

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01B 9/02 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480038112.0

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100424463C

[22] 申请日 2004. 12. 14

[21] 申请号 200480038112.0

[30] 优先权

[32] 2003. 12. 19 [33] US [31] 10/742,384

[86] 国际申请 PCT/US2004/042011 2004. 12. 14

[87] 国际公布 WO2005/065178 英 2005. 7. 21

[85] 进入国家阶段日期 2006. 6. 19

[73] 专利权人 阿瓦戈科技 ECBU IP (新加坡) 股份有限公司

地址 新加坡新加坡市

[72] 发明人 M·T·德皮 D·W·施勒德尔  
T·谢

[56] 参考文献

US4794384A 1988. 12. 27

US6424407A 2002. 7. 23

CN1411587A 2003. 4. 16

审查员 金 波

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有  
限责任公司

代理人 王 怡

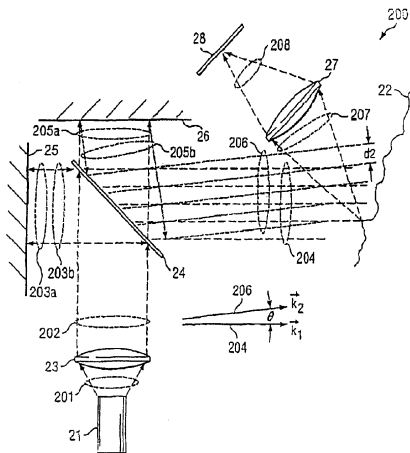
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 发明名称

采用投影条纹技术的光学导航系统和方法

[57] 摘要

一种用于确定光学导航装置与导航地带之间的相对运动的方法(300)包括产生(303)两条交叠的相干光束和产生所述两条交叠的光束之间的干涉条纹图(304)。所述方法还包括:利用所述干涉条纹图照射(305)所述导航地带的表面部分;将所述条纹照射表面的一部分成像(306);以及响应所述成像的条纹照射表面部分而产生(306)-(307)信号模式。



1. 一种用于确定相对于导航地带(102)的运动(107、108)的光学导航系统(10), 所述系统包括:

光学导航装置(101), 可以用来产生相干光辐射的两条交叠光束(204、206), 所述两条交叠光束可以用来产生干涉条纹图(237), 使得具有所述条纹图的两条交叠光束可以用来照射所述导航地带(102)的表面部分(22、212);

检测器阵列(215), 可以用来响应输入光学像图(207、208)而产生输出信号模式(114);

成像元件(27、214), 设置成将用所述两条交叠光束照射的所述导航地带表面的一部分成像在所述检测器阵列上; 以及

处理器(105), 可以用来处理来自所述检测器阵列(215)的信号模式(114)以产生表示相对于导航地带(102)的运动(107、108)的输出。

2. 如权利要求1所述的系统, 其中还包括:

原光源(21、103), 可以用来产生相干光辐射的原光束(201、221); 以及

分束器元件(24、213), 可以用来将所述相干光辐射的原光束分成所述两条相干光辐射的交叠光束, 每条所述交叠光束基本上具有与所述原光束相同的相干度。

3. 如权利要求2所述的系统, 其中基本上象迈克耳孙干涉计(24-26)那样配置所述分束器元件, 以及其中所述各交叠光束以彼此相对的 $\theta$ 角传播。

4. 如权利要求1所述的系统, 其中所述处理器(105)可以用来产生表示所述导航地带部分(22、102、212)相对于所述干涉条纹图的两维运动(107、108)的输出。

5. 如权利要求1所述的系统(230), 其中还包括相干光辐射的两个分离的光源(233a、233b), 每个所述分离的光源可以用来产生

所述两条相干光辐射的交叠光束(236a、236b)中的一条。

6. 如权利要求 5 所述的系统, 其中所述两个分离的光源可以是彼此相关地相位锁定(237)的。

7. 一种用于确定光学导航装置与导航地带之间的相对运动的方法(300), 所述方法包括:

产生(303)两条交叠的相干光束:

产生所述两条交叠的光束之间的干涉条纹图(304);

利用所述干涉条纹图照射(305)所述导航地带的表面部分;

将所述条纹照射表面的一部分成像(306),

响应所述成像的条纹照射表面部分而产生(306-307)信号模式; 以及

处理(307-308)所述信号模式以产生表示所述光学导航装置与所述导航地带之间的相对运动的输出。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中所述产生两条交叠的相干光束的步骤包括:

