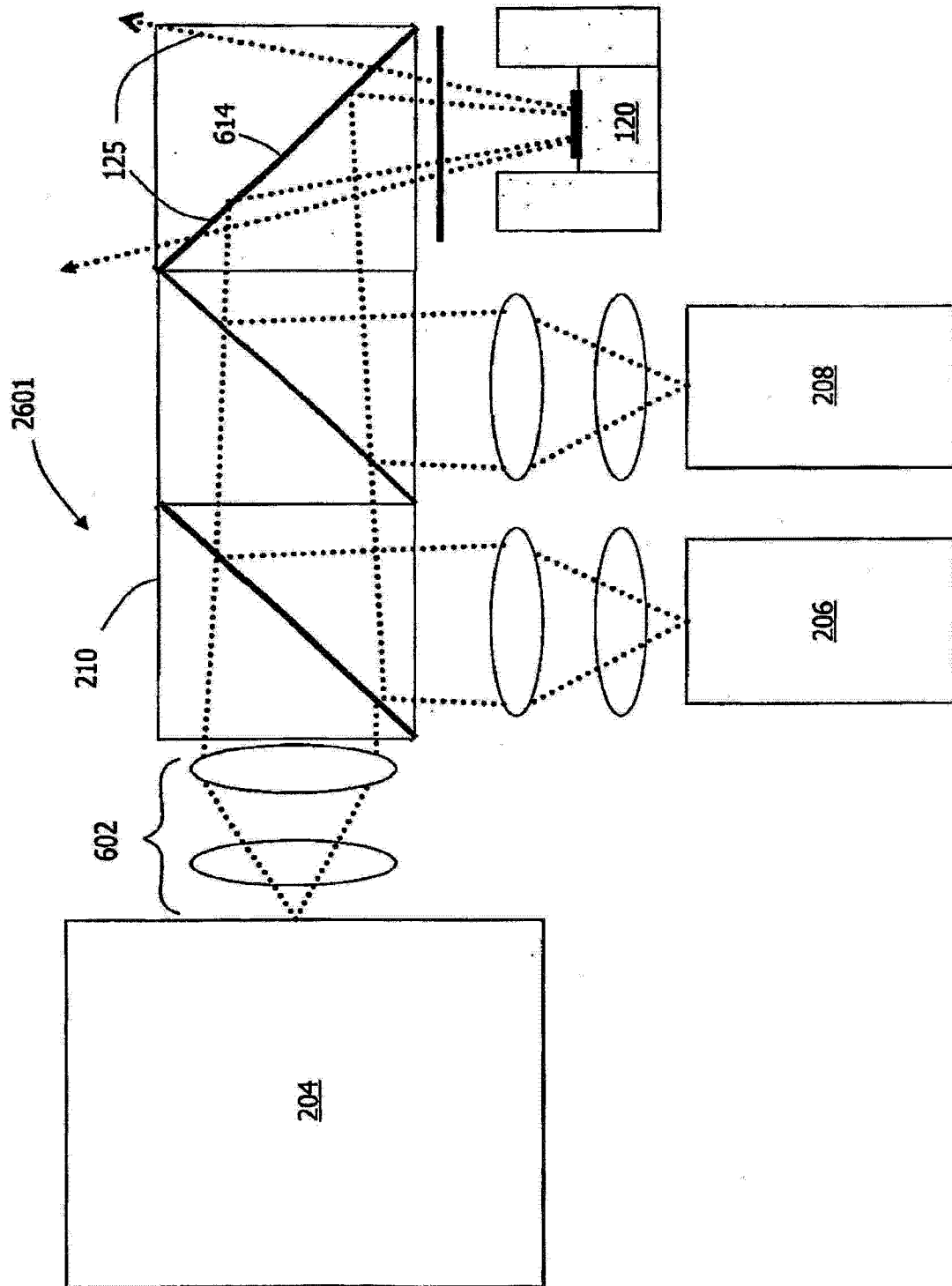


图 26

