



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105890762 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(21)申请号 201610087856.6

(22)申请日 2016.02.16

(30)优先权数据

10201501196P 2015.02.16 SG

(71)申请人 光浩私人有限公司

地址 新加坡新加坡

(72)发明人 潘宝文

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 梁丽超 王红艳

(51)Int.Cl.

G01J 3/447(2006.01)

G01J 3/45(2006.01)

G01J 3/46(2006.01)

G02B 27/28(2006.01)

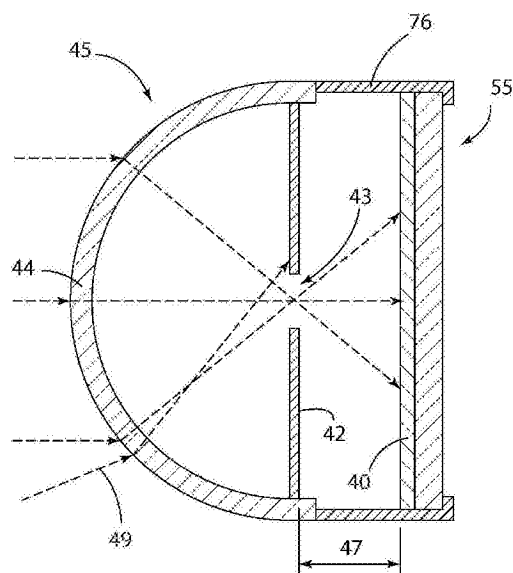
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

小型分光仪

(57)摘要

本发明涉及一种小型分光仪。用于测量目标的光谱特征的分光仪包括供照相机使用的条纹产生光学器件和处理器。条纹产生光学器件由前光学器件和双折射光学器件形成。前光学器件包括适于从目标接收光的扩散器。双折射光学器件适于从扩散器接收光并且生成干涉条纹。照相机适于接收干涉条纹并且处理器生成目标的光谱特征。该分光仪是适用于数字照相机的改善的傅里叶变换分光仪,该数字照相机诸如为移动装置中发现的照相机。



1. 一种用于分光仪的条纹产生光学器件, 所述分光仪从来自目标的光产生干涉条纹并且适用于将所述干涉条纹传输至照相机, 所述条纹产生光学器件包括以组合形式的:

前光学器件, 包括适于从所述目标接收光的扩散器; 以及

双折射光学器件, 适于从所述扩散器接收光并且产生干涉条纹, 所述双折射光学器件包括第一偏振器、第一双折射层、第二双折射层和第二偏振器;

其中, 所述双折射层是平板。

2. 一种用于测量目标的光谱特征的分光仪包括以组合形式的:

根据权利要求1所述的条纹产生光学器件;

照相机, 适于接收所述干涉条纹; 以及

处理器, 适于生成所述目标的所述光谱特征。

3. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述照相机适于生成与通过所述条纹产生光学器件产生的所接收的干涉条纹对应的信号, 所述干涉条纹与单个图像内的多个干涉图相对应; 并且

所述处理器适于通过执行多个所述干涉图中的每一个的傅里叶变换并且通过对所述干涉图的傅里叶变换求平均来计算所述目标的所述光谱特征。

4. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述扩散器包括下列中的一个:

与所述双折射光学器件分离的具有粗糙面光学表面的层;

所述双折射光学器件的第一偏振器的粗糙面前表面; 以及微透镜透镜阵列。

5. 根据权利要求2所述的分光仪, 进一步包括用于所述前光学器件和所述双折射光学器件的壳体, 其中, 所述壳体形成成为装置盖的部分中的一个, 并且被嵌入移动装置;

其中, 所述壳体是在操作位置和非操作位置之间固定的和能够调整的中一个, 在所述操作位置, 所述前光学器件和所述双折射光学器件放置在所述照相机的前面, 在所述非操作位置, 所述前光学器件和所述双折射光学器件没有放置在所述照相机的前面。

6. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述前光学器件进一步包括透镜以及限定光圈的掩模;

其中, 来自所述目标的光穿过所述透镜, 然后穿过所述光圈, 然后穿过所述扩散器, 然后穿过所述双折射光学器件。

7. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述扩散器放置在所述目标与所述双折射光学器件之间。

8. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述扩散器与所述双折射光学器件直接接触。

9. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述第一偏振器放置在所述扩散器与所述第二偏振器之间。

10. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述第一双折射层具有在由X轴和Z轴形成的X-Z平面中以第一角度形成的第一光轴, 其中, 所述Z轴是光穿过所述双折射光学器件传输的方向; 并且

所述第二双折射层在垂直于所述Z轴的平面中具有第二光轴。

11. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述第二双折射层具有与所述第一双折射层的双折射率相反的双折射率, 并且呈第二角度的第二光轴形成在由X轴和Z轴形成的X-Z平面中, 其中, 所述Z轴是光穿过所述双折射光学器件传输的方向。

12. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述第一双折射层具有第一厚度, 所述第二双折射层具有第二厚度, 并且所述第二厚度与所述第一厚度相同; 并且

1/2波板放置在所述第一双折射层与所述第二双折射层之间。

13. 根据权利要求2所述的分光仪, 其中, 所述第一双折射层和所述第二双折射层包括由双轴双折射晶体形成的单个双折射层。

小型分光仪

技术领域

[0001] 本发明涉及分光仪,并且更具体地,涉及适合用于包括用于数字照相机(包括用于移动设备的照相机)的改善的傅里叶变换分光仪。

背景技术

[0002] 分光仪是用于测量在电磁波谱的特定部分上的光的特性(通常用于识别材料)的仪器。测量的变量可以是光的光谱强度或辐射度。傅里叶变换分光仪可以用于可见的、红外的和紫外的频率,并且基于二束干涉或偏振调制现象生成所得的干涉图。所得的干涉图的傅里叶变换对应于入射的光的光谱特征(spectral signature)。