从单一的光源产生相干光辐射的原光束(302), 以及

将所述原光束分成(303)两条交叠的相干光束, 每条所述交叠的光束基本上具有与所述原光束相同的相干度。

9. 如权利要求 7 所述的方法, 其中所述处理步骤(307-308)包括处理(307-308)所述信号模式, 以便产生表示所述导航地带部分相对于所述干涉条纹图的两维运动的输出信号(309)。

10. 如权利要求 7 所述的方法, 其中所述产生两条交叠的相干光束(236a、236b)的步骤包括: 从分离的光源(233a、233b)产生每一条所述交叠的相干光束。

## 采用投影条纹技术的光学导航系统和方法

### 相关申请的交叉引用

本申请与共同未决和共同转让的美国专利申请相关，其申请序列号为 10/439674，申请日为 2003 年 5 月 16 日，名称为“基于导航装置的干涉计”；与共同未决和共同转让的美国专利申请相关，其申请序列号为 10/630169，申请日为 2003 年 7 月 30 日，名称为“光学导航方法和装置”；与共同未决和共同转让的美国部份继续专利申请相关，其申请序列号为 10/680525，申请日为 2003 年 10 月 6 日，名称为“光学导航方法和装置”；与共同未决和共同转让的美国专利申请相关，其申请序列号为 10/697421，申请日为 2003 年 10 月 30 日，名称为“低能耗、宽适航性光学鼠标”，特此通过引用把上述文件的公开内容包括在本文中。

### 技术领域

本发明涉及运动传感光学装置，尤其涉及采用投影条纹技术的光学导航系统和方法。

### 发明背景

现有的相对运动检测光学装置采用模式相关技术，当光学装置经过表面时(或者，当所述表面穿过光学装置时)，通过捕捉反映所述表面特征的图案来确定光学装置与所述表面之间的相对运动。通过把一个图案帧与下一个图案帧的对照来确定所述光学装置的运动距离和方向。这种技术通常检测表面上的阴影(shadow)的亮度变化，它的灵敏度和可用性取决于捕捉的表面图案的亮度对比。例如，相对运动传感器用于计算机指针(即，鼠标)控制。这种指针一般采用光学装置来控制计算机屏幕上指针的位置。在更常用的场合中，光学导航信息可以用来补偿扫描装置沿扫描路径的曲线和旋转运动的失

真。

专利文件 5786804、5578813、5644139、6442725、6281882 和 6433780 描述了光学鼠标、其它手持式导航设备和手持式扫描仪的例子。一般的现有装置在镜面或光泽表面、均匀表面、以及具有浅部特征(shallow feature)的表面(如玻璃或白板)上不太好操作。在这些装置中,为了提高图像对比度,镜面反射通常被挡住了,而仅仅捕捉来自表面上的散射的光辐射。一般来说,所使用的平面必须能够投射阴影。通常,这就意味着被观察的表面特征必须具有关于所使用的光辐射波长的几何光学范畴的维数。因此,对特定表面类型的限制是现有光学鼠标设计的典型缺点。

### 发明概述

按照本发明,提供一种用于确定相对于导航地带的运动的光学导航系统。所述系统包括可以用来产生两条交叠光束的光学导航装置,这两条交叠光束为相干的光辐射。这两条交叠光束可以用来产生干涉条纹图,使得具有条纹图的两条交叠光束可以用来照射导航地带的表面部分。所述光学导航装置包括检测器阵列和成像元件,检测器阵列用于响应输入光学像图而产生输出信号模式,成像元件设置成将用两条交叠光束照射的导航地带表面部分成像在检测器阵列上。

本发明还提供用于确定光学导航系统与导航地带之间的相对运动的方法,所述方法包括:产生两条交叠相干光束;以及在两条交叠光束之间产生干涉条纹图。所述方法还包括:用干涉条纹图照射导航地带的表面部分;将条纹照射表面部分成像;以及响应所述成像的条纹照射表面部分而产生信号模式。

### 附图说明

为更完整地理解本发明,现在参考联系附图进行的以下说明,附图中:

图 1 为描述按照本发明实施例的光学导航系统的高级方框图;

