



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1591468 B

(45) 授权公告日 2010.05.26

(21) 申请号 200410070345.0

CN 1360275 A, 2002.07.24, 说明书第3页

(22) 申请日 2004.07.29

9-12行, 第4页25-27行、图6-8.

(30) 优先权数据

审查员 高可

10/630,169 2003.07.30 US

10/680,525 2003.10.06 US

(73) 专利权人 安华高科技 ECU IP (新加坡) 私人有限公司

地址 新加坡新加坡市

(72) 发明人 谢彤 马歇尔·T·德皮尤
道格拉斯·M·巴内

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司 11258

代理人 柳春雷

(51) Int. Cl.

G06K 11/06 (2006.01)

(56) 对比文件

US 4794384 A, 1998.12.27, 说明书第3栏62行.

CN 2560031 Y, 2003.07.09, 说明书第3页18行.

全文.

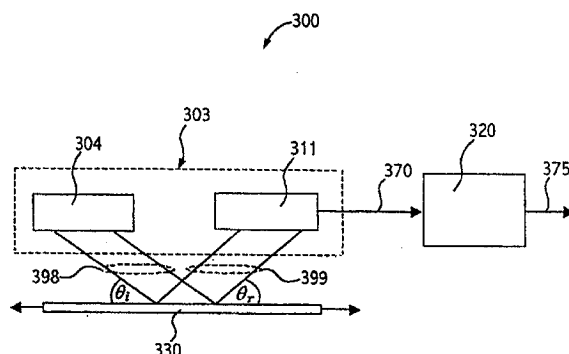
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 10 页

(54) 发明名称

用于光学导引的方法和设备

(57) 摘要

本发明提出了适于在多种表面上进行导引的用于光学导引的方法和设备。使用镜面反射来确定在一般表面上的相对运动。一种特定的应用是计算机鼠标。



1. 一种光学导引设备 (303), 包括:
用于以相对于表面 (330) 的照射角用光束照射所述表面的相干光源 (305);
以相对于所述表面 (330) 的反射角被定位的探测器 (310), 所述探测器可操作以接收来自所述表面 (330) 的所述光束的反射部分, 其中, 所述反射角等于所述照射角; 以及
透镜 (525), 所述透镜被定位以可操作地将所述表面 (330) 的衍射图像成像在所述探测器 (310) 上。
2. 如权利要求 1 所述的设备, 其中, 所述相干光源 (305) 是激光器。
3. 如权利要求 2 所述的设备, 其中, 所述激光器是垂直腔表面发射激光器。
4. 如权利要求 1 所述的设备, 其中, 所述探测器 (310) 是互补金属氧化物半导体成像器。
5. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括准直透镜 (520), 以改善光采集效率。
6. 如权利要求 1 所述的设备, 其中, 所述表面 (330) 不在所述探测器 (310) 的标称图像平面中。
7. 一种用于确定光学导引设备与表面之间的相对运动的方法, 所述方法包括:
以相对于所述表面的照射角提供相干光束用于照射所述表面; 以及
以相对于所述表面的反射角由透镜接收所述相干光束被镜面反射的部分并对该部分的衍射图案进行成像, 使得所述反射角等于所述照射角。
8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述相干光束由激光器提供。
9. 如权利要求 7 所述的方法, 其中, 所述相干光束的所述被镜面反射并被成像的部分由探测器阵列接收。
10. 如权利要求 7 所述的方法, 还包括响应于所述相干光束的所述被镜面反射并被成像的部分的衍射图案产生信号。
11. 如权利要求 10 所述的方法, 还包括使用处理器以接收所述信号并产生用于控制位置指针的输出信号。
12. 如权利要求 9 所述的方法, 其中, 所述表面不在所述探测器阵列的标称图像平面中。

用于光学导引的方法和设备

技术领域

[0001] 本申请涉及运动传感设备,更具体地说,涉及用于使用镜面反射图像来确定相对运动的设备、系统和方法。

背景技术

[0002] 光学相对运动检测设备一般使用图像相关技术,通过当导引设备经过表面时或者当表面移动经过导引设备时捕获表面的图像,来确定导引设备与表面之间的相对运动。通过将—个图像与接下来的图像相比,来确定导引设备相对于表面的相对运动的位移和方向。一般地,检测由投射到表面上的阴影引起的强度变化,并且—技术的灵敏度和适用性取决于所捕获图像中的强度对比。相对运动导引设备被用于例如计算机屏幕指示器(例如鼠标)的控制。

[0003] 美国专利 No. 5,786,804、5,578,813、5,644,139、6,442,725、6,281,882 以及 6,433,780 公开了光学鼠标、其他手持导引设备以及手持扫描仪的例子。在这里引用了这些专利。

[0004] 现有的一般光学导引设备使用发光二极管(LED)来倾斜地照射将被导引的表面。表面上大约 5 到 500 μm 的高度变化投射出由几何光学描述的阴影。阴影图案图像的大小和对比度部分地取决于在高度变化大小范围内的表面的类型。通常,探测器被定位以接收在表面法线方向上的反射,表面和入射光之间的角度一般被选择为使得阴影图案图像的对比度最佳化,这与暗场成像是类似的。入射角的一般的值在约 5 度到约 20 度的范围内。

[0005] 例如白板、高光纸、塑料或着色金属的光滑表面对当前—般的光学导引设备提出了功能上的挑战。一般而言,光滑表面是那些包含较少中间空间频率结构和较多高空间频率结构的表面。为了增加信号电平,LED 照射需要用高的光功率,使得—般的最大电流(current draw)超过 30mA。

发明内容

[0006] 根据本发明,由光学导引设备的探测器捕获按预选角度分布的反射光。一般地,光学导引设备的探测器被定位,以捕获来自表面的镜面反射。镜面反射产生图像,所述图像与阴影图案图像和斑点图像都不相同。与阴影图案图像方法相比,镜面反射—般提供更好的信号。这允许即使在极度光滑的表面上也能获得高对比度的图像。此外,相对于朗伯(Lambertian)表面来说,因为光仍旧被散射到镜面方向上,所以保持了图像质量。镜面反射图像取决于照射源的波长;一般地,镜面反射图像的对比度随着照射源带宽的降低而升高,因此基于激光器的照射提供了最高的对比度。

[0007] 根据本发明,公开了散焦光学结构的使用,其中,探测器将平面成像在可能位于在其上进行导引的平面之上或之下的位置的平面上。例如从垂直腔表面发射激光器(VCSEL)获得的相干照射被用于产生高对比度的镜面反射图像,用于表面导引。