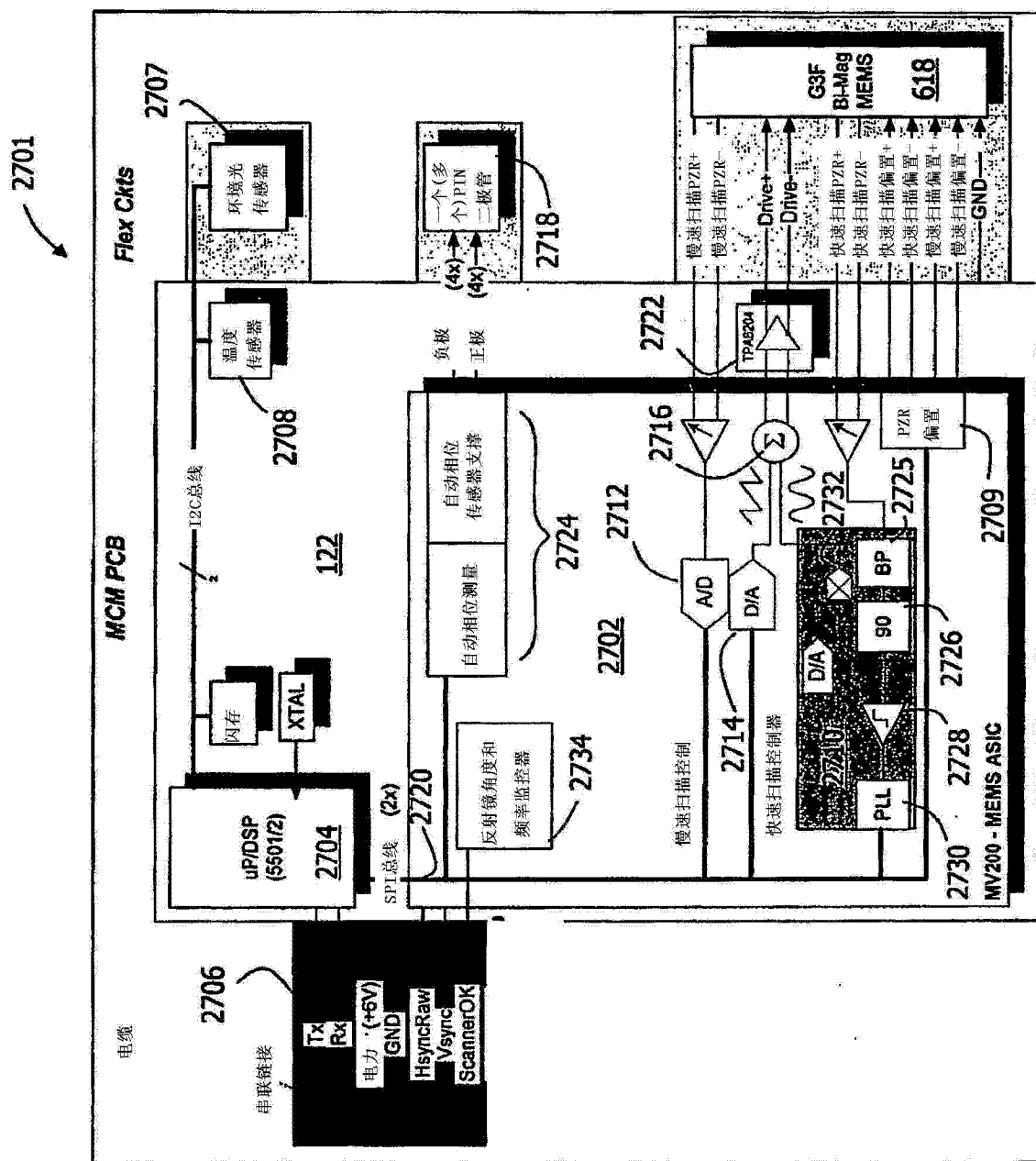


图 27