图 2A 为描述按照本发明实施例的采用投影条纹技术的光学导航系统实施方案的光路图；

图 2B 为描述按照本发明实施例的可供选择的采用投影条纹技术的光学导航系统实施方案的光路图；

图 2C 为描述按照本发明实施例的另一种可供选择的采用投影条纹技术的光学导航的系统实施方案的光路图；

图 3 为描述按照本发明实施例的用于以光学方式确定导航表面相对于导航装置的两维运动的操作序列的流程图；以及

图 4 为描述按照本发明实施例的的计算机系统的简图。

### 本发明的详细说明

图 1 为描述按照本发明实施例的光学导航系统 10 的高级方框图。光学导航系统 10 确定光学装置 101 (如光学鼠标) 与导航地带 102 之间的相对位置, 导航地带 102 可以处在相对于光学装置 101 的在任何方向 (如箭头 107、108 所示) 的运动中。下文中使用的导航地带 102 是相对于光学装置 101 运动或变换位置的物体, 使得光学装置 101 和导航地带 102 之间的相对运动或位置确定一种输出信号。

工作时, 导航地带 102 被光学装置 101 中光源模块 103 发出的光辐射 110 照射, 通过与导航地带 102 的相互作用来处理光辐射 110, 使得照射光辐射 110 的图案被修改成出射光辐射 112, 出射光辐射 112 由导航地带 102 传播 (例如透射或反射)。在本发明的一些实施例中, 通过相互作用来修改出射光辐射 112 的图案, 例如, 利用导航地带 102 的表面 106 来反射或散射照射光辐射 110。或者, 例如, 可以通过在光辐射 110 穿过导航地带 102 的体积时发生的相互作用来修改所述图案。

检测器 (例如检测器阵列 104) 捕获具有图案的出射光辐射 112 并且产生信号 114。由于照射光辐射 110 中两个入射波阵面的干涉以及它们与导航地带 102 的相互作用, 在出射光辐射 112 中存在条纹图。这些条纹图是出射光辐射 112 的空间亮度分布中的明暗调制, 直接

对应于导航地带 102 的表面 106 的表面高度变化。可以利用检测器阵列例如, CCD、CMOS、GaAs、非晶形硅或任何其它适合的检测器阵列来进行所述捕获。一般来说, 使从光源模块 103 发出的光辐射 110 的波长谱与检测器阵列 104 的波长响应相匹配, 以便优化信号效率。然后, 信号 114 被发送至处理器 105, 在处理器 105 中信号 114 被进一步处理, 并且响应信号 114 而产生输出信号 116。例如, 在处理器 105 中, 传统上可以采用比较连续的各对捕获的帧的相关算法来进行确定相对运动的处理。在本发明的一些实施例中, 可以提供定时信号以便确定相对速度。例如, 输出信号 116 可以配置成激励计算机屏幕中指针的位置。

为了结构的整体化, 通常把光源模块 103 和检测器阵列 104 一起封装在光学装置 101 中。也可以任选地把处理器 105 封装在光学装置中, 例如光学装置 101 中, 但处理器 105 也可以置于光学导航系统 10 的其它地方。在本发明的一些实施例中, 光学装置 101 代表计算机系统的光学鼠标, 操作者可以任选地手动操作光学鼠标。

图 2A 为描述按照本发明实施例的采用投影条纹技术的光学导航系统实施方案 200 的光路图。系统 200 包括迈克耳孙/泰门-格林 (Michelson/Twyman-Green) 干涉计配置, 所述干涉计配置包括分束器 24 和反射器 25、26, 分束器 24 和反射器 25、26 把来自相干光源 21 的光线分成两条交叠相干光束 204、206 (平面波) 并改变它们的方向, 相干光束 204、206 照射导航表面 22。来自相干光源 21 (例如 VCSEL 激光源) 的光线以发散光束 201 的形式发射, 然后例如利用准直元件 23 准直发散光束 201 以便形成平行光束 202。在分束器 24, 平行光束 202 被部分反射成为反射光束 203a, 并且被部分透射成为透射光束 205a。反射光束 203a 经反射器 25 反射成为反射光束 203b, 然后反射光束 203b 部分穿过分束器 24 成为照射光束 204。同样, 透射光束 205a 被反射成为反射光束 205b, 然后反射光束 205b 部分穿过分束器 24 成为照射光束 206。

