



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103109152 B

(45) 授权公告日 2016.06.15

(21) 申请号 201180038899.0

(22) 申请日 2011.07.20

(30) 优先权数据

12/855,647 2010.08.12 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013.02.06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/044690 2011.07.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/021271 EN 2012.02.16

(73) 专利权人 光子动力学公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 安德雷·博尔登约克

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 余滕 王艳春

(51) Int. Cl.

G01B 11/24(2006.01)

G01B 9/04(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101126834 A, 2008.02.20, 全文.

CN 102119352 A, 2011.07.06, 全文.

CN 101467087 A, 2009.06.24, 说明书具体实施方式部分和说明书附图 1.

US 2005/0117210 A1, 2005.06.02, 全文.

US 5604344 A, 1997.02.18, 全文.

US 5886813 A, 1999.03.23, 全文.

审查员 杨华荣

权利要求书4页 说明书10页 附图9页

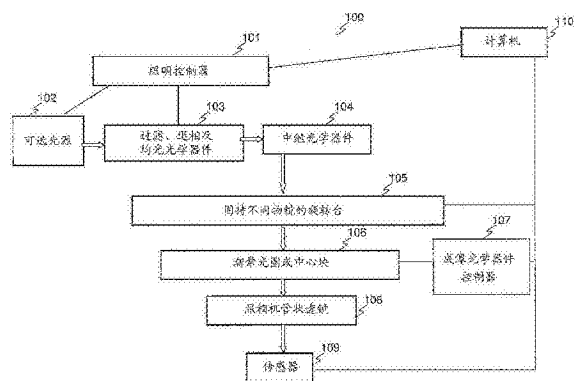
(54) 发明名称

选择性观察物体特征的高速采集视觉系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及用于选择性地观察物体特征、包括埋设于非透明材料下的特征的系统及方法。该系统包括：照明光源，用于产生具有受控的角频谱的照明光；对照明光进行空间强度调变的均光光学器件；退相光学器件，用于减少或抑制因照明光的同调性而产生于图像中的干涉图案；远场校正物镜，将照明光引导至物体上并聚集来自物体的光；照明光学路径，将照明光从照明光源传递至远场校正物镜；中继光学器件，将进入远场校正物镜的照明光的光线导引至所需倾角；可调光圈，使光纤的自由孔径产生渐晕；变迹组件，位于中继光学器件内，并对照明强度进行空间调变；图像传感器，用于产生物体的图像；及成像光学路径，用于将光从物体传递至图像传感器，成像光学路径包括管状透镜、可拆卸块以及可调光圈。

CN 103109152 B



1. 用于对包括非透明材料的物体成像的光学装置,所述装置包括:
 - a. 照明光源,用于产生照明光,所述照明光具有受控的角频谱;
 - b. 远场校正物镜,用于将所述照明光引导至所述物体上并聚集来自所述物体的光;
 - c. 照明光学路径,用于将所述照明光从所述照明光源传递至所述远场校正物镜;
 - d. 中继光学器件,设置于所述照明光学路径内,用于将进入所述远场校正物镜的所述照明光的光线导引至预定倾角;
 - e. 图像传感器,用于产生所述物体的图像;以及
 - f. 成像光学路径,用于将所聚集的光从所述远场校正物镜传递至所述图像传感器,其中,所述照明光源、所述远场校正物镜及所述中继光学器件被布置成至少部分地防止杂散光线、由所述非透明材料的表面或界面所散射的光线、以及受所述非透明材料的不均匀性干扰的光线进入所述成像光学路径。
2. 如权利要求1所述的光学装置,还包括:
 - i. 用于暗场条件的可移除块,设置在所述成像光学路径内所述远场校正物镜的光学下游;以及
 - ii. 可调光圈,设置在所述成像光学路径内所述远场校正物镜的光学下游,其中,所述中继光学器件、所述远场校正物镜、所述用于暗场条件的可移除块及所述可调光圈被布置成至少部分地防止由所述物体的所述非透明材料的表面或界面直接反射的光线到达所述传感器或在传感器平面内形成图像。
3. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述中继光学器件用于对所述照明光的强度执行空间调变。
4. 如权利要求1所述的光学装置,还包括退相光学器件,所述退相光学器件包括半波片、非偏振保持光学组件及偏振分光镜,其中,所述退相光学器件能够操作以解耦所述照明光的偏振,从而抑制或减少光斑。
5. 如权利要求1所述的光学装置,还包括均光光学器件,所述均光光学器件能够操作以均化所述照明光的强度分布。
6. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光源被配置为单色照明光源,所述光学装置还包括:
 - 第二照明光源,被配置为白色照明光源,以及开关,所述开关能够操作以选择性地所述照明光源与所述第二照明光源耦合至所述中继光学器件。
7. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光源还包括光纤或光导,所述光纤或光导能够操作以将所述照明光传递至所述中继光学器件,且其中通过选取所述光纤或光导的数值孔径并利用所述光纤或光导的可调光圈渐晕输出以及所述光纤或光导与所述中继光学器件之间的可调距离,来控制所述照明光的角频谱。
8. 如权利要求7所述的光学装置,其中,所述倾角至少通过所述光纤或光导的发光孔径的大小、所述光纤或光导与所述中继光学器件之间的距离、以及耦合至所述中继光学器件的所述照明光的发散度来确定。
9. 如权利要求7所述的光学装置,还包括照明控制器,所述照明控制器能够操作以改变所述光纤的发光孔径以及所述光纤或光导与所述中继光学器件之间的距离。

10. 如权利要求7所述的光学装置,还包括成像光学器件控制器,其用于控制所述可调光圈渐晕输出的大小。

11. 如权利要求2所述的光学装置,其中,所述成像光学路径包括管状透镜,所述管状透镜用于在所述图像传感器中产生所述物体的图像,所述管状透镜设置于所述用于暗场条件的可移除块及所述可调光圈的光学下游。

12. 如权利要求1所述的光学装置,还包括过滤光学器件,其中,所述照明光源、所述远场校正物镜、所述过滤光学器件及所述中继光学器件被布置成使所述照明光在所述物体上具有预定入射角,其中所述预定入射角被选择成能防止杂散光及防止或减少从所述非透明材料的表面或界面散射的光量进入所述成像光学路径,并能够防止或减少由所述非透明材料的表面或界面直接反射的光量到达所述图像传感器,或防止所述直接反射的光于图像传感器平面内形成图像。

13. 如权利要求1所述的光学装置,还包括空间光束强度调变器,其设置于所述中继光学器件内并用于调节所述照明光。

14. 如权利要求13所述的光学装置,其中所述空间光束强度调变器包括光扩散器、光纤或光导,所述光扩散器、所述光纤或所述光导设置于所述照明光学路径内并能够操作以均化所述照明光的强度的空间及角度分布。

15. 如权利要求1所述的光学装置,还包括光纤或光导,所述光纤或光导具有可调光圈渐晕输出并能够操作以控制发光区域的发散度及大小以及所述照明光的角频谱分布。

16. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光源为产生基本为单色照明光的单色照明光源,并且所述光学装置还包括颜色检查子系统,所述颜色检查子系统包括白色照明光源及开关模块,所述白色照明光源产生白色照明光,其中,所述开关模块、所述成像光学路径及所述图像传感器用于产生由所述单色光与所述白色光交替照明的物体的图像。

17. 如权利要求16所述的光学装置,还包括开关,所述开关用于将所述单色照明光源与所述白色照明光源交替地耦合至所述照明光学路径。

18. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光的波长根据所述非透明材料的光学特性来选择,所述非透明材料覆盖所述物体上的特定结构。

19. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光源的发光表面上的每一点皆基本在单个方向上或在所述方向周围的窄立体角内发光。

20. 如权利要求1所述的光学装置,还包括一组远场校正物镜及开关模块,其中所述开关模块能够操作以选择性地将所述远场校正物镜置于所述成像光学路径中,且所述远场校正物镜的特征在于不同的放大率以及被设计成工作于不同的频谱范围中。

21. 如权利要求1所述的光学装置,还包括多个照明光源、以及照明控制器,所述照明控制器能够操作以控制所述照明光源的多个参数,所述参数包括发光强度、工作周期、同步化模式或触发模式中的至少一个。

22. 如权利要求1所述的光学装置,其中所述照明光源包括激光或发光二极管中的至少一个。

23. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光源包括以纳秒模式运作的二极管激发固态激光,所述照明光源被配置成另外执行材料处理。

24. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述图像传感器包括电荷耦合器件成像传感

器。

25. 如权利要求1所述的光学装置,其中,所述照明光源所产生的照明光的特征在于这样的波长,在所述波长下所述物体的至少一部分的材料为不透明。

26. 用于对包括物体特征的物体成像的光学装置,所述装置包括:

- a. 照明光源,具有发光孔径并产生照明光,所述照明光具有受控的角频谱;
- b. 远场校正物镜,用于将所述照明光引导至所述物体上并聚集来自所述物体的光;
- c. 照明光学路径,用于将所述照明光从所述照明光源传递至所述远场校正物镜;
- d. 中继光学器件,设置于所述照明光学路径内,并用于将进入所述远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;

e. 图像传感器,用于产生所述物体的图像;以及

f. 成像光学路径,用于将所聚集的光从所述远场校正物镜传递至所述图像传感器,

其中,所述照明光源的所述发光孔径被配置成完全填充所述远场校正物镜的入射光瞳,且所述中继光学器件被配置成将所述照明光聚焦于所述物体表面上或将所述照明光源的图像形成于物体平面。