附图说明

- [0008] 图 1A 到图 1C 图示了从不同类型表面的光的反射。
- [0009] 图 1D 图示了根据本发明的从表面进行散射的概念。
- [0010] 图 2 图示了根据本发明的镜面反射。
- [0011] 图 3A 示出了根据本发明的高级框图。
- [0012] 图 3B 示出了根据本发明实施例的光学部件的简化图示。
- [0013] 图 3C 示出了根据本发明的实施例的简化视图,其中标称图像平面与将被导引的表面不相符。
- [0014] 图 3D 图示了标量衍射 (scalar diffraction) 理论的概念。
- [0015] 图 4A 示出了在聚焦和散焦状态下的各种导引表面的图像。
- [0016] 图 4B 示出了根据本发明的系统。
- [0017] 图 5 示出了根据本发明的实施例。
- [0018] 图 6 示出了根据本发明的实施例。
- [0019] 图 7 示出了描绘根据本发明的方法中所包含的步骤的流程图。
- [0020] 图 8 示出了描绘根据本发明的方法中所包含的步骤的流程图。

具体实施方式

[0021] 如果光束入射到光滑表面上,入射束的光线会反射,并且在离开光滑表面时仍旧集中为一束。但是,如果表面有细微粗糙,那么光线反射,并且在许多不同的方向上散射。与表面粗糙度相对应的空间频率与照射波长成比例。每条单独的光线都遵守反射定律。但是,在粗糙表面的情况下,各条单独的光线遇到具有不同取向的表面的一部分。因此,表面法线对于不同入射光线是不同的。这样,当各条单独的光线根据反射定律反射时,各条单独的光线在不同方向上散射。此外,当应用相干或准相干照射时,在镜面反射图像中可以观察到由反射光和散射光之间的干涉所产生的高对比度的强度图案。干涉效应增强了用于导引的图像的对比度。

[0022] 图 1A 到图 1C 图示了不同类型表面的光反射。图 1A 示出了光束 135 从朗伯表面 140 上反射为光束图案 136。朗伯表面是完全漫反射表面,并且在给定方向上从任何小的表面部分发出的光强同法线 199 与表面 140 之间的角度的余弦成比例。图 1B 示出了光束 145 在镜面反射器表面 150 上以角度 $\theta_r = \theta_i$ 反射为束 146,其中的角度是相对于表面法线 199 定义的。图 1C 示出了光束 155 在表面 160 上反射为束 156。表面 160 的表面特性介于表面 140 和表面 150 中间,并且对于光束图案 156 来说,同时存在镜面成分和朗伯成分。

[0023] 注意到镜面反射不涉及光学斑点是很重要的。从将在其上进行导引的表面发生的镜面反射所产生的强度图案是由相干或准相干光引起的。根据本发明所获得的富有特征的强度图案在不同类型的表面上变化显著,并且一般与在下面的表面具有一一对应的关系。相比较而言,斑点图像实际上是高度统计性的,并且对于第一近似,斑点图像在不同类型的表面上是不改变的。斑点图像所展现的图像图案中,与在下面的可见的表面特征的一一对应关系是受限制的。虽然任何时候用相干光照射物体都会出现斑点,但是光学斑点的平均大小一般小于用于一般光学导引应用的成像阵列的像素大小。因为入射到探测器阵列的一个像素上的多个亮斑和暗斑在该像素区域上被平均了,所以当像素的大小比起平均斑点大

小相当大时,斑点就不再是用于光学导引的可靠的图案了。例如,采用光圈数(f number)为 10 的成像系统和运行在 850nm 的激光源,使用公式:平均斑点大小 = $f \times \lambda$, 得到平均斑点大小 = $8.5 \mu\text{m}$, 其中, f 是光圈数, λ 是波长。这里,采用具有 $60 \mu\text{m}$ 像素大小的一般的探测器阵列,导致探测器阵列中的每一个像素成像了超过四十九个斑点。最后得到的平均从斑点分布中消除掉了潜在可导引的特征。

[0024] 图 1D 是根据本发明的在粗糙表面 105 上进行散射的简化图示。入射光线束中的入射光线 110、115、120、125、130, 每个都遵守反射定律, 从粗糙表面 105 上产生反射光线 110'、115'、120'、125'、130', 并且在反射的同时被散射。这里所说的光意思是包括从约 1 纳米 (nm) 到延伸约 1 毫米 (mm) 的波长范围上的电磁辐射。

[0025] 图 2 示出了根据本发明的从表面上镜面反射的更详细的视图。入射光线 205 在被表面 220 反射之前具有角坐标 Φ_i 、 θ_i 。一般地, 表面 220 将具有细微的粗糙度或者光学不规则性, 其影响反射光的反射角。如果反射光线 210 位于由 $\Phi_{r0} \pm \delta \Phi_r$ 和 $\theta_{r0} \pm \delta \theta_r$ 所限定的角锥中, 则对应于光线 205 的表面元素将被探测器捕获。

[0026] 图 3A 是根据本发明的对于基于使用镜面反射来进行导引的光学导引系统 300 的高级框图。表面 330 被来自光源单元 304 的光束 398 照射。镜面反射光束 399 在表面 330 上被反射, 以由探测器阵列单元 311 检测, 该探测器阵列单元 311 产生传到处理器 320 的信号 370。处理器 320 响应于信号 370 而提供输出信号 375。输出信号 375 可以例如被用于在计算机屏幕上控制指针的位置。处理器 320 可以是光学导引设备 303 的一部分, 或者可以位于光学导引系统 300 外的其他地方。根据本发明, 光学导引设备 303 的一些实施例可以是可手动移动的计算机系统的光学鼠标。

[0027] 图 3B 示出了用于根据本发明实施例的光学导引设备 303 的部件的简化图示。光源 305, 作为光源单元 304 (参见图 3A) 的一部分, 以相对于表面法线 350 的入射角 θ_i 被定位, 并提供入射到透镜 301 上的光束 315, 以产生光束 315'。透镜 301 主要起到改善对于束 315 的采集效率的作用, 并且透镜 301 是可选的。透镜 301 例如可以是准直透镜。然而, 举例来说, 如果光源 305 是诸如 VCSEL 或边缘发射激光器之类的相干源, 则束 315 不需要被准直。由于反射光线 365 之间的相干干涉, 相干源的使用使得图像对比度被增强。

[0028] 如果光源 305 是准相干源, 例如窄带 LED (发光二极管) 或具有窄带宽滤波器的 LED, 则为了在光滑表面上的导引, 可能需要透镜 301 或者限制孔。限制孔的使用减少了入射到表面 330 上的功率, 但改善了空间相干性。如果使用透镜 301, 则透镜 301 可以是衍射或折射透镜, 或者其他合适的光学元件, 并且可以进行光学涂覆以改善性能。可以使用窄带边缘发射 LED 作为光源, 来取代对连同传统窄带 LED 一起的收缩孔的使用。