[0003] 一种傅里叶变换干涉仪使用双折射光学器件利用光的入射角产生偏振调制并且生成横穿光学成像器的视场的条纹。例如,Phua等的W0 2011/093794公开了提供2D图像的每个点的光谱特征的高级超光谱成像设备。双折射板的级联被用于产生相对容易处理的线性的(或曲线的)条纹。虽然Phua等是大大简化了产生干涉图所需要的光学器件的优良的设备,但该设备需要扫描,即,必须拍摄非常多的图像。还需要大规模的计算处理来处理非常多的图像以给出图像的每个点的光谱特征。这样的超光谱成像设备的大的处理需求不适用于数字照相机,尤其是那些移动设备中的数字照相机。这部分是由于移动设备中可用的相对有限的处理能力。此外,扫描期间的抖动将会导致引入高的光谱不准确性。

[0004] 其他已知的分光仪相对难以用于除了实验室之外的野外工作(field work),并且它们通常更加昂贵,需要频繁的光谱重新校准,在分光仪可以正常工作之前需要几个显示器/控制器/电力配件,并且完全体积过大而在进行日常工作时并不便于随身携带。因此,尽管分光仪是非常有用的分析仪器,但很少由公众采用并且通常局限于实验室工作。期望提供足够小的用于现有的数字照相机,尤其是结合至传统移动设备中的照相机的分光仪,并且该分光仪重量轻并且在进行日常工作时足够方便来随身携带。期望提供不需要机械扫描的分光仪,并且该分光仪可以以单个快照获取目标的光谱特征,同时仅需要移动设备可以处理的简单的处理能力,而仍然保持高水平的光谱保真度以允许准确和快速的分析。

发明内容

[0005] 根据第一方面,提供一种用于测量目标的光谱特征的分光仪,该分光仪包括供照相机和处理器使用的条纹产生光学器件。条纹产生光学器件由前光学器件和双折射光学器件形成。前光学器件包括适于接收来自目标的光的扩散器。双折射光学器件适于接收来自扩散器的光并且产生干涉条纹。照相机适于接收干涉条纹并且处理器产生目标的光谱特征。

[0006] 通过前述公开和以下多个实施方式的更详细的描述,对于本领域技术人员显而易见的是,本发明在分光仪的技术方面具有显著进步。在这方面尤其显著的是本发明能够提供可以容易地供传统移动设备的照相机使用的小尺寸的高质量分光仪的潜力,从而使得分光仪在进行日常工作时非常便于随身携带。通过以下提供的详细描述,将更好地理解本发

明的多个实施方式的其他特征和优点。

附图说明

[0007] 图1是供移动电话的照相机使用的根据一个实施方式的小型分光仪的分解等距视图。

[0008] 图2是示出为放置在照相机的透镜上的图1的实施方式的条纹产生光学器件的等距视图。

[0009] 图3是示出为远离照相机的透镜放置的图1的实施方式的条纹产生光学器件的等距视图。

[0010] 图4是示出前光学器件、双折射光学器件和照相机的顺序的框图。

[0011] 图5是形成为放置在双折射光学器件的前面的单层扩散器的前光学器件的实施方式。

[0012] 图6是放置在双折射光学器件的前面的形成为透镜的前光学器件、光圈掩模以及扩散器板的另一实施方式。

[0013] 图7至图10示出了双折射光学器件的四个代表性的实例。

[0014] 图11示出由照相机获取的代表性的条纹图像,示出在大体均匀的背景上的线性条纹。

[0015] 图12是由照相机获取的另一个代表性的条纹图像,示出在大体均匀的背景上的稍微弯曲的条纹。

[0016] 图13是从由照相机作为信号获取的条纹图像产生的代表性的单个干涉图。干涉图可以通过横穿条纹图像的单个行绘制像素值而产生。

[0017] 图14示出通过多个光谱特征的求平均的噪声减少的实例。

[0018] 应理解的是,附图无需按比例绘制,而是呈现了说明本发明的基本原理的各种特征的略微简化表示。包括例如双折射层的具体尺寸的如本文所公开的小型分光仪的具体设计特征将部分地由特定预期应用方式和使用环境来确定。示出的实施方式的某些特征已经相对于其它被放大或变形以助于提供清楚的理解。具体地,例如为了说明清楚,薄的特征可能被加厚。除非另有说明,否则对方向和位置的所有参考是指附图中示出的方位。

具体实施方式

[0019] 对于本领域技术人员(即,对于具有该技术领域知识或经验的那些技术人员)显而易见的是,对于本文中所公开的小型分光仪,很多用途和设计变化是可能的。多个可替换的特征和实施方式的以下详细论述将参照适合供数字照相机(诸如结合至传统移动设备中的那些照相机)使用的成像设备示出本发明的一般原理。在给出本公开的优点的情况下,适合于其它应用的其它实施方式对于本领域的技术人员将是显而易见的。

[0020] 现在转向附图,图1是适于与结合至传统移动电话90中的标准数字照相机65结合使用的根据一个实施方式的分光仪10的等距视图。诸如本文中公开的那些分光仪的小型分光仪可以用于获得目标的光谱特征,并且可以用于各种各样的应用中,诸如,比色法应用、环境监测、化学品分析、材料分析和识别、污染物监测、农作物监测、矿物学识别、工业自动化中的光谱应用、医疗诊断以及法医学应用。在给出本公开的优点的情况下,本文中公开的