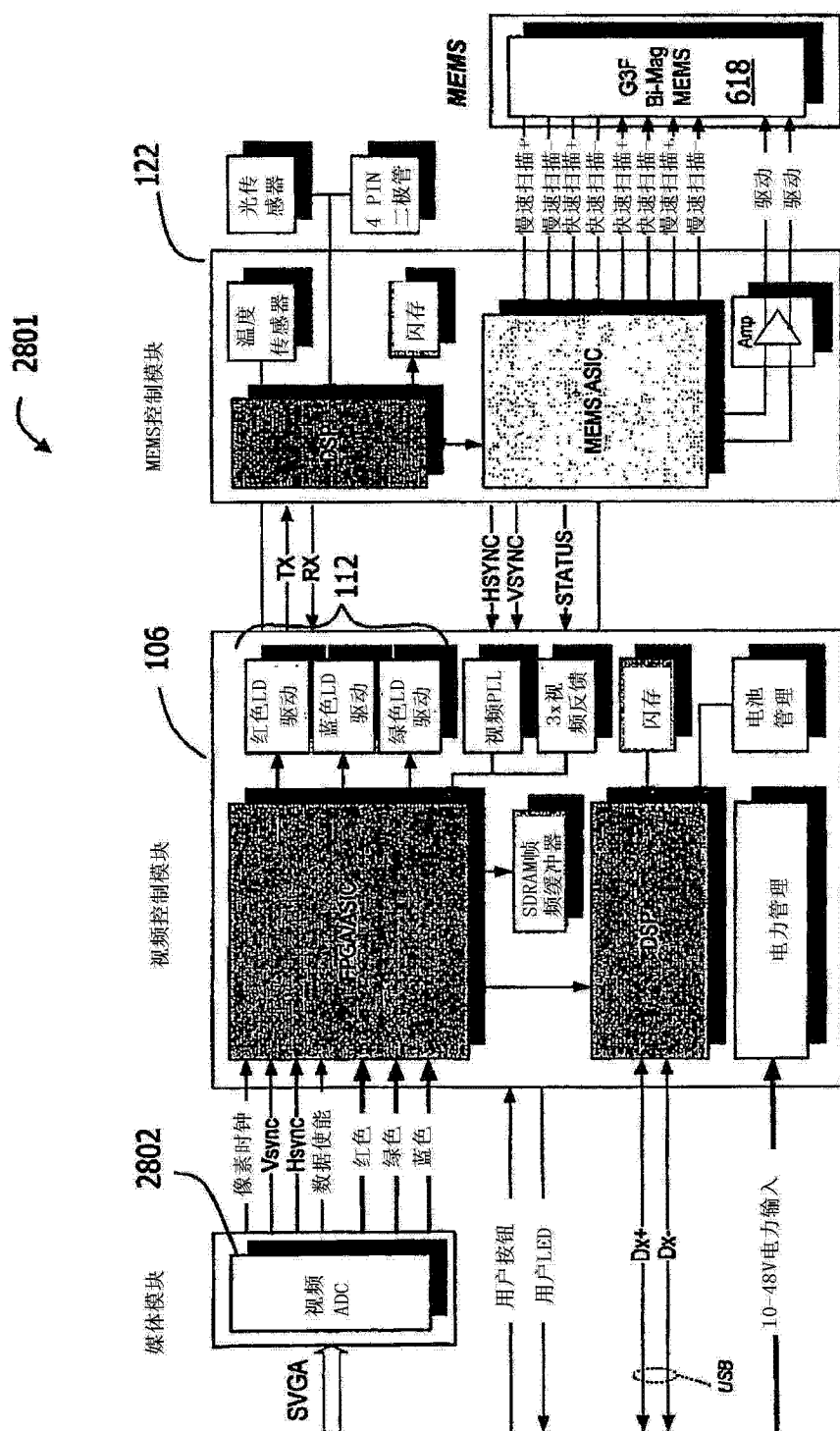


图 28

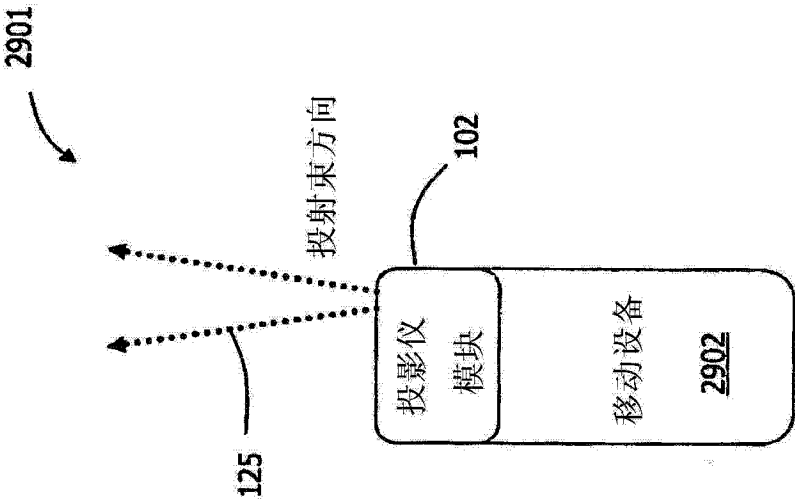