[0029] 在本专利的上下文中, 探测器被定义为将光子转变为电信号的设备。探测器阵列 310, 作为探测器阵列单元 311 (参见图 3A) 的一部分, 以反射角 θ_r 被定位, 该角度被选择使得 $\theta_r \approx \theta_i$ 。只来自表面 330 的具有 $\theta_r \approx \theta_i$ 的反射线 365 形成了束 317, 并将被探测器阵列 310 接收。根据本发明的实施例, 表面 330 的被照射部分被透镜 307 成像。表面 330 上的点 316 被透镜 307 在探测器阵列 310 上成像为点 316'。因此, 成像光学系统使得能够通过探测器阵列 310 捕获图像。由相干光源产生的图像一般包括表面特征和干涉特征。根据本发明, 图像中斑点的出现不被用于进行导引。干涉特征由镜面反射场中各条光线的相干叠加产生。成像透镜 307 可以是衍射或折射透镜, 或者其他适合的光学元件, 用于成像表

面 330 的各部分,并且可以用电介质薄膜进行光学涂覆以改善性能。光源 305 一般是例如 VCSEL(垂直腔表面发射激光器)或边缘发射激光器的窄带激光器源,但也可以是窄带 LED,而探测器阵列 310 一般是 CCD(电荷耦合器件)、CMOS(互补金属氧化物半导体)、GaAs、非晶硅或其他适合的探测器阵列。可以通过对探测器阵列 310 应用防反射电介质涂层来改进探测器阵列 310 的性能。

[0030] 具有更高的表面对比度和分辨率允许光学导引设备 303 在更光滑的表面上进行导引。有效分辨率被定义为在例如表面 330 的导引表面上的最小可分辨的特征。有效分辨率取决于光学传递函数、光学系统放大倍数以及例如探测器阵列 310 的探测器阵列的有效像素大小。如果放大倍数是固定的,则更高的表面分辨率要求例如探测器阵列 310 具有更小的像素。光学导引设备 303 在表面 330 上的最大导引速度受限于探测器阵列 310 的最大帧率以及交叉相关计算的处理时间。光学导引设备 303 相对于表面 330 的物理位移以有效像素大小为单位被测量。这意味着如果光学导引设备 303 的探测器阵列 310 的像素大小被减小,则光学导引设备 303 的响应率或最大导引速度将被降低。通常,考虑并平衡探测器阵列 310 的成本、处理器 320、总功耗和期望的响应率之间的权衡,以达到用于根据本发明的实施例的表面分辨率和光学放大倍数。

[0031] 根据本发明的实施例,当光学导引设备 303 相对于表面 330 运动时,在光学导引设备 303 与表面 330 之间的不同的相对位置上生成散射图案。每一个散射图案由来自表面 330 的处于探测器阵列 310 视场中的镜面反射生成。散射图案图像尤其取决于光源 305 的波长。一般地,光源 305 的波长被选择为处于探测器阵列 310 的峰值处。因为图像对比度和信号一般地相对于在现有技术的阴影图案光学导引系统被改善了,所以需要更少的图像积分次数,这允许更高帧率的捕获,从而允许在更高速度的导引。

[0032] 通过比较处理器 320 中连续存储的镜面反射图像,可以确定光学导引设备 300 相对于表面 330 的相对运动。一般使用连续的散射图案图像的相互关系来确定相对运动的位移。连续捕获的散射图案图像部分地彼此重叠。因此,处理器 320 识别每个散射图案图像中的特征,并计算相对运动的位移和方向。存储了连续的散射图案图像,就可以使用标准图像相关算法,由处理器 320 来识别重叠特征,以提供方向和位移。在例如通过引用结合在这里的美国专利号 5,786,804 中可以找到进一步的细节。根据本发明,即使在例如玻璃的非常光滑但未被光学抛光的表面上,也可以确定相对运动。

[0033] 在使用相干源时,镜面反射图像的相干干涉特性为导引提供了高对比强度的图案,使得不需要表面对探测器的成像。图 3C 示出了根据本发明的实施例的简化视图,其中标称图像平面 335 与表面 330 不相符。除了标称图像平面 335 在表面 330 上方之外,还可以选择透镜 306 使得标称图像平面 335 位于表面 330 下方。表面 330 上的表面强度和高度变化导致束 317 的幅度和相位调制。反射光线 366 之间的相干干涉导致可以由标量衍射理论描述的强度图案。在标称图像平面 335 与表面 330 不相符的图 3C 中示出的散焦情况下,由成像器 310 检测到的强度图案是镜面反射相干光场的衍射图案,并参照图 3D 由等式 (1) 中的公知的菲涅耳-基尔霍夫积分给出:

$$[0034] \quad U(x', y', z_1) \approx \frac{-iU_0 k}{4\pi} \iint_{\Omega} \frac{e^{ik(r+R)} \left(\hat{r} - \hat{R} \right)}{rR} dx dy \quad (1)$$

[0035] $U(x', y', z_1)$ 是观察平面 392 的标量场, U_0 是源平面 390 中的场幅度, Ω 表示积分面积, 即光圈 391。强度 I 由 $I = |U|^2$ 给出, 并由通过光圈 391 的所有光线 396 的相干叠加确定。例如参照图 3C, 光圈 391 对应于表面 330 的被照射部分。在根据本发明的实施例中, 表面 330 的被照射部分的衍射图像由等式 (1) 描述, 并用于在表面 330 上的导引。

[0036] 通常, 使用衍射图像用于在表面 330 上的导引消除了可能由准周期性表面特征引起的问题。图 4A 示出了示例性的包含木纹的表面 440a 和 440b、包含文本的表面 445a 和 445b 以及包含全息图案的表面 450a 和 450b 的图像。图 4A 中的表面 440a、445a 和 450a 的图像是聚焦的, 而表面 440b、445b 和 450b 的图像是散焦的。导引设备 303 与表面 330 之间的相对运动从连续捕获的图像之间的交叉相关性被确定。周期性或单向图案, 例如图 4A 中示出的那些图案, 由于在交叉相关性计算中存在多个峰值, 所以对于运动检测算法, 一般会产生问题。简化这种问题一般需要在应用交叉相关性之前, 对所捕获的图像应用专门的图像处理算法和滤波器。通过使光学导引系统 300 散焦, 强度图案被弄得模糊或被低通滤波, 如图 4A 中的表面 440b、445b 和 450b 的图片中所看到的。但是, 由于衍射图像的相关干涉特性, 图像的对比度仍旧很高。因此, 使光学导引系统 300 散焦允许导引设备 303 在很多种表面上很好地起作用, 而无需引入大量的图像处理。

[0037] 图 4B 是根据本发明的系统 400 的示图, 其中, 光学鼠标 425 在固定表面 430 上运动。光学鼠标一般包括探测器阵列单元, 例如图 3A 的探测器阵列单元 311。在光学鼠标 425 中, 一系列的镜面反射图像一般被处理器 320 (见图 3A) 转变为位置信息, 并被通过线路被发送或无线地被发送到中央处理单元 475, 以在显示屏 470 上显示为例如箭头的位置指针。或者, 原始数据或中间数据可以从探测器阵列单元 311 (见图 3A) 被发送到中央处理单元 475 以进行处理。无线连接可以是射频或红外线, 根据本发明的光学鼠标 425 的无线实施例可以由例如可充电电池、燃料电池或太阳能电池供电。