小型分光仪的其他用途对本领域技术人员将是显而易见的。

[0021] 有利地,分光仪10是小型的并且重量轻的,具有非常小的覆盖区(footprint)。分光仪10包括由前光学器件45和双折射光学器件55组成的条纹产生光学器件12。从由其光谱特征待测的目标反射的或由其产生的光顺序穿过前光学器件45至双折射光学器件55,并且从那里至照相机65(通常为结合至移动设备(在这里为移动电话90)中的数字照相机)。本文中理解的移动设备广泛涉及移动电话、平板电脑、笔记本电脑等,甚至一些应用中的pcs。数字照相机基于其接收的图像产生信号并且接着将该信号中继至产生光谱特征的处理器。条纹产生光学器件12的尺寸优选地充分大以足够覆盖照相机65的整个光圈,但是不需要更大。此外,条纹产生光学器件的厚度充分小,从而设备将几乎与传统移动电话那样容易地放在口袋中。根据另一个非常有利的特征,通常用于电话90中的处理器对于使用本文中公开的分光仪计算目标的光谱特征的来说是足够的。光谱特征和相关的控制界面可以在在移动设备的现有的显示面板上显示和控制,而不需要额外的控制和电力管理配件。

[0022] 条纹产生光学器件12可以放置在壳体80中。此外,条纹产生光学器件12可以在条纹产生光学器件12放置在照相机65的前面的操作位置(图2)与照相机可以以正常方式工作的非操作位置(图3)之间调整。在图1至图3的实施方式中,壳体80是适于放在移动设备上的外部附件,并且在该实施方式中示出为带状的,在电话90的周围延伸并且限定行进通道(run channel)70。条纹产生光学器件12在行进通道70中在位置之间是可滑动的。可替换地,壳体80可以形成为设备盖(未示出)的一部分,并且条纹产生光学器件可以在操作位置和非操作位置之间旋转。可选地,壳体80还可以内置于移动设备中。

[0023] 在操作中,分光仪在相对接近条纹产生光学器件/移动设备使得反射的光主要来自目标的情况下工作效果最好。来自目标的光在本文中理解为通常意味着从目标的表面反射的光或者由目标发射的光或者透射穿过寻找其光谱特征的目标的光。具有照射目标的一致和均匀的光源在归一化测量的光谱特征以获得目标的光谱反射率或光谱吸收率方面是颇有价值的。使用结合至移动设备中的传统数字照相机,该移动设备通常设置有闪光灯或光源77并且该光源在高质量控制下制成,从而光源在电话与电话之间相对一致。光源77通常被设计成能在距照相机一定距离处提供相对均匀的光源,而且该距离通常大于获得光谱特征的正常操作距离。因此,条纹产生光学器件可以可选地设置有如图1至图3所示的光扩散器75。当条纹产生光学器件12(前光学器件45和双折射光学器件55)放置在照相机的前面时光扩散器75将放置在闪光77的前面,并且从而使得光或者闪光相对均匀并一致地照射在目标上。可替换地,光扩散器75还可以在使光扩散之前结合导光件(未示出)以更均匀并一致地照亮目标。分光仪还可以将参考反射材料或表面提供为内置或外部附件以对闪光77的光谱特征进行校准。

[0024] 图4是示出当条纹产生光学器件12在操作位置中时的优选顺序的简单示意图。光穿过前光学器件45,至双折射光学器件55,并且从那里至照相机65。照相机产生信号并且将该信号中继至以以下更详细地描述的方式产生目标的光谱特征的处理器。

[0025] 图5示出形成为单层光学扩散器40的前光学器件45的一个实施方式。扩散器40可以包括用来均匀化或散射所接收的背景光的任何材料。例如,在图5的实施方式中,扩散器40可以包括与双折射光学器件55分离的粗糙面透明层(rough ground translucent layer),可选地紧邻双折射光学器件放置。扩散器40还可以形成为双折射光学器件55的第

一偏振器20的粗糙面前表面。可替换地,扩散器40还可以是微透镜透镜薄片或微透镜透镜阵列以在接收的光进入双折射光学器件55之前将其散射并均匀化。另外,前光学器件45和双折射光学器件55可以包含于框架76中。框架76可以如上所述在行进通道中滑动。用作图5中的前光学器件的简单的扩散器使得分光仪实施成本非常低,小型的并且相对不受任何光学偏差的影响。

[0026] 根据非常有利的特征,扩散器40用来均匀化背景使得由双折射光学器件55产生的和由照相机65获取的条纹图像主要提供目标的光谱特征。在条纹存在于均匀背景的前面的情况下,来自照相机65的单个快照图像足以产生光谱特征,并且不再需要双折射光学器件55的扫描。均匀背景还有利地允许在不需要Phua等中的复杂的处理算法的情况下简单地进行干涉图的傅里叶变换以给出光谱特征。这意味着光谱特征现在可以通过使用现有的移动设备的处理能力而简单地并迅速地获得。在均匀背景的情况下,如在图11或图12中的任意一个所示,单个条纹图像可以有利地提供非常多的单个干涉图(很容易地多于一千个),其傅里叶变换给出目标的光谱特征。通过采用这些大量的光谱特征的平均值,可以获得具有显著减少的噪声的目标的高质量的光谱特征。

[0027] 在图5中的实施方式测量由扩散器40均匀化的光的光谱特征时,当所关注的目标相对接近(最优选地距条纹产生光学器件/移动设备小于几厘米)时其效果很好。图6中的实施方式给出测量中的一些方向性并且允许分光仪瞄准并测量更远(例如,远到几米)的目标的光谱特征。前光学器件45被形成为额外的聚焦透镜44和限定光圈43的掩模42,该光圈限制穿过扩散器40的光的量。光圈43与扩散器40隔开距离47。追踪光线示出了该实施方式如何限制从侧面入射的光49,这些光通常远离寻找其光谱特征的目标。距离47优选地被设置为使得在扩散器40处由追踪光线覆盖的区域大于照相机65的光圈的横截面积。