27. 如权利要求26所述的光学装置,其中,所述照明光源还包括光纤或光导,所述光纤或光导能够操作以将所述照明光传递至所述中继光学器件,且其中通过选取所述光纤或所述光导的数值孔径并利用所述光纤或所述光导的可调光圈渐晕输出以及利用所述光纤或所述光导与所述中继光学器件之间的可调距离,来控制所述照明光的角频谱,并且其中所述光纤或所述光导的所述可调光圈渐晕输出被开启且所述光纤或所述光导与所述中继光学器件之间的可调距离被设定成使所述照明光聚焦于所述物体上或将所述照明光源的图像形成于所述物体平面上。

28. 用于对包括物体特征的物体成像的光学装置,所述装置包括:

- a. 照明光源,具有发光孔径并产生照明光,所述照明光具有受控的角频谱;
- b. 远场校正物镜,用于将所述照明光引导至所述物体上并聚集来自所述物体的光;
- c. 照明光学路径,用于将所述照明光从所述照明光源传递至所述远场校正物镜;
- d. 中继光学器件,设置于所述照明光学路径内,并用于将进入所述远场校正物镜的所述照明光的光线导引至预定倾角;

e. 图像传感器,用于产生所述物体的图像;以及

f. 成像光学路径,用于将所聚集的光从所述远场校正物镜传递至所述图像传感器,

其中,所述照明光源的所述发光孔径实质上减小,且所述中继光学器件被配置成提供入射于所述物体上的强发散或强会聚照明光。

29. 用于对包括非透明材料的物体成像的方法,所述方法包括:

- a. 利用照明光源产生照明光,所述照明光具有受控的角频谱;
- b. 利用远场校正物镜将所述照明光引导至所述物体上并聚集来自所述物体的光;
- c. 利用照明光学路径将所述照明光从所述照明光源传递至所述远场校正物镜;
- d. 利用设置于所述照明光学路径内的中继光学器件将进入所述远场校正物镜的所述照明光的光线导引至预定倾角;

e. 利用图像传感器来产生所述物体的图像;以及

f. 利用成像光学路径将所聚集的光从所述远场校正物镜传递至所述图像传感器,

其中,所述照明光源、所述远场校正物镜及所述中继光学器件被布置成至少部分地防止杂散光线、由所述非透明材料的表面或界面所散射的光线、以及受所述非透明材料的不均匀性干扰的光线进入所述成像光学路径。

30. 用于对包括物体特征的物体成像的方法,所述方法包括:

- a. 利用照明光源产生照明光,所述照明光源具有发光孔径,所述照明光具有受控的角频谱;
 - b. 利用远场校正物镜将所述照明光引导至所述物体上并聚集来自所述物体的光;
 - c. 利用照明光学路径将所述照明光从所述照明光源传递至所述远场校正物镜;
 - d. 利用设置于所述照明光学路径内的中继光学器件将进入所述远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;
 - e. 利用图像传感器来产生所述物体的图像;以及
 - f. 利用成像光学路径将所聚集的光从所述远场校正物镜传递至所述图像传感器,
- 其中,所述照明光源的所述发光孔径被配置成完全填充所述远场校正物镜的入射光瞳,且所述中继光学器件被配置成将所述照明光聚焦于所述物体的表面或将所述照明光源的图像形成于物体平面。

31. 用于对包括物体特征的物体成像的方法,所述方法包括:

- a. 利用照明光源产生照明光,所述照明光源具有发光孔径,所述照明光具有受控的角频谱;
 - b. 利用远场校正物镜将所述照明光引导至所述物体上并聚集来自所述物体的光;
 - c. 利用照明光学路径将所述照明光从所述照明光源传递至所述远场校正物镜;
 - d. 利用设置于所述照明光学路径内的中继光学器件将进入所述远场校正物镜的所述照明光的光线导引至预定倾角;
 - e. 利用图像传感器来产生所述物体的图像;以及
 - f. 利用成像光学路径将所聚集的光从所述远场校正物镜传递至所述图像传感器,
- 其中,所述照明光源的发光孔径实质上减小,且所述中继光学器件被配置成提供入射于所述物体上的强发散或强会聚照明光。

选择性观察物体特征的高速采集视觉系统及方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请涉及并要求于2010年8月12日提交的第12/855,647号美国专利申请的优先权。

[0003] 根据美国规定,本申请为上述第12/855,647号美国专利申请的延续案。

[0004] 发明背景

技术领域

[0005] 本发明一般地涉及用于光学成像的系统及方法,更具体地,涉及一种用于选择性地观察各种物体特征、包括埋设于非透明材料下的特征的快速(非扫描式)光学显微方法及装置。

背景技术

[0006] 对埋设于非透明材料下的物体特征进行观察是重大的技术挑战,当光学视觉系统必须能够产生物体的实时活动图像(real time live image)且该物体特征不透光时尤其如此。在此类视觉系统中,扫描并非可接受的解决方案,并且因物体特征本身不透射背光(backlight),故无法使用背光照明。此外,出于成本考虑,使用波长介于材料透明窗口内的照明光有时可能并不可行,尤其是当材料透明窗口位于可见光的波长范围外时。本领域技术人员应理解,对非透明物体使用紫外线光源或红外线光源作为照明光源、以及使用在对应波长范围中具有灵敏度的成像传感器会极大地提高光学检查系统的总成本,故此并不可取。另外,成像系统的光学分辨率会随照明光波长的增大而减小,故使用红外线照明光源也是不可取的。

[0007] 在其它应用中,亟需一种突显物体的某些特征而不突显其它特征的视觉系统。例如,在许多应用中,物体的表面纹理(surface texture)不如物体表面上所出现的特征重要。

发明内容

[0008] 本发明涉及能基本消除与选择性地观察物体特征的现有技术相关联的一个或多个上述或其它问题的方法及系统,物体特征包括埋设于非透明材料下的物体特征。

[0009] 根据本发明的一方面,提供一种用于对包括非透明材料的物体成像的光学装置。该装置包括照明光源、远场校正物镜(infinity corrected objective)、照明光学路径、中继光学器件、图像传感器以及成像光学路径。其中,照明光源产生照明光,该照明光具有受控的角频谱(angular spectrum);远场校正物镜用于将该照明光引导至该物体上并聚集来自该物体的光;照明光学路径将该照明光从该照明光源传递至该远场校正物镜;中继光学器件设置于该照明光学路径内,并用于将进入该远场校正物镜的该照明光的光线导引至预定倾角;图像传感器用于产生该物体的图像;成像光学路径用于将所聚集的光从远场校正物镜传递至图像传感器。在所述光学装置中,照明光源、远场校正物镜及中继光学器件被布

置成至少部分地防止杂散光线、由非透明材料的表面或界面所散射的光线、以及受非透明材料的不均匀性干扰的光线进入成像光学路径。

[0010] 根据本申请的一个实施方式,光学装置还包括一组远场校正物镜及开关模块,其中开关模块能够操作以选择性地将远场校正物镜置于成像光学路径中,且远场校正物镜的特征在于不同的放大率以及被设计成工作于不同的频谱范围中。

[0011] 根据本申请的一个实施方式,光学装置还包括多个照明光源、以及照明控制器,照明控制器能够操作以控制照明光源的多个参数,参数包括发光强度、工作周期、同步化模式或触发模式中的至少一个。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供一种用于对包括物体特征的物体成像的光学装置。该装置包括照明光源、远场校正物镜、照明光学路径、中继光学器件、图像传感器以及成像光学路径。其中,照明光源具有发光孔径并产生照明光,该照明光具有受控的角频谱;远场校正物镜用于将该照明光引导至物体上并聚集来自该物体的光;照明光学路径将该照明光从照明光源传递至远场校正物镜;中继光学器件设置于照明光学路径内,并用于将进入远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;图像传感器用于产生物体的图像;成像光学路径用于将所聚集的光从远场校正物镜传递至图像传感器。在该装置中,照明光源的发光孔径被配置成完全填充远场校正物镜的入射光瞳(entrance pupil),且中继光学器件被配置成将照明光聚焦于物体的表面上或将照明光源的图像形成于物体平面上。

[0013] 根据本发明的另一方面,提供一种用于对包括物体特征的物体成像的光学装置。该装置包括照明光源、远场校正物镜、照明光学路径、中继光学器件、图像传感器以及成像光学路径。其中,照明光源具有发光孔径并产生照明光,该照明光具有受控的角频谱;远场校正物镜用于将照明光引导至该物体上并聚集来自该物体的光;照明光学路径用于将该照明光从该照明光源传递至远场校正物镜;中继光学器件设置于照明光学路径内,并用于将进入该远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;图像传感器用于产生物体的图像;成像光学路径用于将所聚集的光从远场校正物镜传递至图像传感器。在该装置中,照明光源的发光孔径实质上减小,且中继光学器件用于提供入射于物体上的强发散或强会聚照明光。

[0014] 根据本发明的另一方面,提供一种用于对包括非透明材料的物体成像的方法。本发明的方法包括:利用照明光源产生照明光,该照明光具有受控的角频谱;利用远场校正物镜将该照明光引导至物体上并聚集来自该物体的光;利用照明光学路径将该照明光从照明光源传递至远场校正物镜;利用设置于照明光学路径内的中继光学器件将进入远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;利用图像传感器产生物体的图像;以及利用成像光学路径将所聚集的光从远场校正物镜传递至图像传感器。在本发明的方法中,照明光源、远场校正物镜及中继光学器件被布置成至少部分地防止杂散光线、由非透明材料的表面或界面所散射的光线、以及受非透明材料的不均匀性干扰的光线进入成像光学路径。