[0038] 图 5 示出了根据本发明的光学导引设备 500 的实施例。被封装的 VCSEL 及传感器芯片 510 是分立的, 并连同集成并形成在模制塑料结构 515 中的准直透镜 520 和成像透镜 525 起到光源的作用。传感器芯片 535 结合有探测器阵列, 例如上面所述的探测器阵列 310。准直透镜 520 和透镜 525 集成到模制塑料结构中简化了制造过程, 并降低了成本。传感器芯片 535 中的探测器阵列被定位, 以与束 595 的入射角 θ_i 相等的反射角 θ_r 接收光, 从而保证从探测器阵列得到的信号代表镜面反射。传感器芯片 535 可以被定向, 使得束 595 垂直于探测器阵列的平面入射。

[0039] 图 6 示出了根据本发明的光学导引设备 600 的实施例。集成的 VCSEL 610 芯片连同被集成并形成在模制塑料结构 615 中的准直透镜 620 和透镜 625 起到光源的作用。传感器芯片 635 结合有探测器阵列, 例如上面所述的探测器阵列 310。准直透镜 620 和成像透镜 625 集成到模制塑料结构中简化了制造过程, 并降低了成本。束 695 垂直经过准直透镜 620, 并被整个内部反射面 675 反射, 使其以入射角 θ_i 入射到表面 650 上。传感器芯片 635 中的探测器阵列被定位, 以与束 695 的入射角 θ_i 相等的反射角 θ_r 接收光, 从而保证从探测器阵列得到的信号代表镜面反射。传感器芯片 635 可以被定向, 使得束 695 垂直于探测器阵列的平面入射。

[0040] 图 7 是示出了根据本发明的使用光学导引系统 303 的方法中所包含步骤的流程图。在步骤 701 中, 表面 303 被窄带宽光束 398 以入射角 θ_i 照射。在步骤 702 中, 探测器

阵列 311 以接近或等于入射角 θ_i 的反射角 θ_r 检测被反射的窄带宽光束 399。在步骤 703 中,探测器阵列 311 响应于窄带宽光束 399 产生图像信号。在步骤 704 中,由处理器 320 处理图像信号。在步骤 705 中,响应于图像信号 370 提供输出信号 375,并且输出信号 375 可以被用于例如控制显示屏 470 上的位置指针。

[0041] 图 8 是示出了根据本发明的使用光学导引系统 303 的方法中所包含的步骤的流程图。在步骤 801 中,表面 303 被相干光束 398 以入射角 θ_i 照射。在步骤 802 中,探测器阵列 311 以接近或等于入射角 θ_i 的反射角 θ_r 检测被反射的光束 399。在步骤 803 中,探测器阵列 311 响应于光束 399 产生图像信号。在步骤 804 中,由处理器 320 处理图像信号。在步骤 805 中,响应于图像信号 370 提供输出信号 375,并且输出信号 375 可以被用于例如控制显示屏 470 上的位置指针。

[0042] 本申请是 2003 年 7 月 30 提交的序列号为 10/630,169 的美国专利申请的部分继续申请。

[0043] 虽然已经结合特定的实施例描述了本发明,但是对于本领域的技术人员来说将很清楚,在前述说明的启发下,许多替换和修改将是明显的。因此,本发明意于包含所有其他这样的落入所附权利要求的精神和范围内的替换、修改和改变。