[0028] 对于双折射光学器件55,可以使用双折射棱镜或平坦平行双折射板。然而,通常,由于与移动设备一起操作的空间限制和设计的简单性,优选平坦平行板双折射层。在平坦平行板双折射层的情况下,双折射光学器件55可以构造为1mm薄。图7示出小型分光仪的双折射光学器件55的一个实施方式的示意性光学布局。从想要其光谱特征的目标反射的光投射穿过前光学器件45并且具有沿着Z轴延伸的光轴。Z轴是如图7所示的纸的平面中的水平轴。光穿过具有第一偏振角度21的第一偏振器20。偏振角度21被示出为形成在X-Y平面中。X-Y平面通常垂直于Z轴(光透过双折射光学器件55,从前光学器件45至数字照相机65的方向)如图7所示。偏振器透射在X-Y平面中以偏振角线性偏振的光。根据一个实施方式,偏振器角度相对于X轴可以是 45° 。穿过偏振器的光是线性偏振光束,该光束被透射至具有以第一角度形成的第一光轴23的第一双折射层22,然后透射至具有以第二角度形成的第二光轴29的第二双折射层24,并且然后透射至第二偏振器(有时称为分析器)26。双折射层22、24例如可以由方解石形成。双折射光学器件协作以产生图12的有规则的曲线条纹的图像,所述有规则的曲线条纹投射穿过将光聚焦在移动设备的数字照相机65的检测器阵列上的透镜。第二偏振器26具有与偏振器角21相关的第二偏振器角31。优选地,第二偏振器角度与相对于X轴的第一偏振器角相同或者相对于第一偏振器角成 90° 角度以得到最大的条纹对比度。例如,第一偏振器角度21相对于X轴可以是 45° 或 -45° 并且第二偏振器角度31相对于X轴可以是或者 $+45^\circ$ 或者 -45° 。

[0029] 在穿过第一偏振器20之后,线性偏振的光穿过第一双折射层22,使得光分成是偏

振光的正交分量的两个光束。这些分量有时称为非寻常光线或e光线以及寻常光线或o光线。e光线和o光线具有不同的折射率。o光线折射率是恒定的并且与光传播的方向无关,而e光线的折射率随着光传播的方向变化。因此,穿过层22的一个光线行进得比另一个光线更快导致e光线和o光线之间的相位差。所得的相位差是层22和光的几个特性(包括e光线和o光线在层22内的传播方向,层22相对于第一光轴23的交角,包含第一光轴23的平面和光入射的平面之间的角度,偏振光的波长,层的厚度25以及层22的材料)的函数。该相位差随着光进入双折射光学器件55的入射角而变化。

[0030] 在图7的实施方式中,第一双折射层22放置在第一偏振器20和第二双折射层24之间使得e光线和o光线射出第一双折射层22并立即进入第二双折射层24。优选地,双折射层22、24彼此直接接触。第二双折射层24具有与第一角度23相关的第二光角29。在图7的实施方式中,第二双折射层24通过使得第二双折射层的慢轴正交于第一双折射层的慢轴补偿由第一双折射层22产生的相位差。第二双折射层中补偿的相位差的量是层24和光的几个特性(包括e光线和o光线在层24内的传播方向,层24相对于第二光轴29的交角,偏振光的波长,层的厚度27以及层24的材料)的函数。在图7的实施方式中,当射出第二双折射层24,将存在随着光进入产生光的偏振调制的双折射光学器件的入射角而变化的净相位差。当该光由第二偏振器26分析时,其利用入射角产生透射光强度的调制。该强度调制表现为如图12中所示的由照相机65检测的图像中的曲线条纹。

[0031] 在图7的实施方式中,仅两个双折射层被用于产生的曲线条纹。第一双折射层22的第一光轴23在X-Z平面中与X轴成一定角度,其中X-Z平面由X轴和Z轴限定并且Z轴是穿过双折射光学器件的光的传播方向。可选地,第一光角在从X轴的 -90° 至 90° 之间,并且更加优选地,与X轴成 $\pm 45^{\circ}$,因为这个角度与最小化层厚度并允许减少计算处理的条纹的产生相关联。在该实施方式中,第二双折射层24的第二光轴29在Y轴的 $\pm 20^{\circ}$ 以内,并且更加优选地,垂直于Z轴并沿着Y轴。这也可以表示为相对于X轴或Z轴成 90° 角度。在这些实施方式中,第二光角29在正交于第一光角23的平面中并且在垂直于Z轴的平面中。 45° 的第一光角和 90° 的第二光角与最小化层厚度并允许减少计算处理并且因而是优选的条纹的产生相关联。在图7的实施方式中,层22和层24两者具有正的双折射率,使得寻常光线的速度大于非寻常光线的速度。尽管在这个实施方式中陈述了 45° 的第一光角和 90° 的第二光角,但相似的结果可以通过分别调整厚度25、27或者层22、24的材料选择来利用其他角度而实现。当射出第一双折射层时,偏振光束进入第二双折射层。第一双折射层中的e光线在第二双折射层中变为o光线。同样地,第一双折射层中的o光线在第二双折射层中变为e光线。在该实施方式中,正的第一双折射层22的厚度25不同于正的第二双折射层24的厚度27并且两个晶体均可以由正的双折射的相同的或不同的双折射材料制成。