[0015] 根据本发明的另一方面,提供一种用于对包括物体特征的物体成像的方法。本发明的方法包括:利用照明光源产生照明光,照明光源具有发光孔径,照明光具有受控的角频谱;利用远场校正物镜将照明光引导至物体上并聚集来自物体的光;利用照明光学路径将照明光从照明光源传递至远场校正物镜;利用设置于照明光学路径内的中继光学器件将进入远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;利用图像传感器来产生物体的图像;以

及利用成像光学路径将所聚集的光从远场校正物镜传递至图像传感器。在本发明的方法中,照明光源的发光孔径被配置成完全填充远场校正物镜的入射光瞳,且中继光学器件被配置成将照明光聚焦于物体的表面上或将照明光源的图像形成于物体平面上。

[0016] 根据本发明的另一方面,提供一种用于对包括物体特征的物体成像的方法。本发明的方法包括:利用照明光源产生照明光,该照明光源具有发光孔径,该照明光具有受控的角频谱;利用远场校正物镜将照明光引导至物体上并聚集来自物体的光;利用照明光学路径将照明光从照明光源传递至远场校正物镜;利用设置于照明光学路径内的中继光学器件将进入远场校正物镜的照明光的光线导引至预定倾角;利用图像传感器产生物体的图像;以及利用成像光学路径将所聚集的光从远场校正物镜传递至图像传感器。在本发明的方法中,照明光源的发光孔径实质上减小,且中继光学器件用以提供入射于物体上的强发散或强会聚照明光。关于本发明的其它方面将于以下阐述,且部分实施方式根据本说明书的描述将变得显而易见或可通过实施本发明而知悉。本发明的各方面可通过在以下详细说明及随附的权利要求中所特别指出的方面以及各个方面与实施方式的组合而实现及获得。

[0017] 应理解,上述说明与以下说明仅为示例性及解释性的,而并非旨在以任何方式限制本发明或其应用。

附图说明

[0018] 并入本说明书中并构成本说明书的一部分的各个附图通过举例说明本发明的实施例,并与本说明书一起用于解释及示出所述技术的原理。具体而言:

[0019] 图1示出新颖的光学图像采集系统的示例性实施例的原理概念;

[0020] 图2示出某些光源的示例性特性;

[0021] 图3示出用于减少在非透明材料的表面或界面处所散射且由成像系统所捕获的光量的方法的一个示例性实施例;

[0022] 图4示出来自一般光源或错误光束传递的杂散光;

[0023] 图5示出所述系统通过具有受控的角频谱的光源来实现正确的光束传递的实施例;

[0024] 图6示出受非透明材料的不均匀性干扰且由实施例中的所述成像系统捕获的光线;

[0025] 图7和图8示出利用具有受控的角频谱的光源来消除或减少由非透明材料的表面或界面直接反射的光、杂散光、以及由于非透明材料的不均匀性而散射或干扰的光的所述技术的示例性实施例;以及

[0026] 图9示出所述多源照明器以及用于减小激光源与图像中相关的“光斑”的同调性的退相系统及方法的示例性实施例。

具体实施方式

[0027] 在以下详细说明中,将参照附图,在附图中相同的功能组件由相同的编号表示。所述附图以示例性而非限制的方式显示根据本发明原理的具体实施例及实施方式。以下,将非常详细地阐述这些实施方式,以使本领域技术人员能够实践本发明;并且应理解,亦可使用其它实施方式,且在不背离本发明的范围及精神的条件下,可对各种组件作出结构改变

和/或替换。因此,以下详细说明不应被理解为具有限制意义。

[0028] 本发明的一个或多个实施例提供一种用于选择性地观察物体特征、包括埋设于非透明材料下的物体特征的快速光学(非扫描式)显微方法及装置。在本发明的一个或多个实施例中,所述光学系统的分辨率仅受衍射效应限制。本发明的一个或多个实施例使用具有波长的照明光源,该波长可由常规(即非红外线(IR)或紫外线(UV))CCD(charge coupled device;电荷耦合器件)照相机或其它低成本图像感测及记录器件(例如摄影板(photography plate))高效地侦测到。在本发明的一个或多个实施例中,物体照明光的波长被设定为尽可能的短,以最大化系统的解析能力。

[0029] 在本文中:

[0030] 1)“非透明材料”指的是如下材料:自其表面或接受入射光的界面反射的光的反射率相当于或大于以下二者的乘积:a)等于该材料的2倍厚度的路径的透射率,与b)埋设界面的反射率。非透明材料包括半不透明(semi-opaque)材料以及半透明(semi-transparent)材料。

[0031] 2)“具有受控的角频谱的光源”指的是如下光源:其发光表面的每一点皆仅在某一角度方向上或在该角度方向周围的小立体角(solid angle)内发光。发光的特定角度方向及立体角分布宽度取决于光学检查装置的特定设计所用的特定光学器件的特性。上述具有受控的角频谱的光源可为激光、激光二极管(laser diode;LD)或任一非同调光源,其输出的光经过适当过滤以确保该光源的每一点皆仅在某一角度方向上或在该某一角度方向周围的小立体角内发光。

[0032] 本发明的各种实施例提供一种如下文所详细解释的机构,该机构被设计成有利于以能获得高图像对比度的方式将照明光传递至物体,该图像对比度足以用于侦测埋设于非透明材料下的特征而图像分辨率仅受限于衍射效应。

[0033] 如本领域技术人员所熟知,图像可见度的特征在于图像对比度。在其它条件相同的情况下,物体特征的可见度随对比度的增大而按比例增大。当特征尺寸大于视觉系统的衍射限值(diffraction limit)且视觉系统具有接近于1(unity)的调变传送函数(Modulation Transfer Function)时,对比度取决于待解析的物体特征所聚集的照明强度与图像平面内所量测的背景照明的比率。

[0034] 因此,为增大对比度,需减小背景照明的强度。背景照明强度具有若干个可改善的组成因素。其中主要的组成因素有自非透明材料的表面或界面反射和/或散射的光以及因不良的照明光束传递而造成的所谓杂散光。

[0035] 本领域技术人员将理解,非透明材料可包含空间不均匀性(spatial inhomogeneity),这样的空间不均匀性会干扰来自待由成像系统解析的物体特征的光线。这种具有散射性质的光线传播干扰会造成不受控制的图像模糊(blur)、图像位置自真实位置(true location)发生位移、以及形成伪特征(fake feature),这些皆会使特征辨识复杂化程度升高并降低分辨率,有时更会使得图像特征无法辨析。对被所述方式干扰的图像进行重建需要使用高阶机器视觉算法,这不但耗费资源及时间,且对于需要进行实时图像处理的高速图像采集应用而言不实用。

[0036] 本发明的各种实施例提供通过减少下述光量进而增大所形成的光学图像的对比度的系统及方法:杂散光、进入视觉(图像采集)系统的由非透明材料的表面或界面反射及

散射的光、以及受非透明材料的不均匀性干扰的光。在下文中,将详细说明本发明的各个示例性实施例。

[0037] 图1示出新颖的光学图像采集系统100的一个示例性实施例的原理概念。如图1所示,所述光学图像采集系统包括多个可选光源102、以及过滤、退相(dephasing)及均光光学器件103,其皆由照明控制器101控制。由上述光学组件所产生的经调节的光束通过中继光学器件104,中继光学器件104提供空间强度调变(spatial intensity modulation)并用于将进入远场校正物镜(infinity corrected objective lens)的照明光的光线在照射于物体上且被该同一物镜聚集之前导引至所需倾角,该远场校正物镜安装于旋转台(turret)105上。直接被物体反射或散射的光由渐晕光圈(vignetting iris)或中心块106滤除,渐晕光圈或中心块106由成像光学器件控制器107控制。输出光由照相机管状透镜108以及图像传感器109聚集。计算机系统110对光学图像采集系统100执行总体控制功能,且亦可对图像传感器109所采集的图像执行分析。

[0038] 因背面光照明不适合于非透明特征的成像,故本发明的各种实施例使用与远场校正物镜光学器件相组合的同轴正面照明光源。如本领域技术人员所熟知,远场校正光学器件用于在无穷远处形成定位于物体平面中的物体的图像。

[0039] 上述进入光学成像系统的杂散光通常是由不良的照明光束传递系统造成的。图2示出若干示例性类型的光源的某些发光特性。具体而言,由图2可看出,发光二极管200的发光表面的每一点皆具有半球状发光图案203。另一方面,激光201及202的每一特定发光表面点皆仅在特定方向上或在该方向周围的窄立体角范围内发射光204及205。高质量激光202与低质量激光201的不同处在于,高质量激光所发射的光的强度分布及相位分布为角度206皆为平滑函数(smooth function),此确保得到更均匀的光照明分布。因高质量激光202对物体照明的均匀性,故相较于激光201,使用高质量激光202能产生更高质量的图像。应注意,使用低质量激光进行物体的照明通常需要对照明光束进行额外均化。其中,转盘光学总成(rotating disk optical assembly)为本领域技术人员所熟知的有利于光束均化的示例性器件。

[0040] 图3示出消除由非透明材料的表面或界面301的微小粗糙度(roughness)所散射的光的本发明的一个示例性实施例。在本发明的一个或多个实施例中,通过应用具有受控的角频谱的光源以及专门设计的用于将照明光线传递至远场校正物镜302的系统来实现上述散射光的消除,远场校正物镜302以发散方式引导光至非透明材料的表面或界面上。作为应用所述照明技术的结果,在表面或界面处所散射的光线303的显著部分离开成像系统而不贡献于图像背景。减弱的图像背景继而能提高形成的图像中特征304的对比度。