反射器 26 以相对于反射器 25 法线的小楔形角倾斜, 使得照射光束 204 和 206 相互以角度  $\theta$  交叠, 如照射光束 204 的波矢量  $\vec{k}_1$  和照射光束 206 的波矢量  $\vec{k}_2$  的附加分部图中所示。两个平面波 204、206 (可以不失一般性地把它们视为相同的亮度) 经干涉后, 在导航表面 22 上产生黑白条纹相间的投影图案, 其条纹间距如下:

$$d_2 = (\text{波长}/2) (\sin(\theta/2))$$

其中, 条纹间距  $d_2$  为黑条纹中心至下一个相邻白条纹中心的距离,  $\theta$  为波矢量  $\vec{k}_1$  和  $\vec{k}_2$  的夹角。这便是众所周知的摩尔 (Moire) 测量技术, 采用这种方法可测量表面变形、表面波动和表面轮廓。为了简单起见, 没有显示反射光束 203b 在分束器 24 的部分反射和反射光束 205b 在分束器 24 的部分透射形成的光束。反射光束 205b 在分束器 24 的部分透射可以重新进入激光光源 21 的腔体内, 可能会对激光模性能造成潜在的负面影响, 但可以通过轻微地旋转分束器 24 以避免光束的重新进入。或者, 例如可以在激光器与分束器之间设置隔离器 (例如 Faraday 旋转器)。

如果一个表面 (如导航表面 22) 被两条相干平面波 (如照射光束 204、206) 照射, 那么光束会产生干涉并形成一系列亮暗相间的轮廓图案, 其中所述表面横贯一些投影条纹。如果把这个照射表面成像检测器阵列 28 (例如 CMOS 阵列成像器或摄像机) 上, 则产生表面轮廓 (即表面高度变化) 的永久性记录。例如, 可以成像在通过利用成像元件 27 捕获发散光线 207 和把光线 208 重新会聚在检测器阵列 28 的相应像素上来把导航表面 22 上的点成像在检测器阵列 28 上。从而把导航表面 22 上的每一个点成像在检测器阵列 28 上唯一的点上。

图 2B 为描述按照本发明实施例的可供选择的采用投影条纹技术的光学导航系统实施方案 220 的光路图。来自例如 VCSEL 激光源的相干光源 21 的光线发射到导波光路上, 例如光纤 221 上。在分束器 213, 光线被分到多条导波光路中 (为简化起见, 图中用双光纤 222 和 223 表示), 光纤 222、223 产生空间上隔开距离  $d_1$  的各自的相干点光源



A 和 B。来自双相干点光源 A 和 B 中的每一个的光线通过具有不同光程长的不同非导波光路传输至导航表面 212。例如，来自点光源 A 的入射在导航表面 212 的 P 点 226 的光线通过具有光程长  $\vec{r}_A$  的非导波光路 224 传输，而来自点光源 B 的入射在导航表面 212 的 P 点 226 的光线通过具有光程长  $\vec{r}_B$  的非导波光路 225 传输。

按照结合图 2A 提供的分析，从彼此靠近的隔开的相干点光源 A 和 B 射向导航表面 212 的光线交叠并产生干涉图。所述干涉图入射在导航表面 212 上，在导航表面 212 上，所述干涉图被导航表面 212 的表面外形进一步调制，产生所述表面高度变化的唯一的光学表示。在图 2B 中，图中所示的来自表面 212 的 P 点 226 的发散光线 227 由成像元件 214 通过会聚光线 228 成像在检测器阵列 215 的元件或像素 216 上。同样地，来自组合的相干点光源 A 和 B 的交叠光线照射导航表面 212 上各点的连续统一体。形成导航表面的所述点的连续统一体调制反射光线的空间亮度分布，然后成像在所述反射光线的空间亮度分布被成像在检测器阵列 215 的相应像素上。从而把导航表面 212 上的每个点成像在检测器阵列 215 的唯一位置上。在检测器阵列 215 中，对来自两条光路的光线的干涉作出响应而产生信号。根据传统的空间相关算法确定两维相对运动，例如图 2B 的速度轴分部图中所示的速度分量  $V_x$ 、 $V_z$ 。

结合图 2A 和 2B 所描述的技术具有作为光学导航技术的用途，例如用于光学鼠标。在计算机的鼠形外壳中，光源和检测器在空间位置上是彼此相对固定的，作为一个单元相对于导航表面 22 平移。如果导航表面平移，则在检测器阵列处所见的条纹图(亮度变化)就发生改变。