[0032] 上述实施方式可以通过调整第一层的第一角度或者双折射率而改变,但是如果调整双折射率,那么必须同样调整第二层的双折射率。例如,正的第一双折射层22可以具有位于X-Z平面与X轴成 -45° 的光轴。对应的第二双折射层24具有与在以上段落中描述的相同的第二角度,并且具有正的双折射率。如果第一层22的双折射率转换成负的双折射率,那么第二层24的双折射率被相似地转换成负的。两个层具有相同的双折射率仅仅意味着它们具有相同的双折射率的符号,更具体地,两个均是正的或者均是负的。在这些实施方式中的每个中,第二厚度27小于第一厚度25。图8示出其中第一双折射层22和第二双折射层124是不同

的材料的另一个实施方式的示意性的光学布局。层22、124具有相反的双折射率仅仅意味着在一个是正的时候另一个是负的。第一双折射层22的光轴位于X-Z平面并且第二双折射层124的光轴同样位于X-Z平面。第一角度23可以在大小上与第二角度129相同但是相对于X轴具有相反的符号。第一层22具有正的双折射率并且第二层124具有负的双折射率。可选地,第一光角23在从X轴的 -90° 至 90° 之间并且第二光角129在从X轴的 90° 至 -90° 之间,并且更加优选地,它们与X轴成 $\pm 45^{\circ}$,如图8所示,因为这个角度与最小化层厚度并允许减少计算处理并且因而是优选的条纹的产生相关联。另外,层的双折射率可以转换使得第一层22具有负的双折射率并且第二层124具有正的双折射率。因为层22、124包括不同的材料,所以在所得的信号中引入了啁啾信号(chirp)。啁啾信号有利地帮助减少了改善信噪比所需的动态范围。

[0033] 如与图7的实施方式一样,第一双折射层22的厚度25与正的第二双折射层124的厚度127不同。另外,来自偏振器的线性偏振光束进入第一双折射层22并且被分为两个偏振分量—o光线和e光线。当射出第一双折射层时,e光线和o光线进入第二双折射层124。利用具有相反双折射的图8的实施方式,第一双折射层中的e光线在第二双折射层中保持为e光线。同样,第一双折射层中的o光线在第二双折射层中保持为o光线。在以上所有实施方式中,当射出第二双折射层时,在e光线与o光线之间将存在净相差。该相差随着光进入双折射光学器件55中的入射角而变化并且产生光的偏振调制。当该光由第二偏振器26分析时,其利用入射角产生透射光强度的调制。当通过照相机65检测时,该强度调制表现为图11中示出的干涉图中的线性条纹。

[0034] 图9公开了双折射光学器件55的另一实施方式。在此,相同的双折射材料用于双折射板22、224并且这些板具有与图8的第二实施方式相同的光轴23、229,但是这些板具有相等的厚度25、227。可选地,第一光轴角23在从X轴的 -90° 至 90° 之间并且第二光轴角229在从X轴的 90° 至 -90° 之间,并且更优选地,它们与X轴成 $\pm 45^{\circ}$,因为这些角与使层厚度最小化允许缩减的计算处理并且因此是优选的条纹的生成相关联。为了为此调整并且为了产生有用的干涉图,1/2波板或减速器(retarder,阻尼器)50被用于转换线性偏振光的偏振。减速器50被放置在两个双折射层22、224之间。如图9中所示,最优选地,第一双折射板、1/2波板和第二双折射层夹在一起。另外,来自第一偏振器20的线性偏振光束进入第一双折射层22并且被分为两个偏振分量—o光线和e光线。当射出第一双折射层时,e光线和o光线进入减速器50并且它们在偏振上被转换,从而当第一双折射层22中的e光线进入第二双折射层224时,e光线变为o光线。同样,第一双折射层22中的o光线在第二双折射层224中变为e光线。当射出第二双折射层时,在e光线与o光线之间将存在净相差。该相差随着光进入双折射光学器件55中的入射角而变化并且产生光的偏振调制。当该光由第二偏振器26时,利用入射角产生透射光强度的调制。再次如图11中所示,该强度调制表现为由照相机65检测的图像中的直线条纹。

[0035] 图10公开了双折射光学器件55的另一实施方式。然而,可以使用单轴或双轴双折射晶体构造双折射光学器件的前三个代表性实施方式,在图10的实施方式中,仅使用双轴双折射晶体。根据非常有利的特征,单个双折射板122用于双折射光学器件55。例如,该单个双折射层122使用诸如磷酸钛氧钾(KTP)的双轴双折射晶体构造而成。双折射层122的两个光轴处于X-Z平面中。可选地,光轴中一个的角度,光轴角23,在 -90° 至 90° 之间,并且更优选

地,层122的光轴中的一个沿着Z轴,因为该角度与要求简化计算处理的条纹的生成有关。

[0036] 对于每一个公开的实施方式,当射出最后的双折射层时,在两个正交偏振光线之间将存在净相差。该相差随着光进入双折射光学器件55的入射角而改变并且产生进入第二偏振器26的光的偏振调制。当该光由第二偏振器26时,产生利用入射角的透射光强度的调制。当通过照相机65检测时,该强度调制表现为图11中的规则的直线条纹(图8和图9的实施方式中)或者图12中示出的规则的曲线条纹(图7和图10的实施方式中)。

[0037] 如上所述,在没有扩散器40的情况下,双折射光学器件55的生成的条纹将重叠在外部来源的图像上。从这杨的图像获取的干涉图的直接傅里叶变换将产生目标的不正确的光谱特征。根据非常有利的元素,扩散器40用来使背景一致和均匀,本质上允许从信号中消除背景场景信息(background scene information),并且从而允许干涉图的直接傅里叶变换给出目标的精确的光谱特征。减少背景数据允许便于处理,这可以通过在传统移动装置中发现的处理器处理。