[0041] 参照图4,图中示出传统光传递系统405以及光聚集系统406。本领域技术人员将理解,例如因通常由非同调光源(例如发光二极管(LED)或白炽灯)所产生的倾斜照明光线的多重反射及散射,可出现杂散光401。上述倾斜光线亦可因光源与光学系统的不准确耦合而产生。此种倾斜光线在物镜402的出射光瞳(exit pupil)内相对于光轴403具有倾角404,其中,倾角404大于边缘光线的倾斜度(tilt),这是决定物镜的视场(Field of View;FOV)的最大尺寸,如图4所示的那样。根据本发明的一个或多个实施例,为减少或消除这种杂散光量,照明系统设计成在其横截面处有效地控制照明光束的发散度(divergence)及角频谱。这通过利用中继光学器件来实现,该中继光学器件将进入远场校正物镜的照明光的光线引

导至所需倾角。

[0042] 图5示出具有受控的角频谱的光源减少或消除杂散光的示例性应用,杂散光在成像系统的光学器件内作为背景照明贡献之用。由该图可清楚地看出,因进入照明光传递系统505的照明光的角频谱的受控性质,在信号收集系统506中不存在杂散光。另外,因非透明层的不均匀性而散射的光线507不进入信号收集系统506。这会使得所产生的物体特征图像的图像背景减弱且对比度提高。

[0043] 在本发明的一个或多个实施例中,照明光的受控的角频谱为这样的特征,即该特征能够减少混入信号收集系统506中的杂散光及散射光的量。为提高系统的功能能力并同时使其保持低成本和/或小尺寸,在本发明的一个或多个实施例中,可使用半导体激光(激光二极管)或固态激光作为具有受控的角频谱的照明光源,以用于高速图像采集。在本发明系统的一个或多个实施例中,同样的激光可执行另一功能(例如材料处理),另一功能可涉及校正在成像模式中所侦测到的某些缺陷。应注意,在具有双重用途激光的系统中,可提供适宜的光衰减组件以确保在图像采集模式及材料处理模式中实现适合的光脉波能量平衡。在另一实施例中,使用发光二极管(LED)进行低速图像采集,该发光二极管耦合至具有可控光圈的光纤以使发光区域形成渐晕并使该发光区域成为点式光源(point-wise source)。在其它示例性实施例中,可使用任一具有受控的角频谱的光源实现物体照明。为了在光束横截面内缓和发散角的变化(进行角度过滤)以及强度分布的变化,在本发明的一个或多个实施例中,可将光纤或光导与光源耦合。在其它示例性实施例中,通过使用高质量激光或光束成形器(beam shaper)或通过具有常规特性的光源所产生的光执行角度过滤,来获得所需光束品质。上述高质量激光的发光特性已在图2中示出且已在上文中进行了阐述。

[0044] 图6示出用于消除受非透明材料的不均匀性601干扰的光线的本发明的示例性实施例。这样的光线可导致特征602的图像模糊或一部分图像的形状或位置(轴向或横向位置)被扰动、以及形成伪图像。这可通过在远场校正物镜604与耦合至该物镜的管状透镜(图中未示出)之间设置受控的渐晕光圈603来实现。该光圈用作图像聚集系统的新孔径光阑(aperture stop),该孔径光阑会人为地缩窄成像系统的数值孔径(numerical aperture)并使该物镜工作于非远心模式(non-telecentric mode)。尽管这样会降低光学系统的分辨率,但也会减少或完全消除受干扰的图像形成光线(perturbed image forming ray)605之量,否则受干扰之图像形成光线605会通过假影(artifact)而污染所形成之图像并降低对比度。可通过形成光学系统来降低数值孔径缩窄的潜在负面影响,该光学系统在正常(无光圈)条件下被过采样(oversample)。

[0045] 图7及图8示出通过具有受控的角频谱的光源消除物体直接反射至物镜的光的本发明的示例性实施例。具体而言,在本发明的一个或多个实施例中,如图8所示,光导、光纤或具有受控的角频谱的光源的输出与“中继光学器件”801结合,进而与远场校正物镜相结合地工作。在一个实施例中,“中继光学器件”801用于将进入该远场校正物镜的光线引导至所需倾角,从而使直接反射的光线聚焦于物镜802与管状透镜803之间并防止直接反射的光线于传感器平面内形成图像。在这样的情况下,通过设置一块或变迹组件804来代替物镜802的焦点,可完全或部分地滤除直接反射的光,如图8所示的那样。在另一实施例中,部分的直接反射的光701可通过以图7所示的部署渐晕光圈702的方式消除。

[0046] 在本发明的一个或多个实施例中,为减少由非透明材料的表面或界面直接反射并

返回至视觉系统中的光量,对进入远场校正物镜的出射光瞳中的照明光束的角频谱进行控制。为实现这样的目标,本发明的一个或多个实施例结合利用1)光束发散度与2)中继光学器件的放大倍率(power)。其中,光束发散度为具有受控的角频谱的光源或耦合至光源的特定光纤或光导的特性。

[0047] 为进一步控制照明光束的角频谱,本发明的一个或多个实施例另外包括用于在光束进入远场校正物镜之前执行光束变迹(对光束中的强度执行空间调变)的装置,如图8所示。这是为了自照明光束移除在物体空间中相对于光轴具有小倾角的光线,该照明光束无法被管状透镜803前方的光圈组件804滤除。此外,在本发明的相同或其它实施例中,通过在光束进入成像系统的管状透镜803之前对该光束进行变迹及渐晕,来提高轴向区域中的对比度。

[0048] 因本发明的各种实施例使用同调光源作为非透明物体的照明,故在所形成的图像中可出现显著干涉图案(strong interference patterns),因此降低对比度。因照明光的同调本身特性而在所采集的图像中造成这样的干涉图案一般被称为“光斑(speckle pattern)”。当其它条件相同时,此种图案在图像中的解析能力、对比度及伪特征方面降低图像质量。此种图像的处理需要耗费大量计算资源和时间的算法,且通常无法实时完成。为消除或减少“光斑”并使简单的机器视觉算法能够实时地处理图像,必须完成激光输出的高效去同调(decoherence)。

[0049] 图9示出用于减小激光源的同调性及图像中的相关“光斑”的多源照明器(multisource illuminator)以及退相系统及方法的示例性实施例。为了消除上述提及的图像中的干涉效应,本发明的一个或多个实施例使用退相光学器件,该退相光学器件由半波片(1/2wave plate)901、耦合至光扩散器(light diffuser)903的非偏振保持光纤(non-polarization maintaining fiber)或光导902、以及偏振分光镜(polarizing beam splitter)904组成。由激光906产生的激光沿光学路径910传播,再经由扩散器903及非偏振保持光纤或光导902而去偏振(depolarization)。促成所述去偏振过程的各因素在统计上为相互独立的,因此,部分改变后的偏振状态的光束具有极低的同调性。在一个实施方式中,激光906可为二极管激发固态激光(diode-pumped solid-state laser;DPSS)、半导体激光或气体激光。然而,本领域技术人员将理解,上述类型的激光在本文中仅作为示例,且所述概念并不受限于任何特定激光类型或特性。因此,任一现有适宜或之后研发的激光,皆可作为本发明的各实施例中照明光源之用。应注意,如图9的配置中所示,激光906可用于以上文所述的方式进行材料处理(烧蚀,ablation)。为此,图9所示的配置设有翻转选截镜(flip pick off mirror)912,该翻转选截镜912被设计成通过沿对应的两个光学路径910及911选择性地引导激光的光输出来实现在激光906的两个操作模式之间的切换。

[0050] 半波片901容许对原始偏振及已解耦偏振(decoupled polarization)相对于偏振分光镜904的反射/透射偏振(reflected/transmitted polarization)的方向进行调整。偏振分光镜904容许反射具有最高强度的原始偏振方向905、或具有最低强度的已解耦偏振方向907或其组合。由偏振分光镜904所产生的已解耦偏振907用于物体的照明。

[0051] 照明系统被配置成能够根据操作者操作开关909的选择而轻易地使用具有不同波长的若干不同光源908(同调光源及非同调光源)。

[0052] 在本发明的一个或多个实施例中,由各种光源所产生的照明光经由相同光纤或光

导902而被传递至中继光学器件801。为高效地将到达中继光学器件的照明光的角度控制为使其分布在预定立体角范围内,光纤的可调光圈渐晕输出被用于将光传递至中继光学器件。该光纤输出与该中继光学器件之间的距离805(参见图8)也为可调参数。传递照明光的光纤的输出孔径的直径、以及光纤输出与中继光学器件801之间的距离805的参数具有可调性,故能够滤除不需要的照明光线,并甚至能够将非同调光源转换成具有受控的角频谱的光源,从而充分地利用上述光源的特性的优点。

[0053] 为了减少由非透明材料703(参见图7)的表面或界面直接反射的光、以及相对于光轴具有小倾角的光的量(其无法由管状透镜前面的光圈702消除),可在中继光学器件模块内安装完全不透明或局部不透明块704。该块用以减少或从照明光束中移除相对于光轴具有小倾角的光线,该光线使照明光束变中空或变迹。该方法能够在物体平面内调变照明强度分布。