在图 2A 中，条纹间距  $d_2$  定义在一个体积中的三维空间条纹图，光束 204 和 206 在所述体积中交叠和干涉。因此，这种三维条纹图将把两维条纹像图投影在与所述三维条纹图相交的任何横向或纵向表面上。具体地说，由光束 204 和 206 的交叠产生的干涉图把条纹像图

投影在导航表面 22 上。

图 2C 为描述按照本发明实施例的另一种可供选择的采用投影条纹技术的光学导航的系统实施方案 220 的光路图。光学导航装置 231 提供安装在结构支持件 232 上的光源 233a、233b，检测器阵列 215 以及光学元件 214、235a 和 235b。交叉的相干光束 236a 和 236b 交叠且产生干涉(或摩尔(Moire))条纹图 237，条纹图 237 照射导航地带 212。干涉图 237 被导航地带的外形进一步调制，并且通过光学元件 214 成像在检测器阵列 215 上。如图 2A 和 2B 中所示，随着所述成像的已调制干涉图的变化，检测到光学导航装置 231 和导航地带 212 之间的相对运动。

如图 2C 所示，交叠的相干光束 236a 和 236b 分别由分离的相干光源 233a 和 233b 产生。光源可以有多种选择，例如，发射二极管、激光二极管、激光器、或垂直腔面发射激光器(VCSELs)。如果需要稳定条纹图，可以通过对光源相互锁相取得及维持，可以通过采用多种传统技术中的任何一种(例如参见 Snadden et al., *Optics Letters*, Vol. 22, No. 12, P892-894, 1997 年 6 月 15 日，以及其中的引用文献)使所述各光源彼此锁相来实现和维持两个分离的激光光源之间的相干。或者，可以通过采用与图 2A 和 2B 中所示的相似的方法来分裂来自单一光源的相干光束而产生交叠的相干光束 236a 和 236b。需要时可以在本发明的任何实施例中采用波长可调光源。如图 2C 所示，使各个发散光束 235a、235b 准直并且通过衍射元件 234a、234b 使其改变方向，以便提供交叠的相干光束 236a、236b。或者，可以将发散的光束 235a、235b 准直并且采用单个或多个非衍射光学元件使其改变方向。

通过用电子学方法处理导航表面 22 或 212 上的投影条纹的检测到图像信号(对连续图像帧进行相关计算)，来获得导航表面的相对二维平面内运动(移动、速度)。然后，处理器的输出信号可用于控制计算机屏幕上指针的位置。

通过比较所保存的连续帧，处理器 105(见图 1)可以确定相对运动，以便可以利用对连续帧的相关算来确定相对平面运动的距离和方向。所捕获的帧与各连续的捕获的帧部分交叠。因此，导航软算法就能“看见”不止一个帧上的一些特定的可识别点，然后计算每个可识别点的移动距离和方向。通过保存连续的帧对，可以在处理器 105 中使用传统的相关算法来确定交叠特性，从而产生运动的方向和幅度。这种处理在美国专利 5786804 中有详细说明，且这种处理广泛地应用在依赖于对连续表面帧进行比较的光学指点器中，在这种光学指点器中，例如，按照传统技术，通过由从表面反射的光辐射所形成的阴影来产生表面帧。

图 3 为描述按照本发明实施例的用于以光学方式确定导航表面相对于导航装置的两维运动的操作序列 300 的流程图。在操作 302 中，提供相干光束，例如光束 202，在操作 303 中，所述光束被分裂成两条交叠(交叉)的相干光束，例如光束 204 和 206 并且改变它们的方向。或者，在操作 302 和 303 中，两条交叠相干光束中的每条分别由分离的相干光源产生。在这种情况下，如果需要可以采用两个光源的相互锁相以维持相干。然后，将分别产生的光束准直并且使用单个(或多个)衍射(或非衍射)光学元件改变它们的方向。在操作 304 中，两条交叠的相干光束产生干涉图，在操作 305 中，所述干涉图被投影在导航表面，如导航表面 22 上。在操作 306 中，把投影的干涉图成像在检测器阵列上，如检测器阵列 28 上，所述检测器阵列提供信号，在操作 307 中处理所述信号。在操作 308 中，使连续的帧对中所述处理后的信号相关联，以便确定导航表面 22 和检测器阵列 28 的两维运动。在操作 309 中，提供两维位置和/或速度输出。