[0038] 如上所述,利用入射角的强度调制在穿过双折射光学器件55之后在通过照相机65检测的图像中产生如图11中所示的规则直线条纹、或者如图12中所示的规则曲线条纹。图11是使用图8和/或图9的实施方式通过照相机65获取的直线条纹的代表性图像,而图12是使用图7和图10的任一实施方式通过照相机65获取的曲线条纹的代表性图像。通过跨每行图像绘制像素值,获取单个原始干涉图,这示出光强度调制与光进入双折射光学器件55中的入射的角度的比较。将简单的傅里叶变换应用至该干涉图将给出光谱特征。如图11或图12中所示,在均匀背景的情况下,条纹的单个图像可有利地提供大量多个单一原始干涉图(容易地,多于一千),其傅里叶变换给出目标的光谱特征。通过对大量光谱特征求平均,目标的高质量光谱特征测量以明显地降低的噪音而开发。

[0039] 移动装置中的数字照相机通常具有相对大量(几百万)的像素。如图11和图12中所示,在条纹的单个图像内,通常存在多于一千行。每行可产生相应的干涉图。通过为每个干涉图执行傅里叶变换,可获取多于一千的目标的光谱特征。显著地,这可以仅利用由扩散器40使用条纹的单个图像而均匀化的光来全部实现。这些测量的光谱特征用于由扩散器40均匀化的相同光。

[0040] 因此,根据非常有利的特征,可以进行平均以减少测量中的光谱噪音。软件控制模块或者“app”被设计成执行一组特定的目标指令。在这种情况下,app可被结合为初始设备的一部分或者经由标准的因特网连接加载至移动装置上的处理器。软件控制模块基于通过条纹产生光学器件产生的干涉条纹接收信号,所述干涉条纹对应于单个图像内的多个干涉图。对于每个单个原始干涉图,执行傅里叶变换以获取单个光谱特征,然后重复该处理。单个光谱特征被一起平均以产生目标的平均光谱特征。已发现,已知参考的根据经验得出的这个平均光谱特征与这样的已知参考的实际光谱特征良好相关。

[0041] 图14表明该平均技术的实例。示出了三个不同的平均值。通常,越多特征被平均,噪音减少越多。第一曲线是10个光谱特征的平均,示出了明显的噪音。然而,当进行100个光谱特征的平均时噪音减少,并且当进行1000个光谱特征的平均时,噪音减少更多。可以通过移动装置的处理器计算之后进行平均的简单的傅里叶变换。

[0042] 通常结合为移动装置的一部分的处理器通过使用傅里叶变换和平均可用于将与条纹的原始图像对应的由照相机生成的信号处理成处理的光谱特征。在材料分析中,处理

的光谱特征中的特征波长可以是光谱指纹。该光谱指纹可用于与存储在移动装置数据库中的参考光谱进行匹配,或者经由网络远程和访问。

[0043] 材料分析中的有用的光学参数是光谱反射率(或者光谱吸收率)。目标的光谱特征取决于目标的光谱反射率(这是本征材料性能)以及照射目标的光的光谱。如前所述,闪光灯或光源77对每个电话或者每个装置是相对一致的。闪光灯的光谱特征可通过利用已知校准光谱反射率以距参考材料的固定距离测量参考材料的光谱特征来确定。一旦闪光灯的光谱特征是已知的,就可以确定目标的光谱反射率。目标的光谱反射率是利用闪光灯的光谱特征由目标反射的光的光谱特征的分割。

[0044] 目标的光谱特征根据照射在目标上的光而改变。目标在室内照明、室外自然照明、LED、荧光照明等情况下看起来不同。目标的光谱反射率是目标的本征特性,同时目标的光谱特征取决于落在目标上的光(并且反射至光谱计)。根据非常有利的特征,本文中公开的小型分光仪允许用于精确和定制的颜色测量,这作为供应商对潜在消费者(其可被理解为包括大量人群,包括供应商或供应商的代理商和消费者)的销售和市场营销工具是有用的,潜在消费者对不同照明状况下的物品的颜色有特定要求。例如,提供诸如衣物的大范围颜色的物品的供应商例如可为消费者提供物品的光谱反射率以及在大范围不同光源下观看该物品的选择。涉及的步骤基于光谱特征与光谱反射率之间的关系,并且包括校准标准光源(用作标准的,例如,可发现用于网站上的物品的显示)的光谱特征或者使用所校准的闪光灯的光谱特征,测量物品的光谱反射率,并且使物品的光谱反射率对潜在消费者是可用的。接下来,潜在消费者使用该物品的光谱反射率的信息、以及光源的光谱特征或所关注的特定照明条件来确定物品的模拟光谱特征。以这种方式,潜在消费者可以看到在多种不同的照明条件下该物品看起来将是什么样的。

[0045] 更详细地查看使用该小型分光仪的该方法,首先,校准光源的光谱特征。如果闪光灯对每个装置是精确相同的,则工厂校准是足够的。然而,实际闪光灯的光谱特征可能稍微偏离并且可能随着时间劣化,从而参考材料可用于测量闪光灯的实际光谱特征。可替代地,供应商可使用相同技术来校准所关注的预备光源/照明条件。接下来,供应商测量物品的光谱反射率。然后供应商(在此理解为意指供应商或者供应商的代理商)使物品的校准的光谱反射率对于潜在消费者是可用的。例如,这可通过使物品的校准的光谱反射率在供应商的网站上是可用的来完成。这样的潜在消费者可加载物品的光谱反射率并且使用他自己测量或者归档的模拟不同的照明条件(在进迪斯科舞厅、酒馆、明亮海滩等中,LED的外部、内部)的比较光源的光谱特征来确定物品的模拟光谱特征并且使在不同的照明条件下物品看起来是什么样子可视化。