[0054] 在本发明的一个或多个实施例中,通过将分光镜置于远场校正物镜与观察照相机的管状透镜之间,使照明光束耦合至远场校正物镜。本发明的一个或多个实施例利用具有照明光波长的照明光源,该照明光波长可由在400纳米至1100纳米波长范围内具有灵敏度的常规电荷耦合器件(CCD)或互补金属氧化物半导体(CMOS)照相机高效地侦测到。然而,本领域技术人员将理解,所述概念并不仅限于本文所提供的波长范围。使用本领域技术人员所熟知的且可广泛购得的CCD或CMOS器件进行图像采集会降低侦测系统的成本并同时提供高的像素密度。在该配置中,理想的是从有利的候选波长中选择最短波长,以保持最高的光学解析能力。并且,在本发明的一个或多个实施例中,提供窄频带照明光源,以容许窄频谱窗口的使用并提高对比度。

[0055] 所述视觉系统的上述各实施例能够允许在衍射限制的分辨率情况下获得埋设于非透明材料下的物体特征的高质量图像,该衍射限制的分辨率取决于远场校正物镜、管状透镜、以及设置于该物镜与该管状透镜之间的渐晕/阻挡组件的特性。

[0056] 如上所述,在各种实施例中,具有受控的角频谱的光源可为激光、激光二极管(LED)、或任一非同调光源(例如一白炽灯),其输出光经适当过滤以确保光源的每一点皆仅在特定角度方向上或在特定角度方向周围的小立体角内发光。该角度方向以及上述立体角的分布宽度取决于成像系统的特定设计的光学器件的参数。为确保对物体的均匀照明,可使用角度光束强度调变器(angular beam intensity modulator)(例如扩散器和/或光束变迹块)来调节由照明光源所产生的光束的强度。在本发明的一个或多个实施例中,照明光源可操作于800纳米与1200纳米之间的可见光波长范围中。

[0057] 在本发明的一个或多个实施例中,二极管激发固态激光906的纳秒输出用于双重的目的,包括材料处理(参见图9中的输出911)以及视觉系统的视场照明。这种配置使得能以实时模式(on-the-fly mode)实现极快的图像采集,并容许电子传感器具有两种快门(包括滚动快门以及全局快门)的电子传感器。在这样的两个快门的配置中,效率实质上是相似的,这是由于激光906的照明脉波宽度(pulse duration)远短于图像传感器在图像信号采集期间的行进距离的长度。

[0058] 在本发明的一个或多个实施例中,照明光源为产生实质上单色照明光的单色光源。在相同或不同实施例中,光学装置更包括颜色检查子系统,该颜色检查子系统包括白色照明光源,该白色照明光源产生白色照明光。可提供开关模块,该开关模块可选择使用单色

光与白色光来照明物体。在所述概念的一个或多个实施例中,该光学装置包括开关,该开关用以可选择地将单色照明光源与白色照明光源耦合至照明路径。本领域技术人员将理解,在这种系统中,可兼具物体的单色图像与彩色图像,并可提高某些物体特征的可侦测性(detectability)。

[0059] 在本发明的一个或多个实施例中,由中继光学器件导引的照明光线的倾角在介于0度与5度之间的范围内变化。本领域技术人员将理解,上述角度范围在本文中仅作为示例,且所述概念并不仅限于任一特定倾角或倾角范围。

[0060] 在本发明的一个或多个实施例中,照明光脉波的能量在1mJ与2mJ之间的范围内变化。本领域技术人员将理解,上述能量值在本文中仅作为示例,且所述概念并不仅限于任一特定光脉波能量或光脉波能量范围。

[0061] 在本发明的一个或多个实施例中,作为具有受控的角频谱的光源的特征的立体角在0球面度与0.16球面度之间的范围内变化。本领域技术人员将理解,上述立体角范围在本文中仅作为示例,且所述概念并不仅限于任一作为具有受控的角频谱的光源的特征的特定立体角或立体角范围。

[0062] 当为侦测及辨识缺陷而检查具有重复图案(例如像素数组)的微型电路时,因要解析的特征具有小尺寸而需要使用具有高分辨率的光学系统,且因要检查大量的像素而需要电子侦测系统具有高采集速率。因此,优选地,可利用机器视觉技术来自动执行检查过程。因图像采集速率高(在某些实施例中可达到每秒50帧至100帧)且视场大(在某些实施例中最大可为600微米至800微米)、同时所需的分辨率高(通常为1微米至2微米),优选地应使用具有高像素数量的图像传感器。另一方面,所用的图像分析方法或机器视觉技术必须非常简单,以便能够实时或近乎实时地处理大量数据,从而处理所采集的图像并较早地或在需要进行校正或决定下一事件(例如下一图像采集或新任务)发生前产生所需的校正或决定。

[0063] 带有光学透明或半透明特征(例如LCD面板上的主动ITO层或滤光片层)的电路可能具有技术纹理(technological texture),该技术纹理将作为机器视觉系统的大量特征而出现。一般情况下这些特征并不包含缺陷,处理时会对执行图像分析的计算机资源造成很大的负担。然而,在某些应用中(例如人工检查),这些特征对于成像装置而言必须可见。因此,需要从所形成的物体图像中,利用灵活且可控的硬件光学手段选择性地滤除这些特征。

[0064] 本发明的一个或多个实施例中,操作者控制光学成像系统的照明光束的各参数,以使某些物体特征在所形成的物体图像中变得实质上或完全不可见。为实现该功能,具有受控的角频谱的光源的发光孔径必须足够大以完全填充远场校正物镜的入射光瞳,并且中继光学器件必须被调整成将照明光聚焦于物体的表面上。在这样的条件下,物体的每一点皆以特定物镜数值孔径(NA)所容许的照射光线最大倾角而被对称地照明。在上述照明条件下,相较于周围材料而具有较小折射率变化、且以低高度的矮坡为特征的物体特征将不可见。为了实现上述照明配置,用于使光纤产生渐晕的可调光圈必须被打开,并且光纤与中继光学器件之间的距离必须被调整成能够将照明光束聚焦于物体上或在物体平面上形成照明光源的图像以获得区域光源。

[0065] 本发明的一个或多个实施例亦使得能够通过渲染突显所述物体特征并使其可易于解析。这需要缩小上述发光孔径并形成入射于该物体上的强发散或会聚光束。

[0066] 因此,使用者可通过以所述方式控制照明光束的特性,从而使形成的物体图像突

显某些物体特征而不突显某些物体特征。

[0067] 所述系统的其它光学组件(包括中继光学器件、远场校正物镜、分光镜以及管状透镜)的设计为本领域技术人员所熟知,且这样的组件可广泛购得。

[0068] 最后,应理解,本文所述的过程及技术并非固有地与任一特定装置相关,而是可由各组件的任一适宜组合来实现。此外,根据本文所述的教导内容,可使用各种类型的通用器件。构造专门装置来执行本文所述的方法步骤也可被证明较为有利。上文已结合特定示例阐述了本发明,这样的示例在所有方面皆旨在作为示出性而非限制性说明。

[0069] 此外,通过阅读本说明书及实践本文所揭露的发明,本领域技术人员将易知本发明的其它实施方式。对于具有受衍射限制的分辨率的显示埋设于非透明材料下的特征的系统中,所述实施例的各个方面和/或组件可单独使用或以任一组合使用。本说明书及各示例旨在仅被视为示例性的,本发明的真实范围及精神由以下权利要求的范围阐明。