图 29

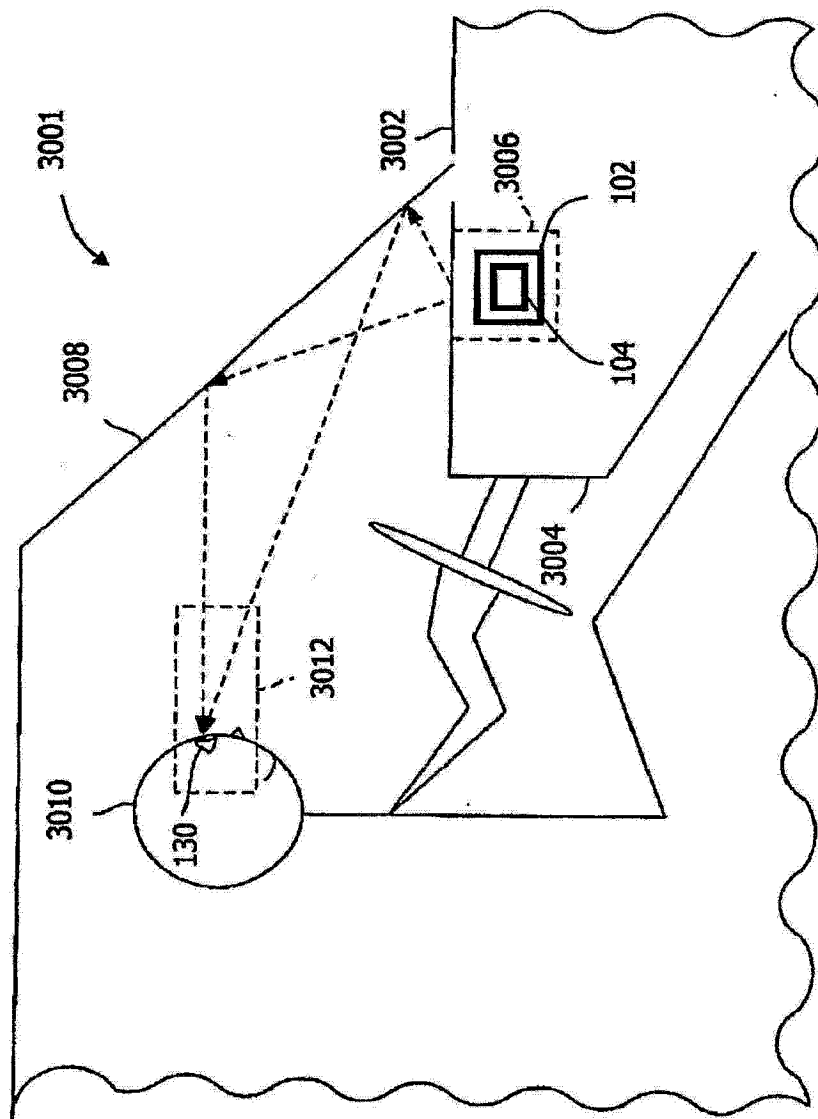