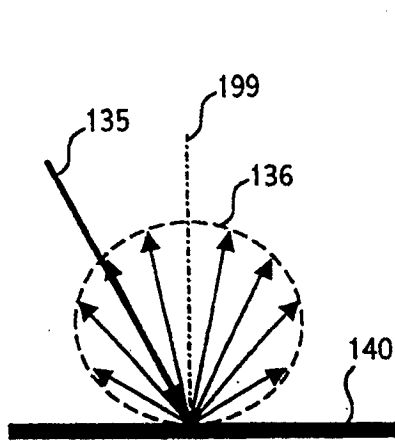


图 1A

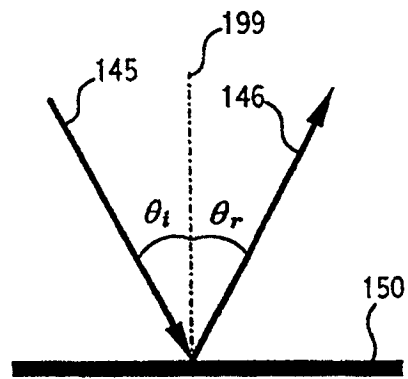


图 1B

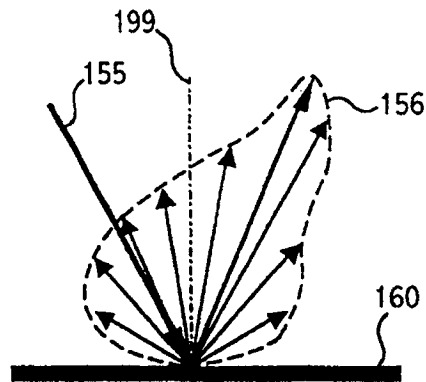


图 1C

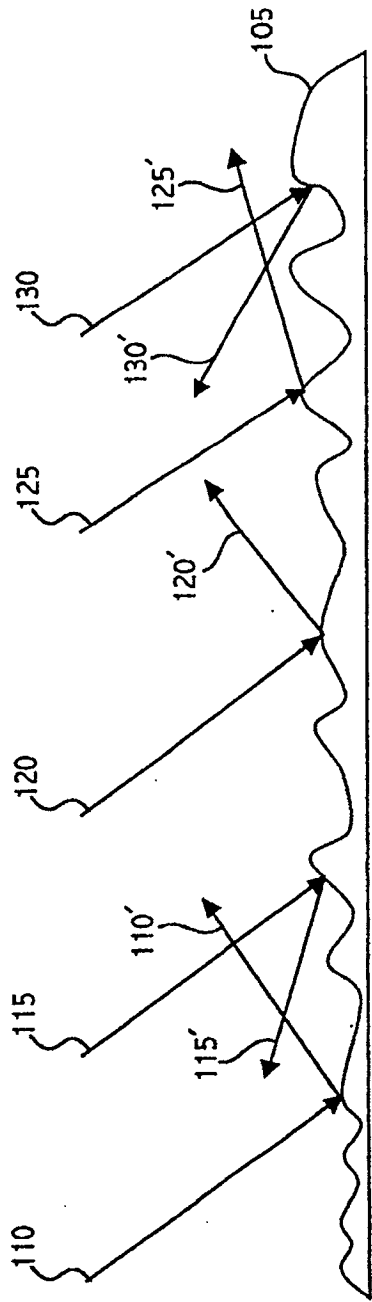