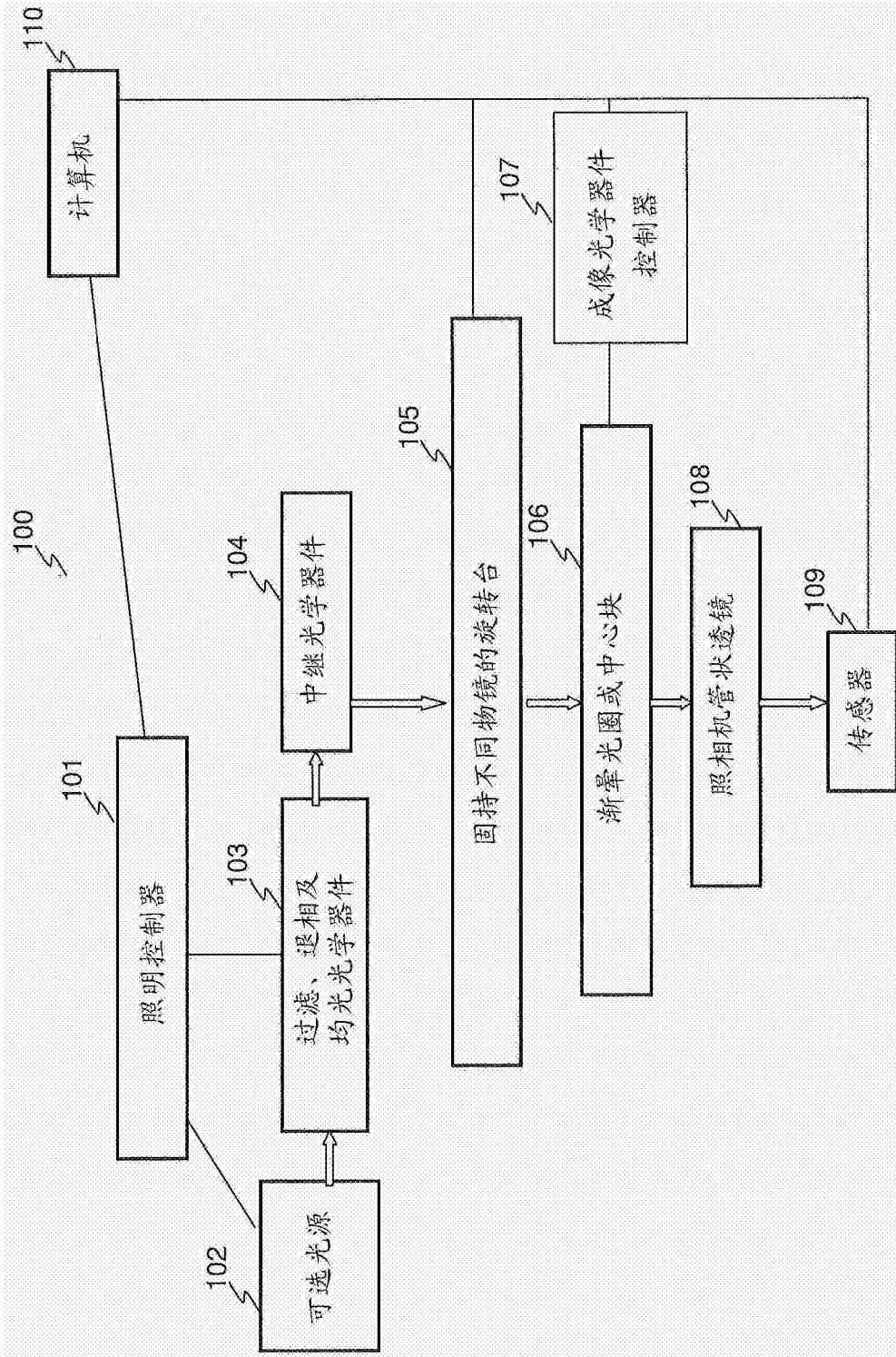


图1

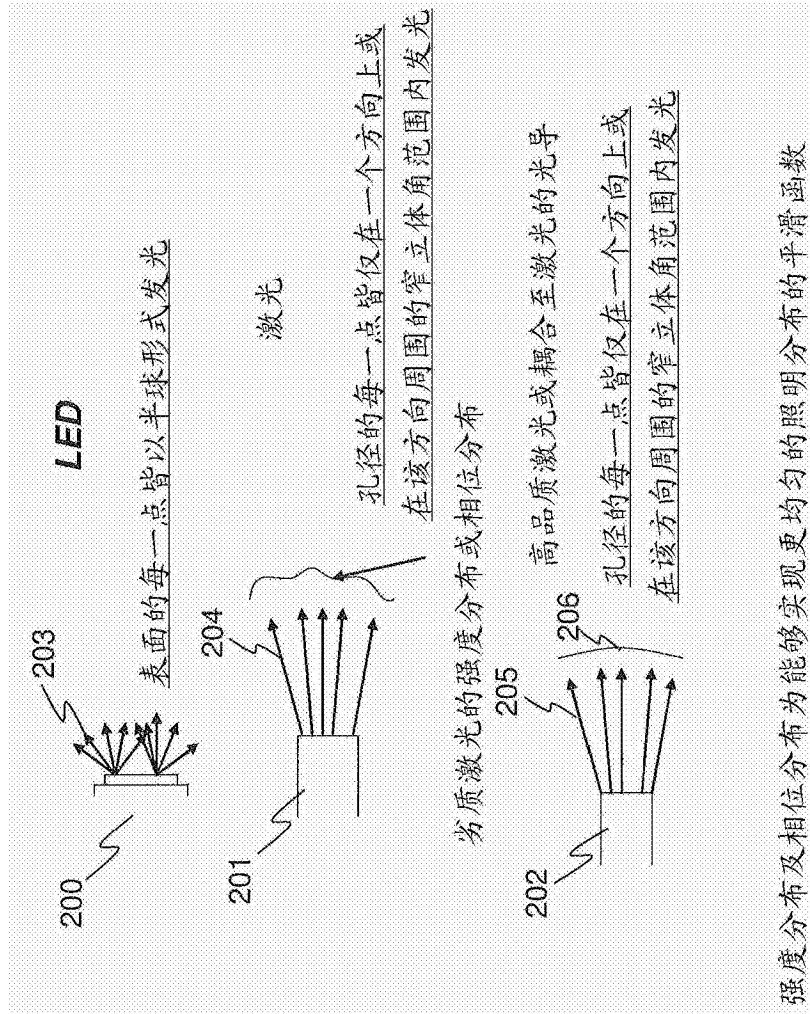


图2

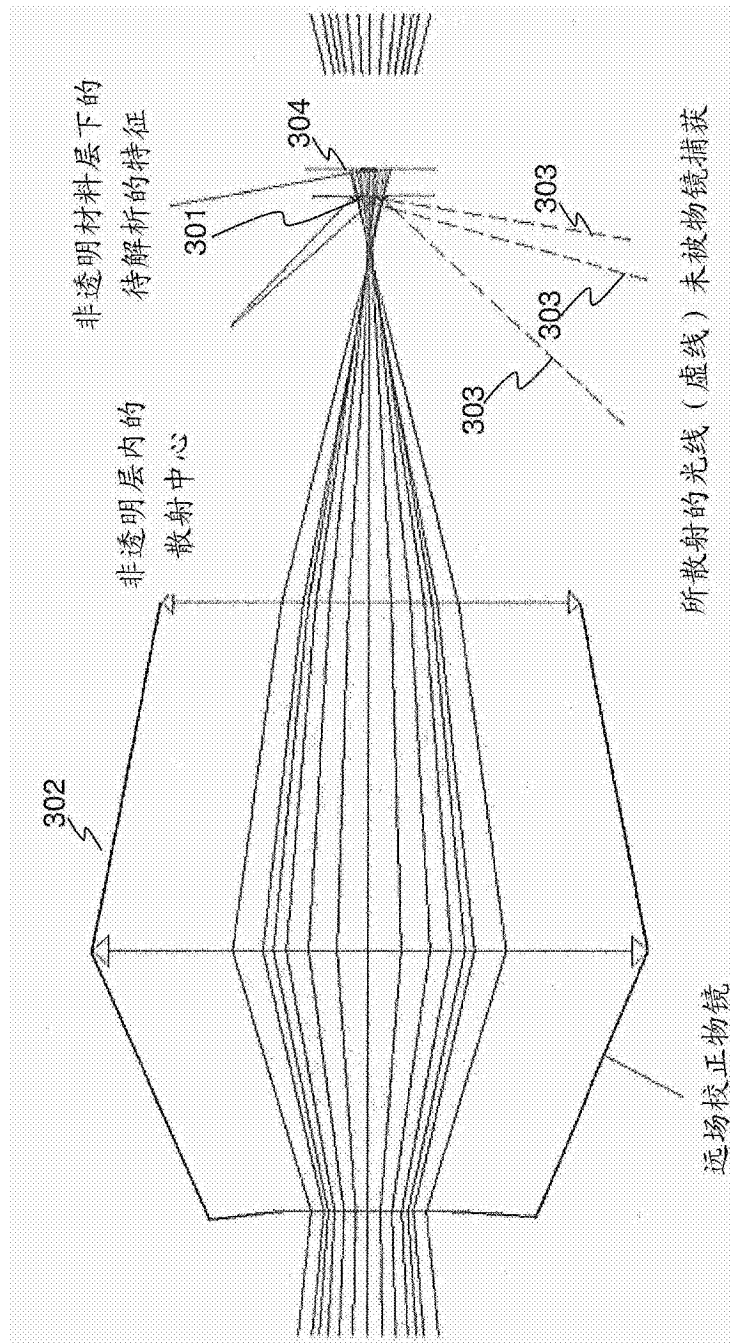


图3