图 30

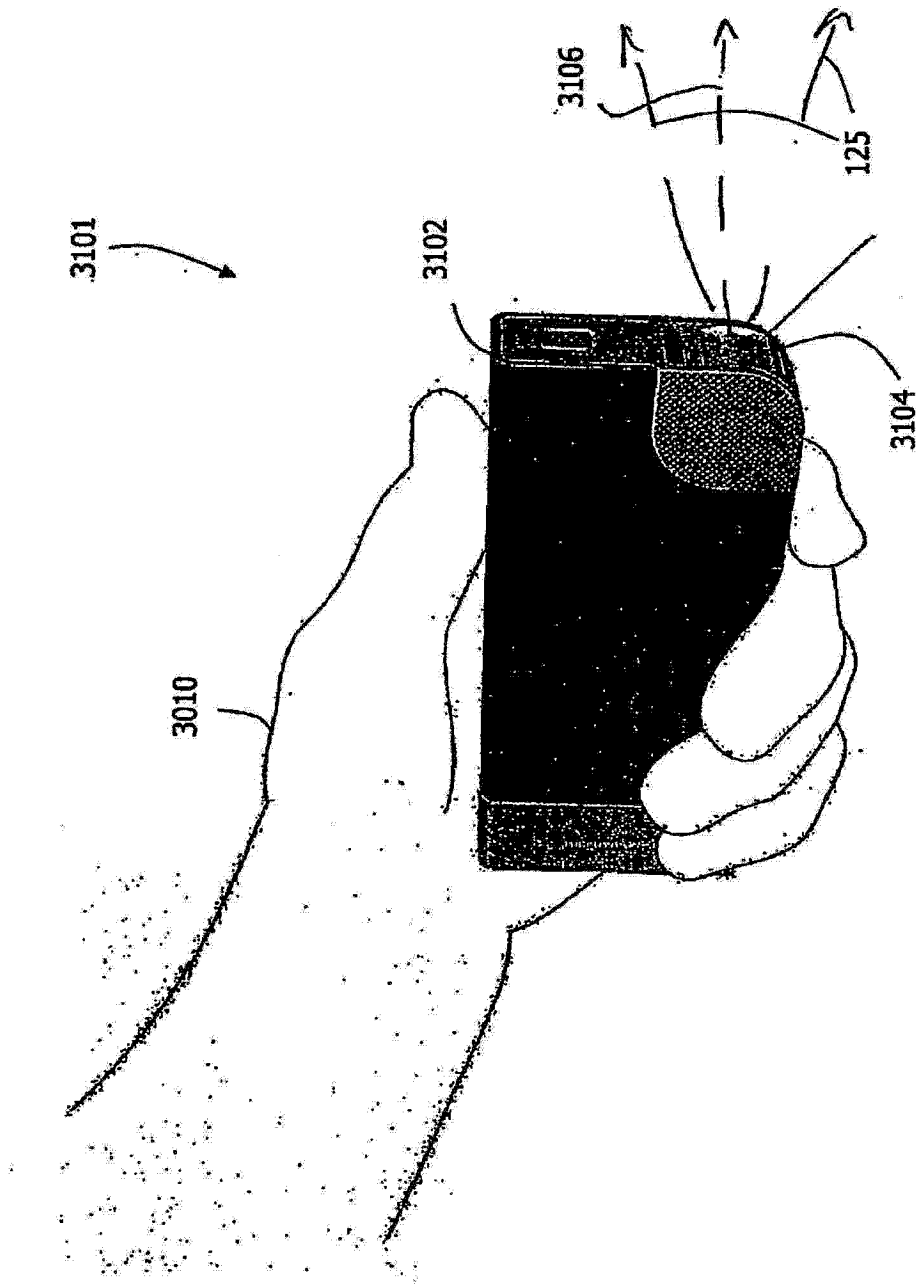


图 31