以上的描述涉及利用两维投影条纹图涉及检测器相对于导航表面的平面内运动的确定，这种两维技术对于光学鼠标的使用具有高度潜在的效用。

图 4 为描述按照本发明实施例的的计算机系统 400 的简图。。

光学鼠标 410 相对于固定的导航表面 420 运动，并且光学鼠标 410 通常包括相干光源(类似于图 1 中的光源模块 103)和检测器(类似于图 1 中的检测器阵列 104)。处理各连续的位置图像并且通过有线或无线方式将其发送至 CPU 430 予以显示，通常控制计算机显示屏幕 440 上小箭头或指针的位置。通常，例如，通过类似于图 1 中的图像处理器 105 的处理器，执行光学鼠标 410 内部的位置处理。或者，有可能以有线或无线方式从光学鼠标 410 向 CPU 430 发送原始图像数据(或其它中间数据)以供处理。光学鼠标 410 任选地由操作者手动操作。一般，CPU 430 与用户输入装置，例如键盘连接。

虽然结合特定实施例对本发明进行了说明，但是显然，基于以上所述的启发，许多替换、修改和变化对于本领域技术人员来说是显而易见的，因此，本发明意图涵盖所有符合所附权利要求书要旨与范围的其它这种替换、修改和变化。

图 1