图 1D

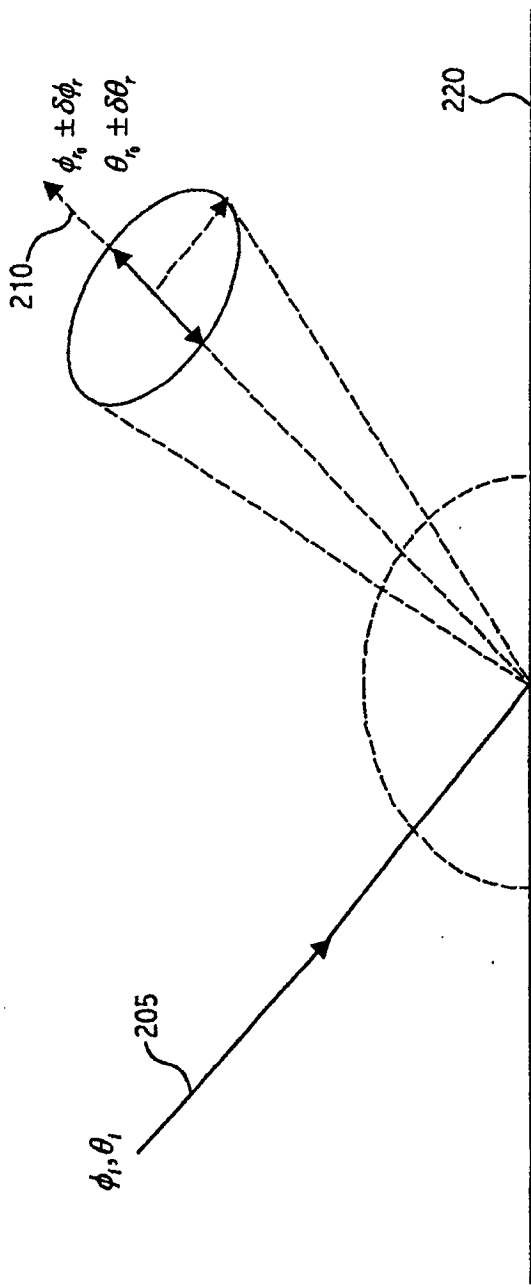


图 2

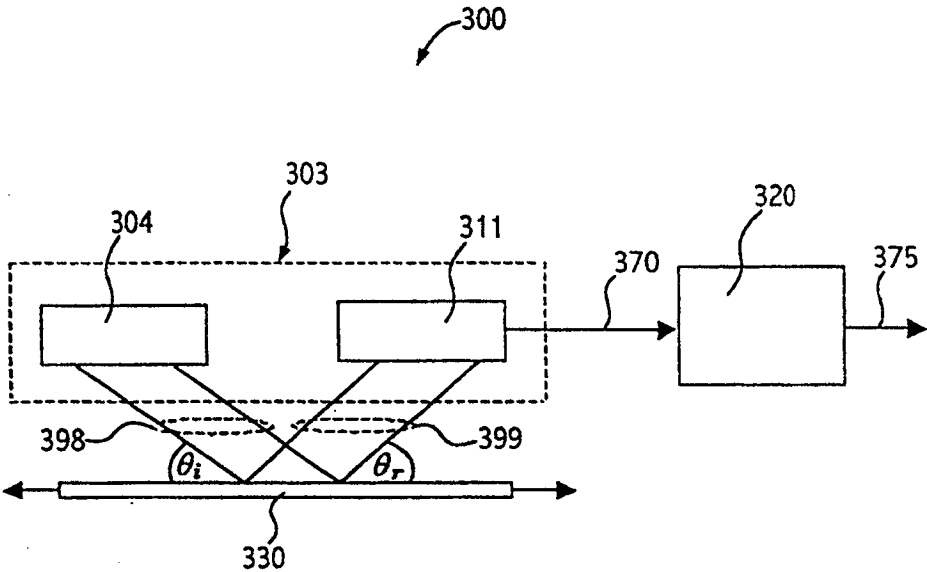


图 3A

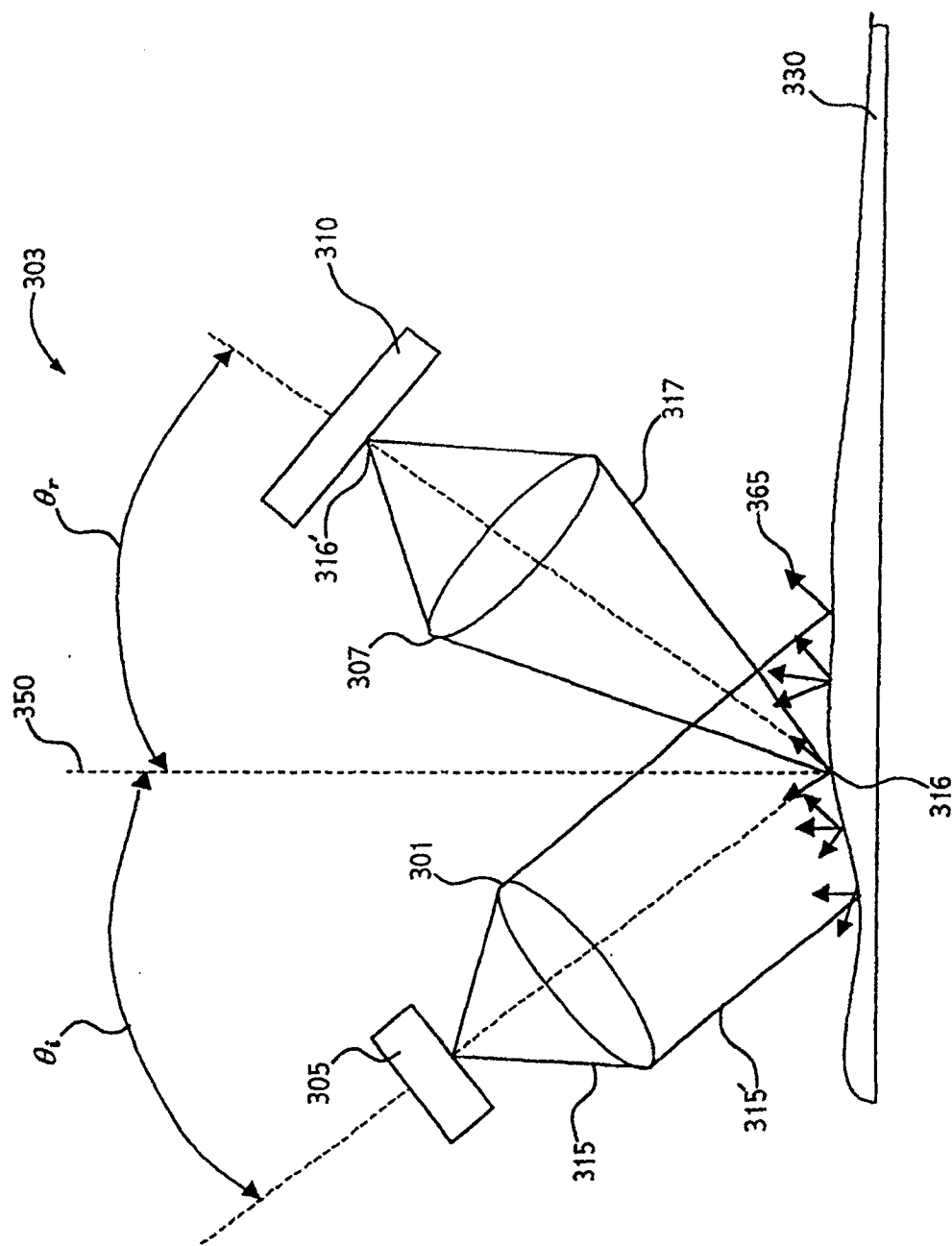


图 3B

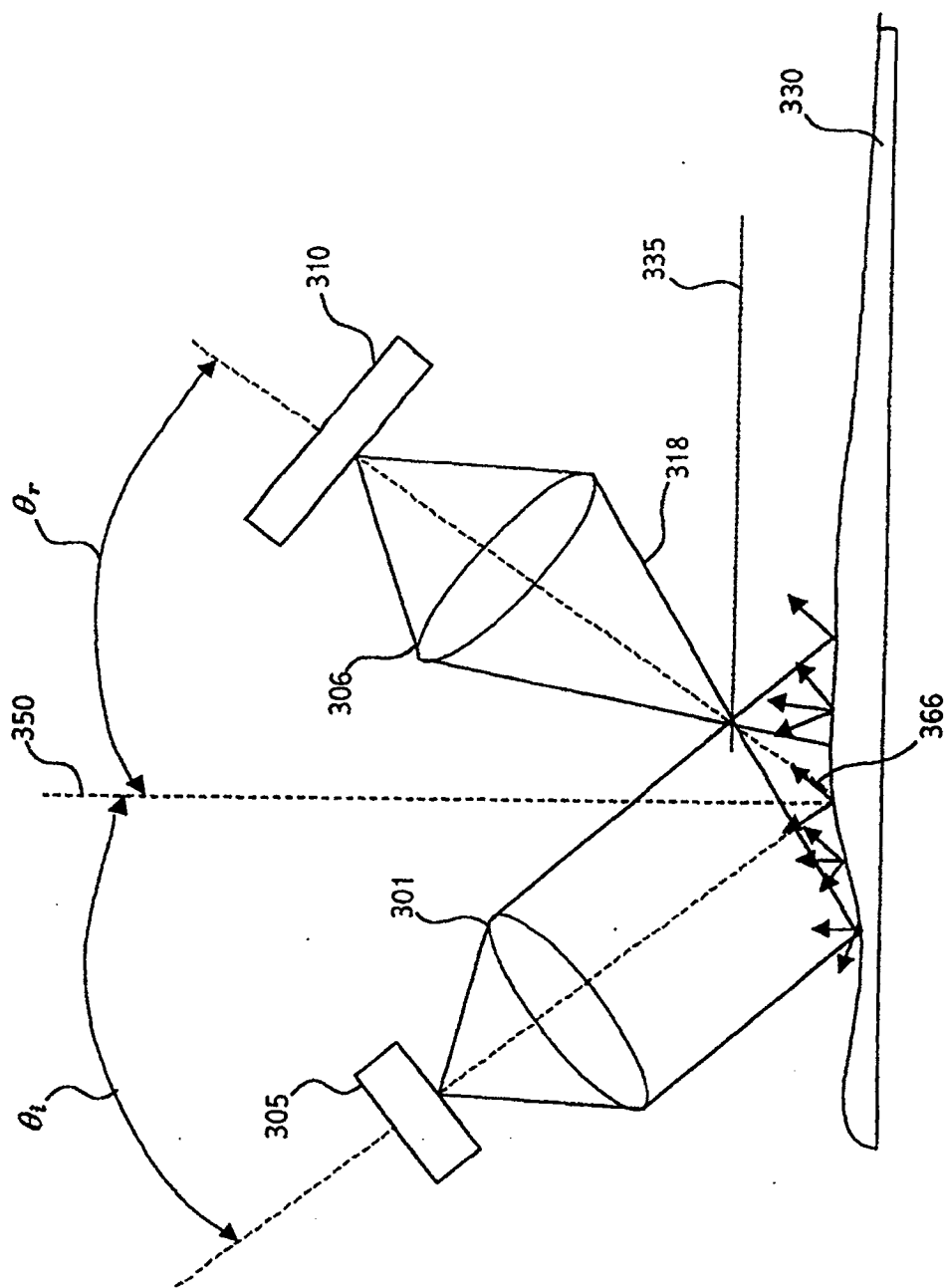