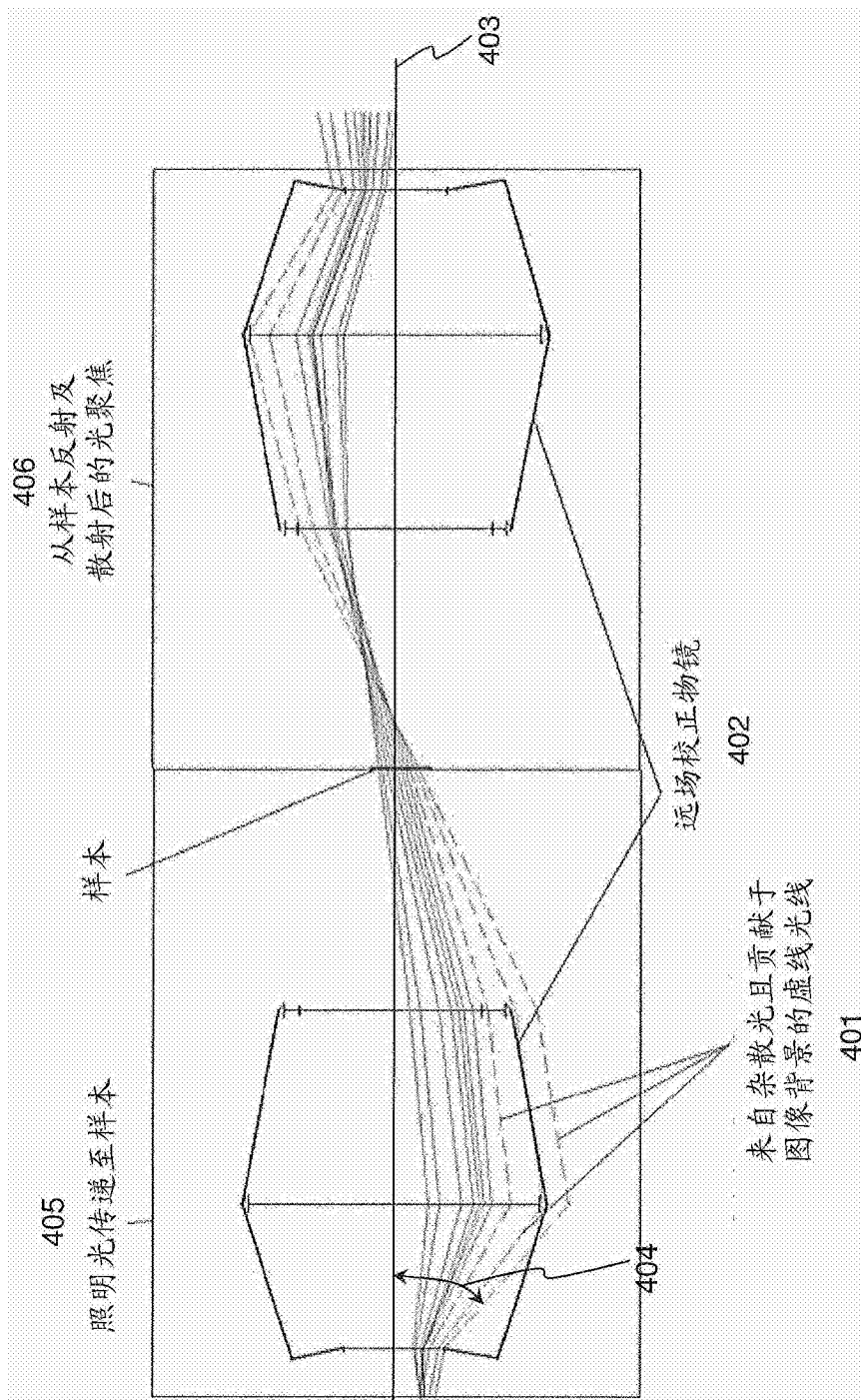


图4

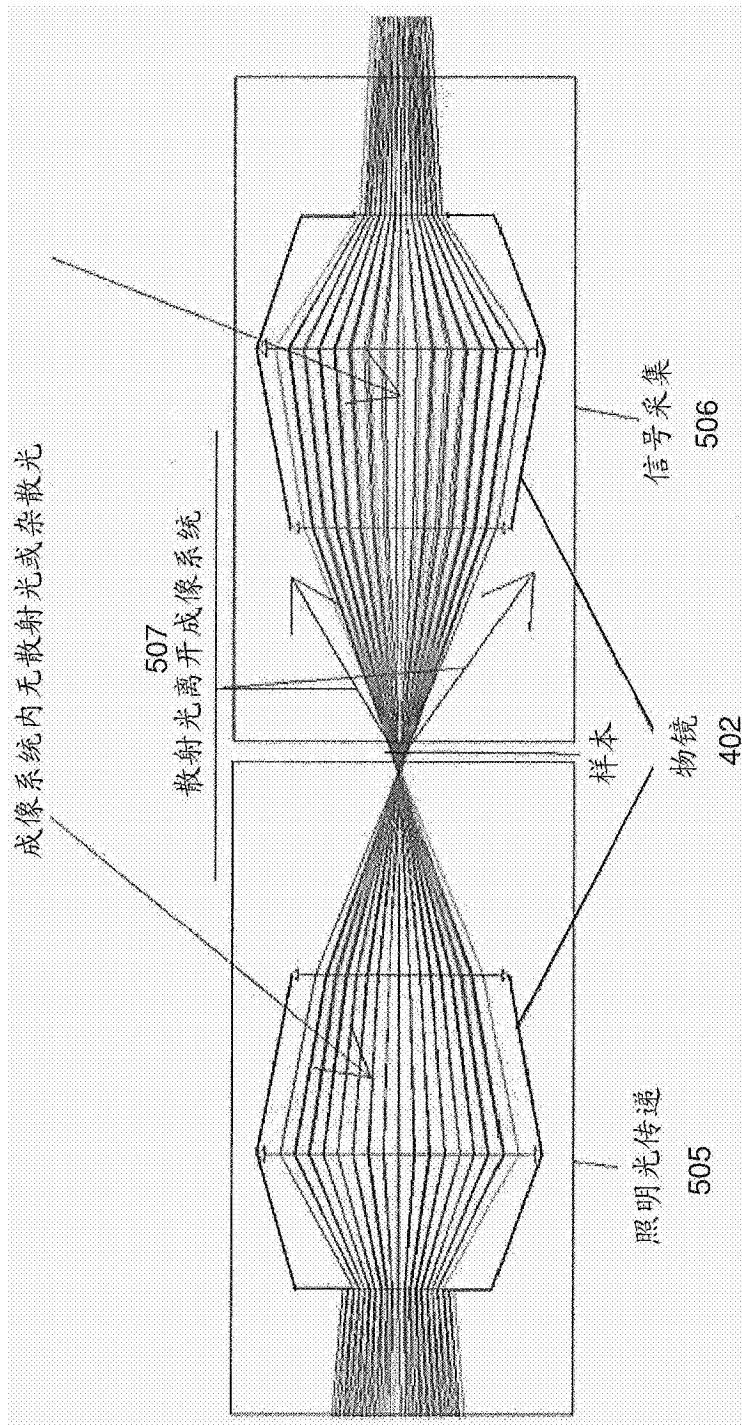


图5

不均匀性会改变虚线光线的折射，被以不同方式折射的虚线
光线导致形成伪图像或改变真实图像的深度及横向位置

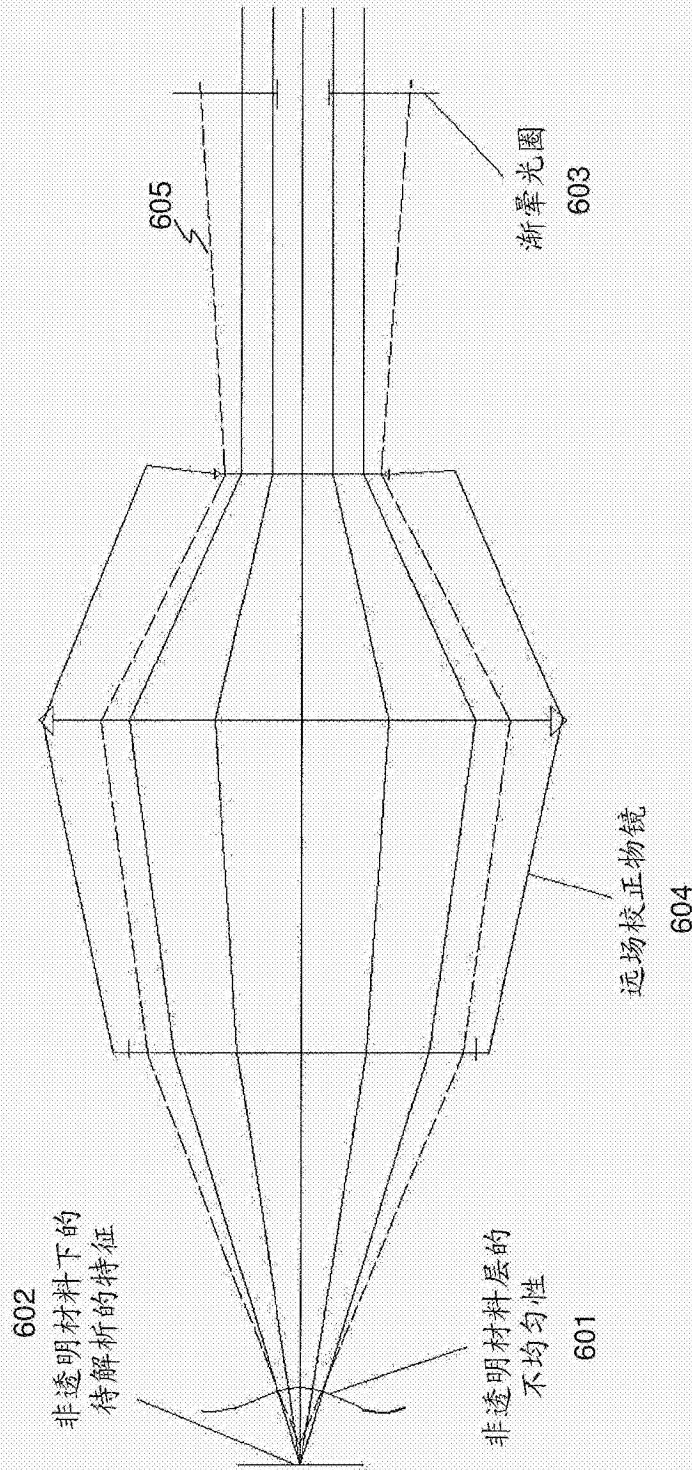