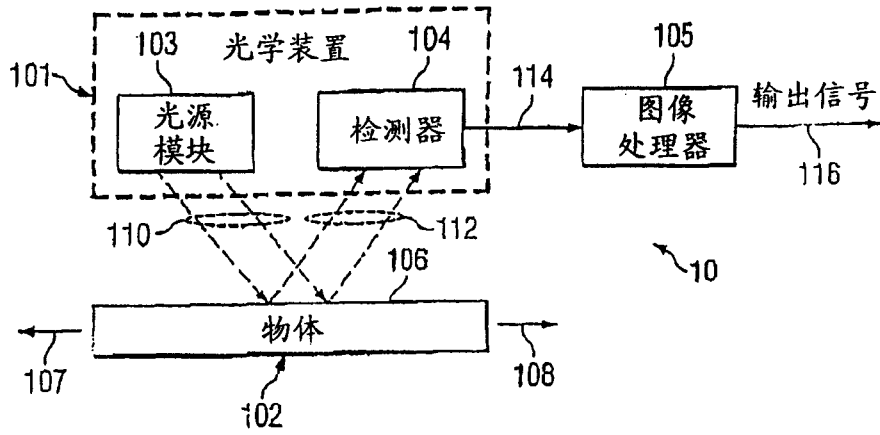
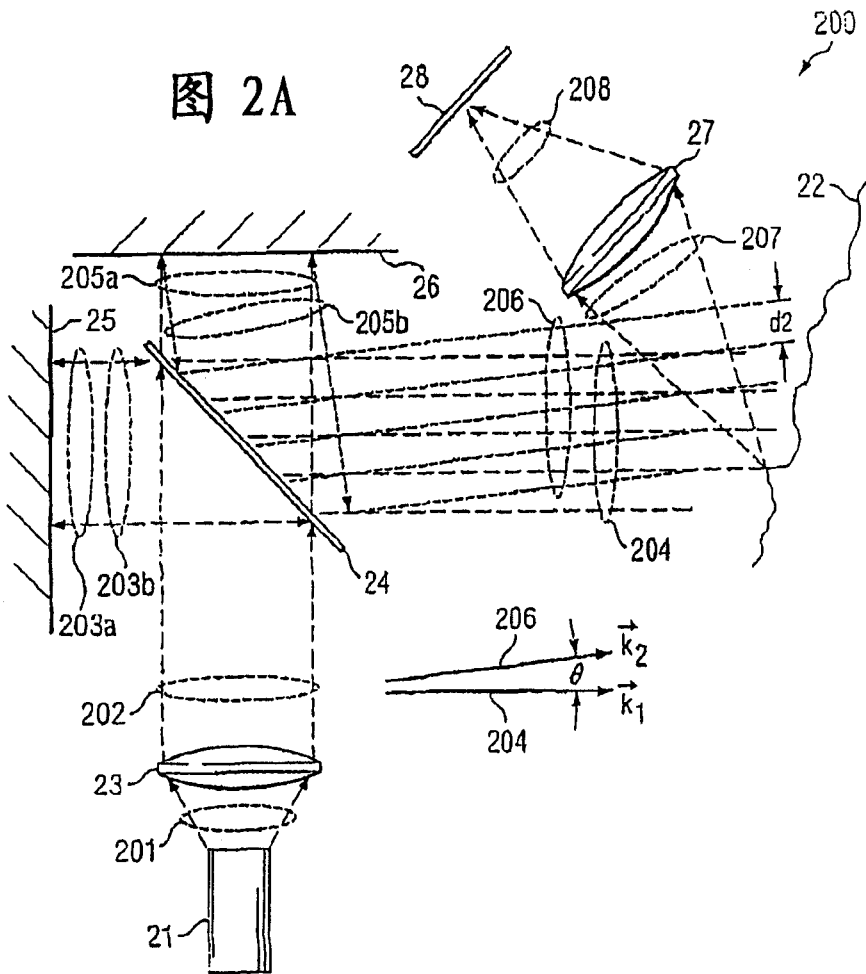
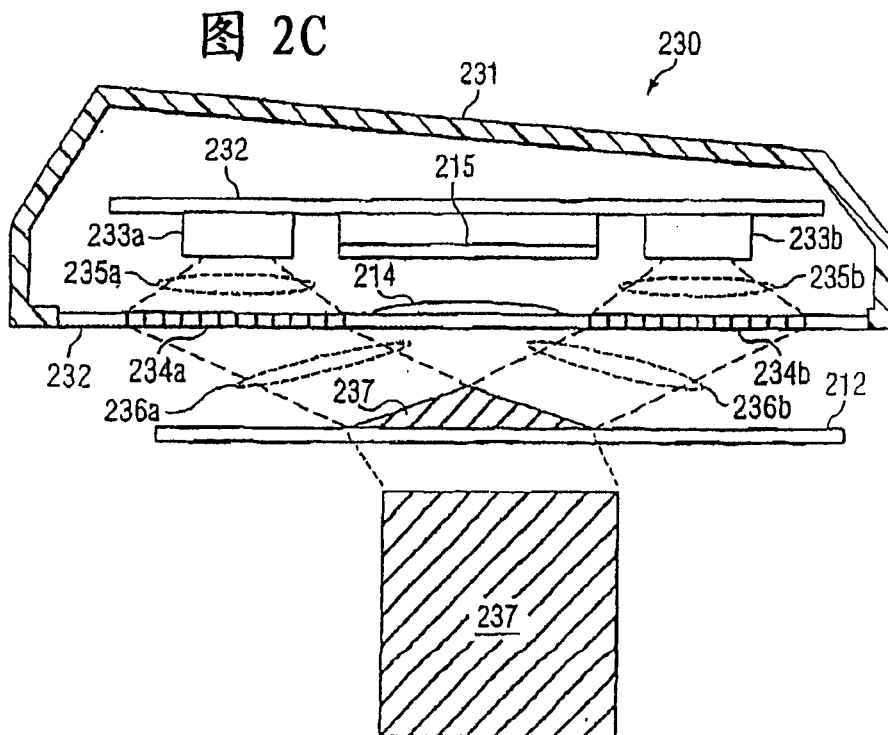
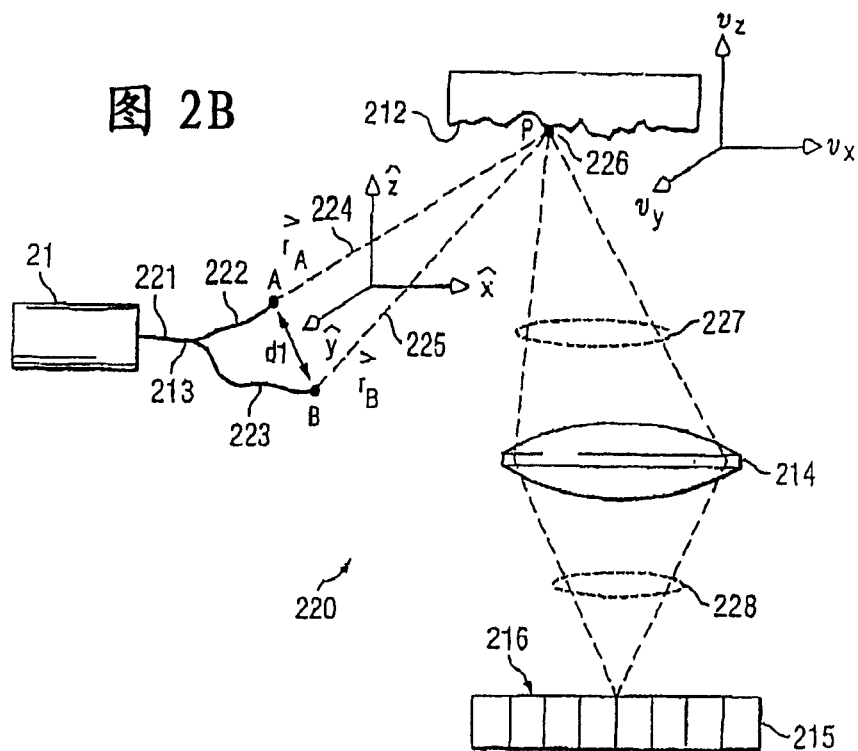
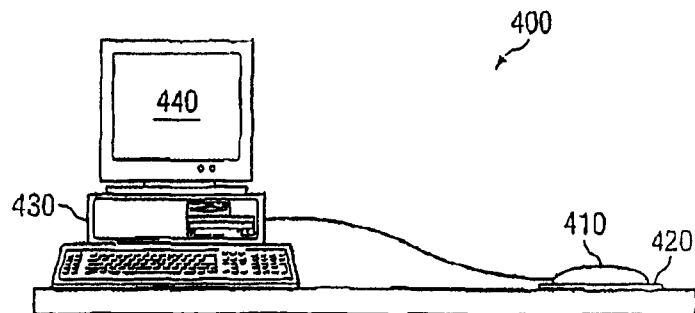
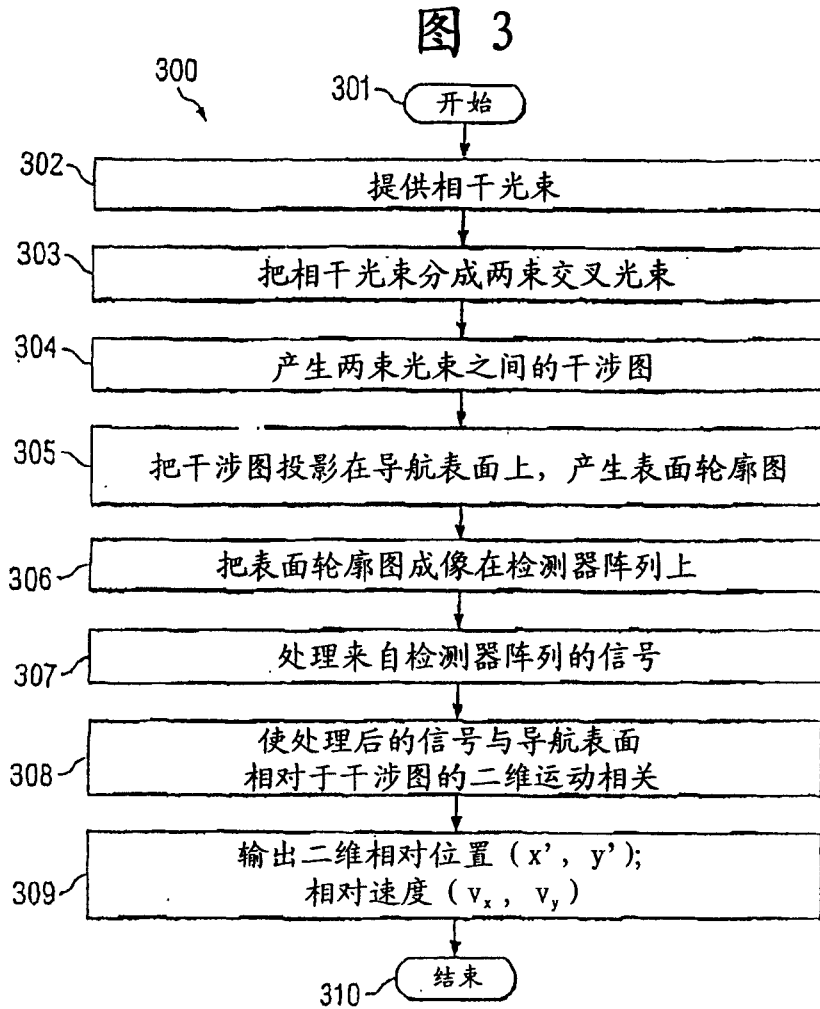


图 2A







**图 4**