图 3C

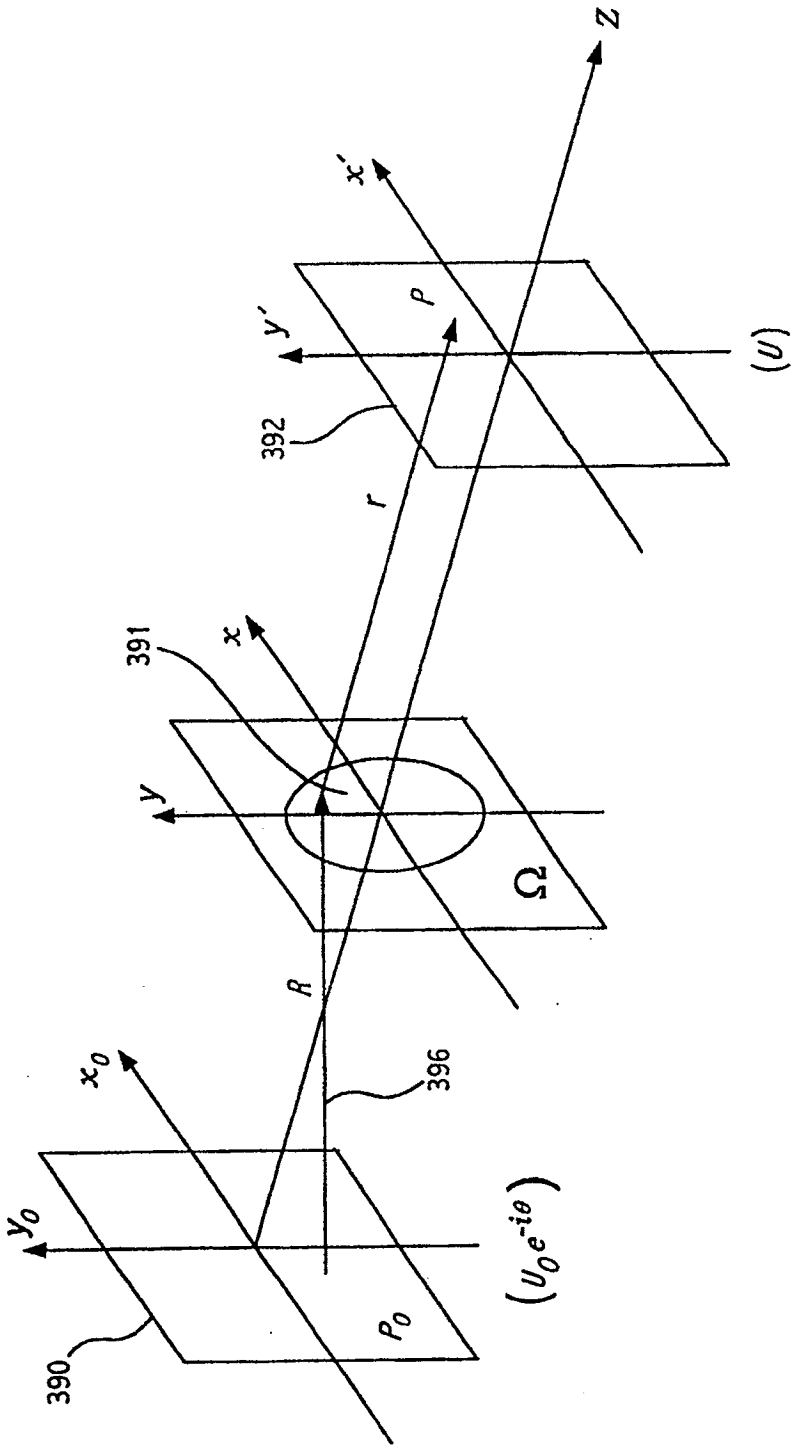


图 3D

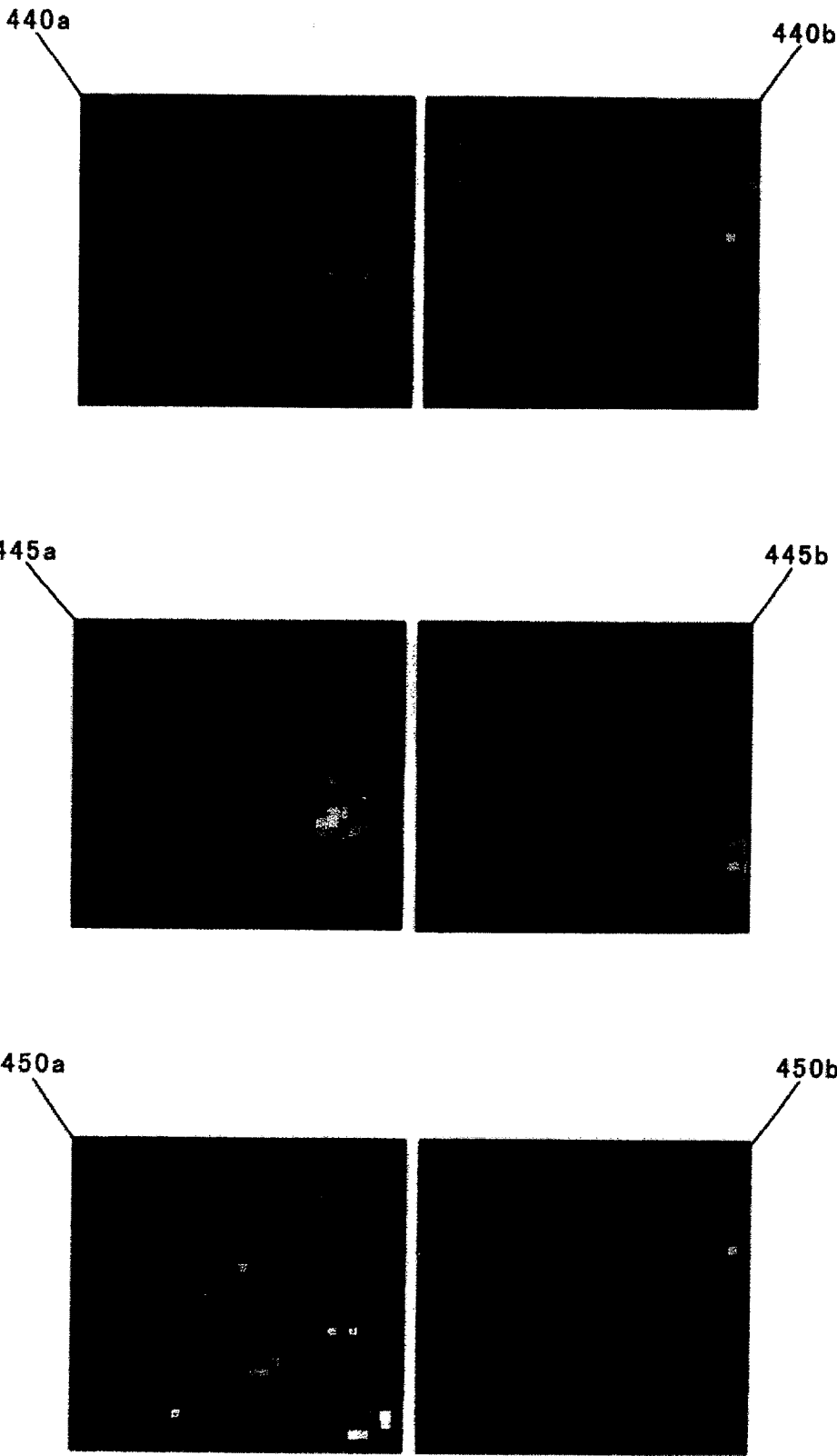


图 4A

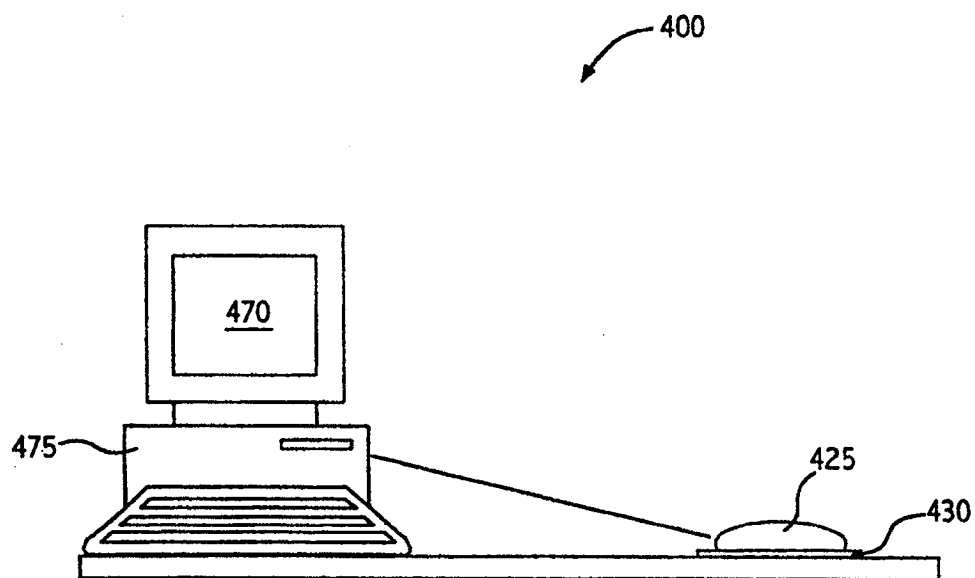


图 4B