图6

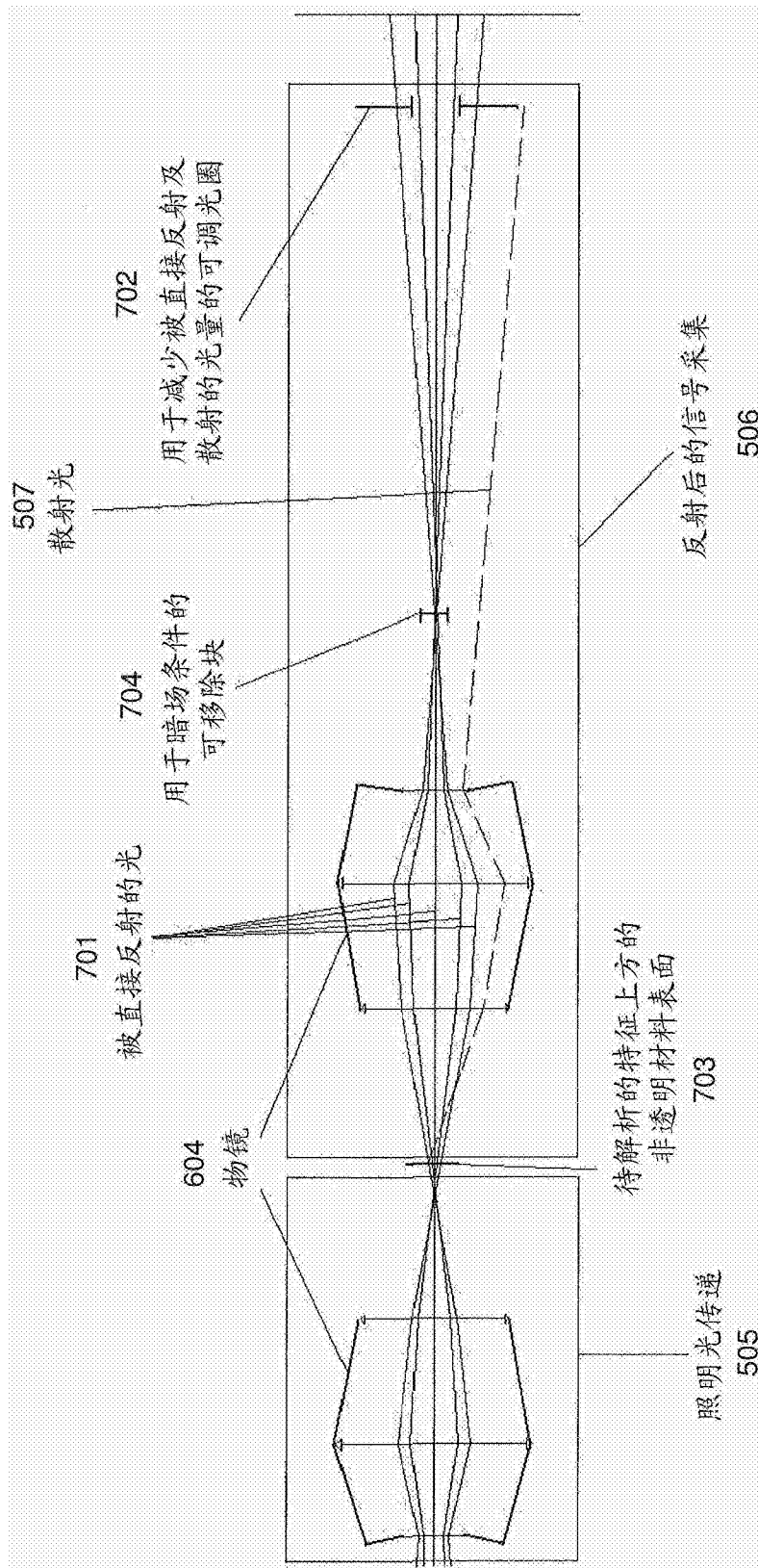


图7

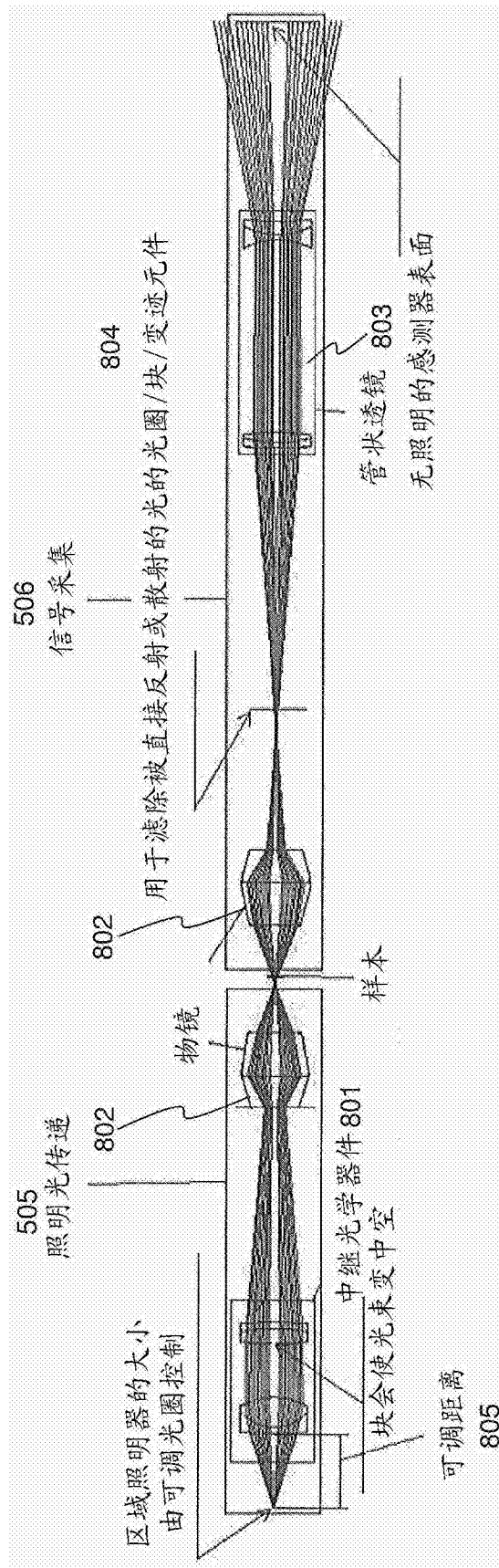


图8

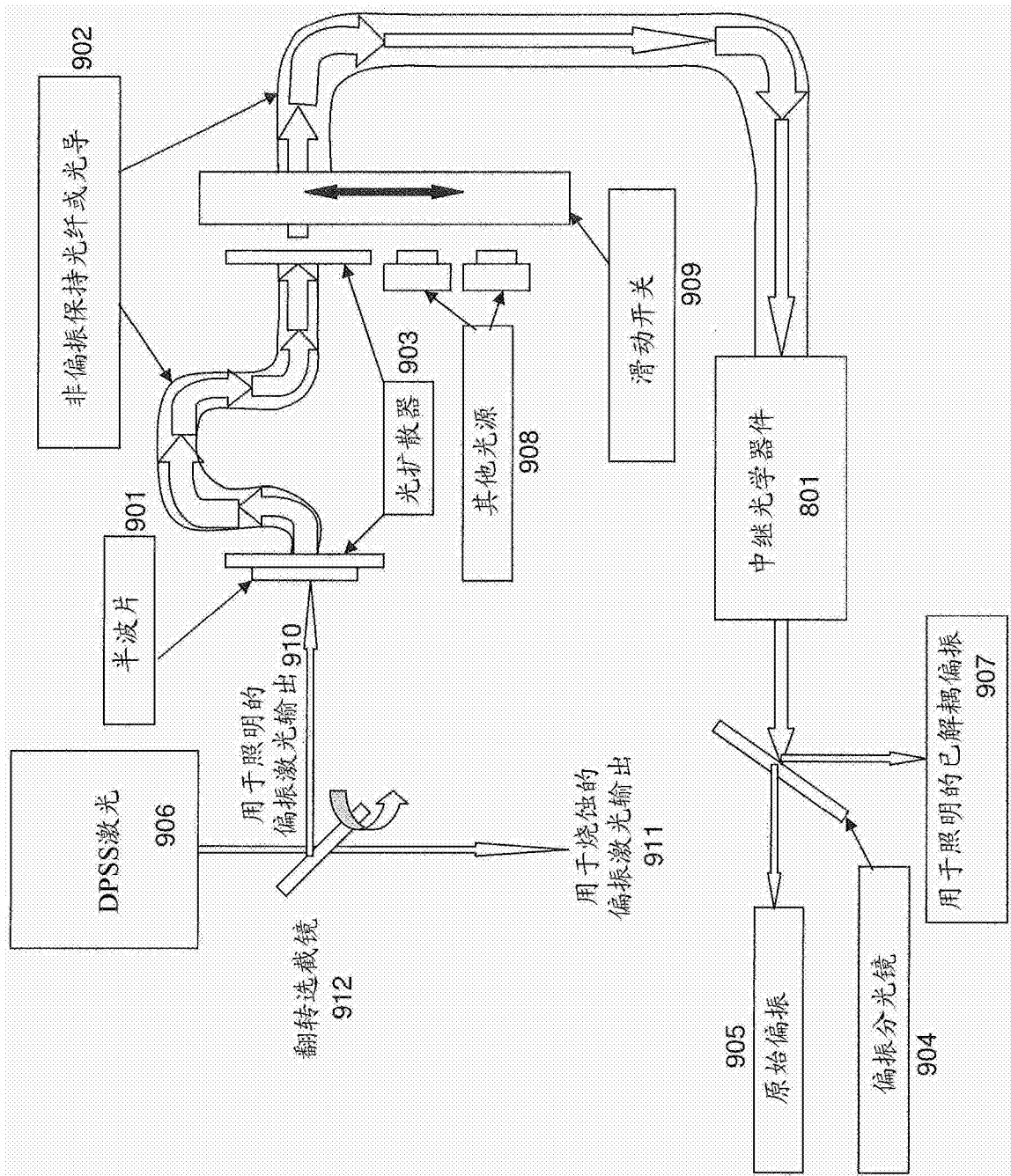


图9