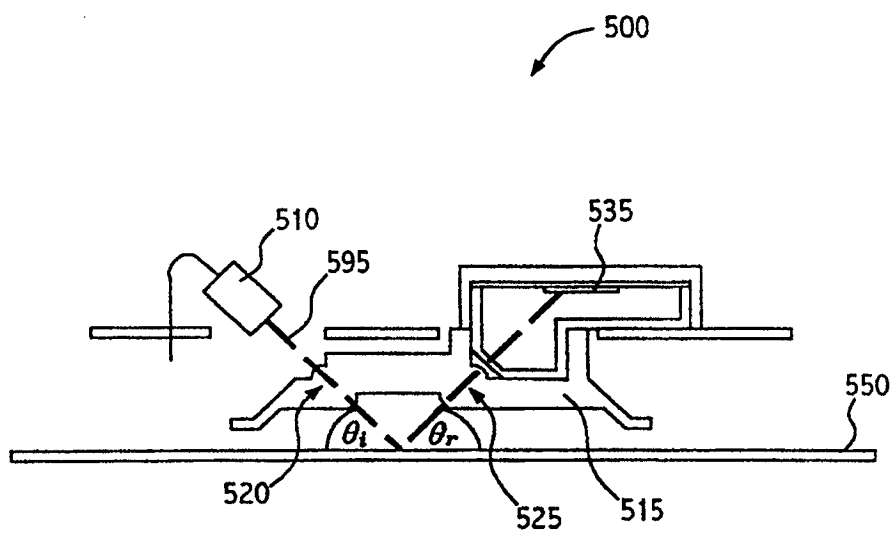


图 5

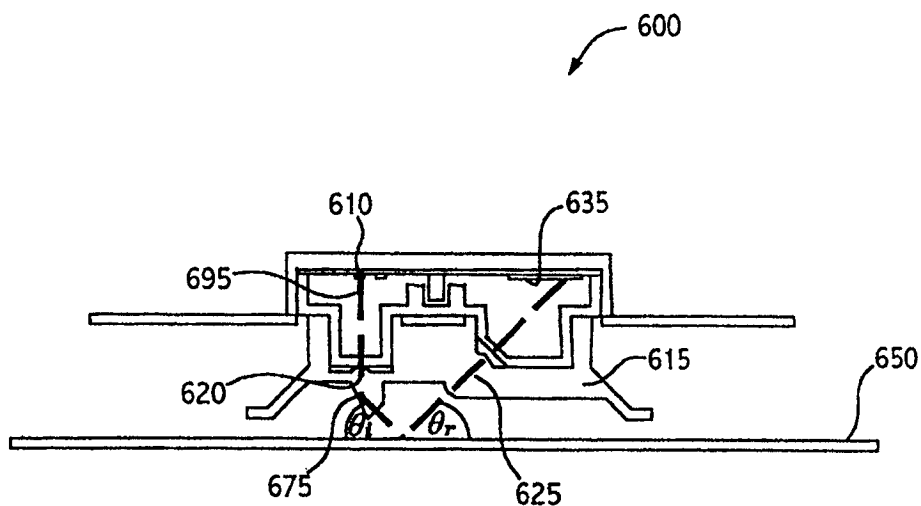


图 6

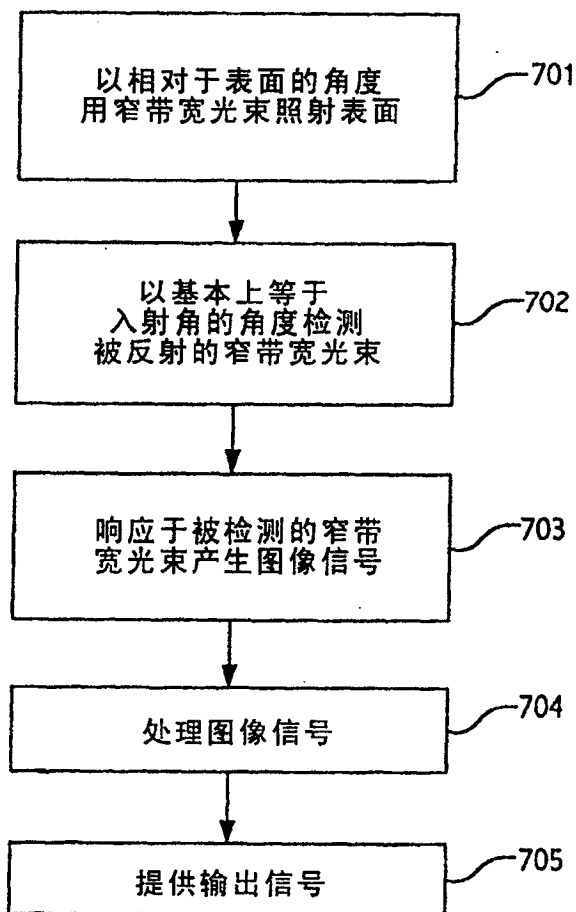


图 7

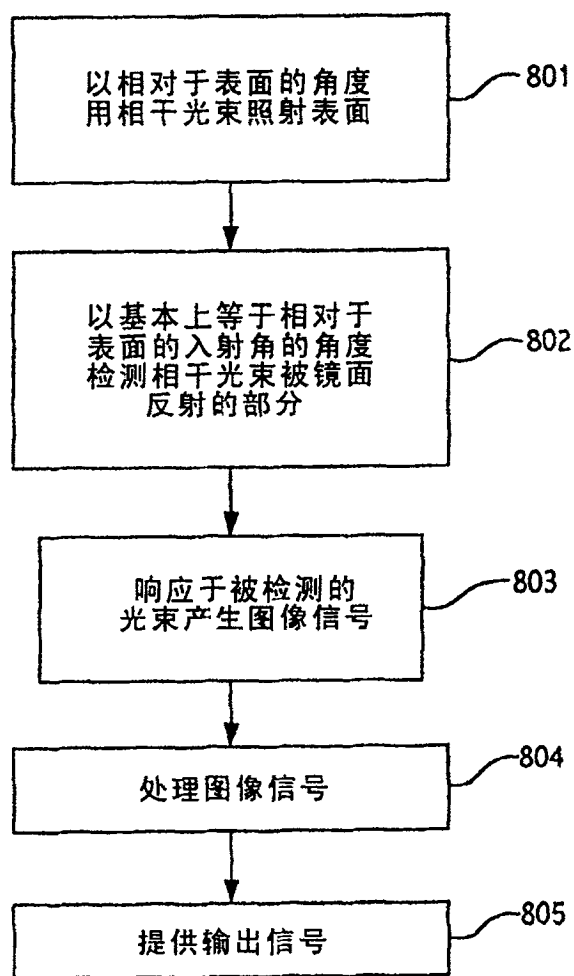


图 8