[0046] 通过使用本文公开的小型分光仪明显简化了上述用于进行物品的颜色测量的方法。供应商在测量物品的光谱反射率的步骤期间使用分光仪。供应商也可选地在获取标准光源的光谱特征的第一步期间,使用分光仪。消费者或者潜在消费者可在确定物品的模拟光谱特征的步骤期间使用分光仪。消费者使用的分光仪可与供应商使用的分光仪相同或不同。

[0047] 通过前述公开内容和某些实施方式的详细描述,显而易见的是,在不脱离本发明的真实范围和精神的情况下,可以进行各种修改、增加和其他可替换实施方式。选择和描述所讨论的实施方式以提供对本发明及其实际应用的原理的最佳说明,从而使得本领域的普

通技术人员能够以多种实施方式的方式使用本发明,并且能够以各种修改作为适合于期望的特定用途。在根据公平、合法和公正地赋予的宽度解释时,所有这样的修改和变化都落在由所附权利要求所确定的本发明的范围内。

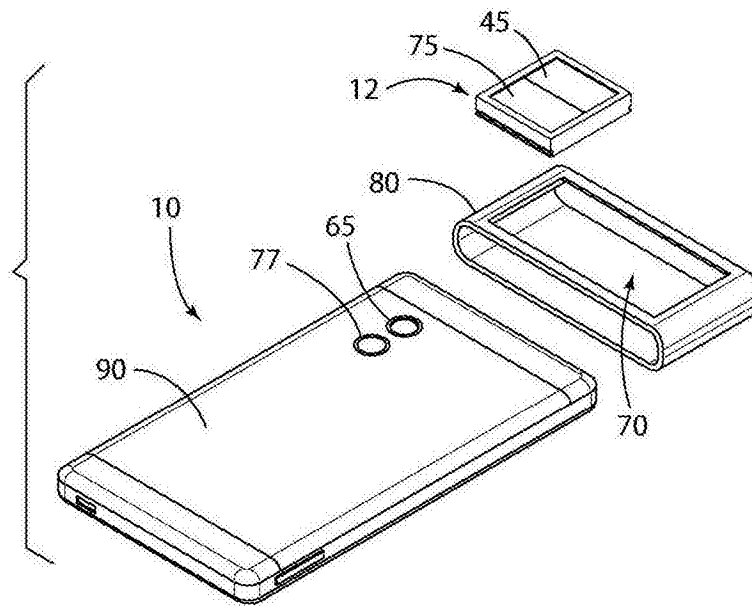


图1

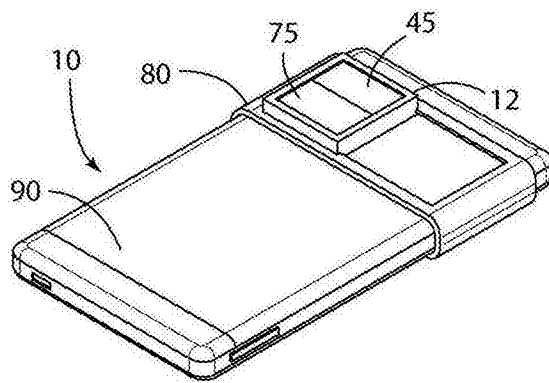


图2

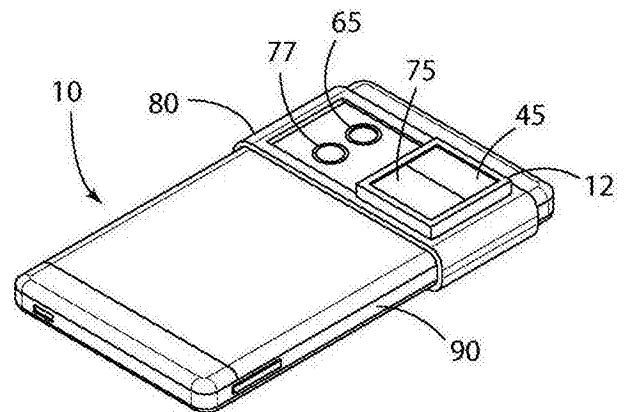


图3

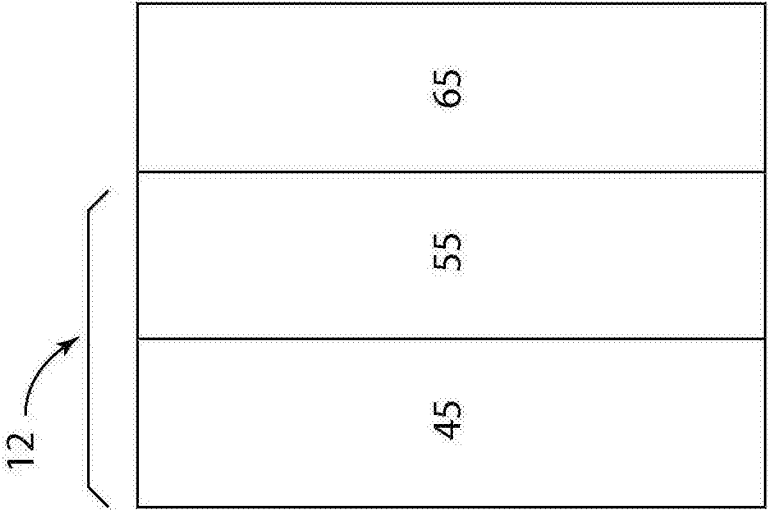


图4

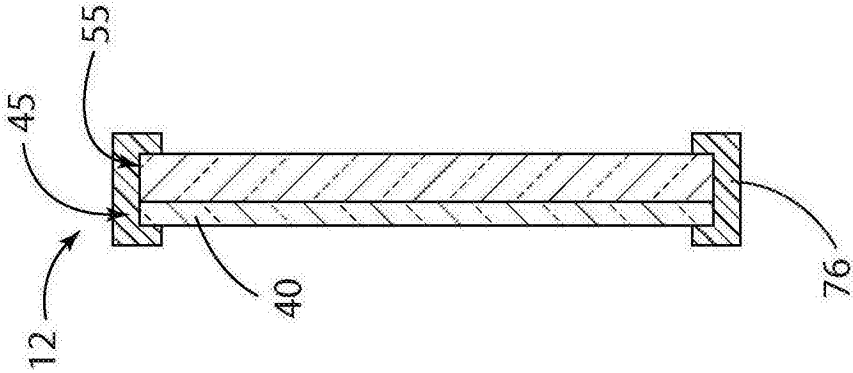


图5

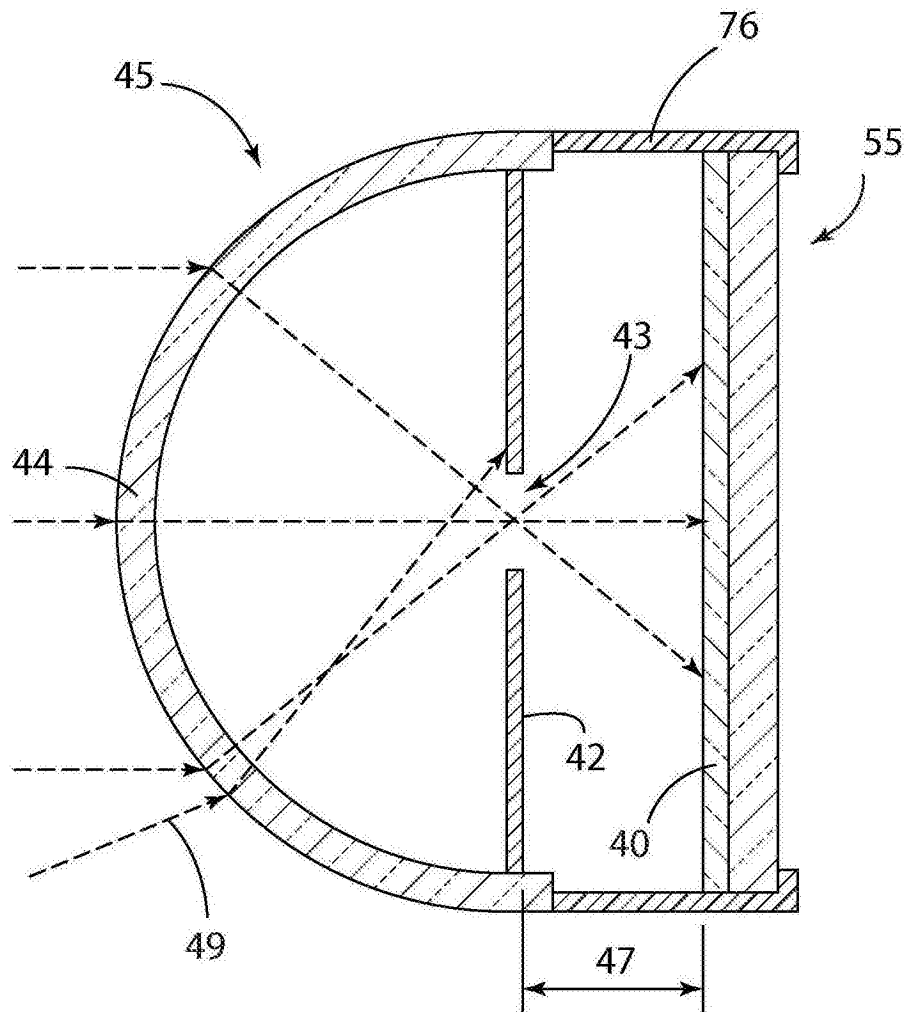


图6

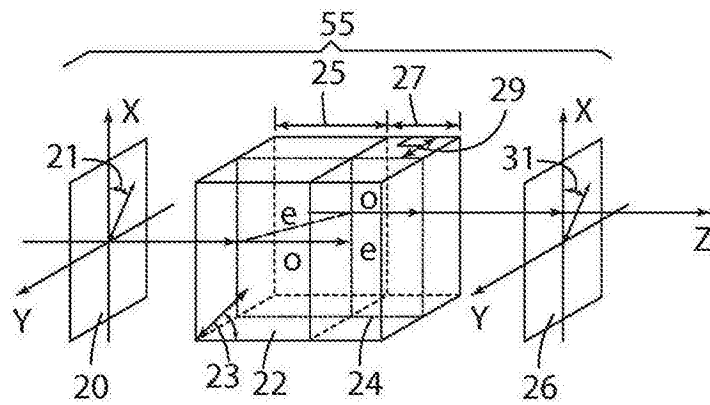


图7

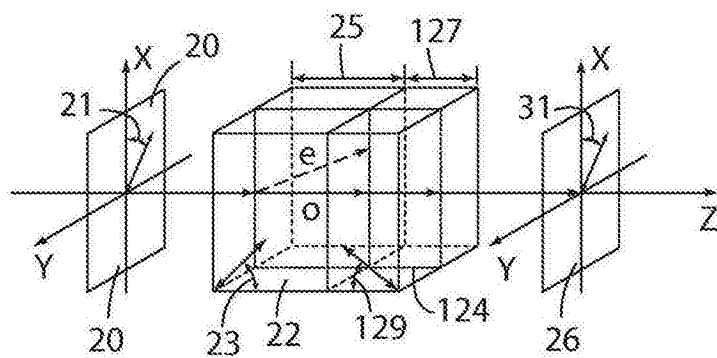


图8

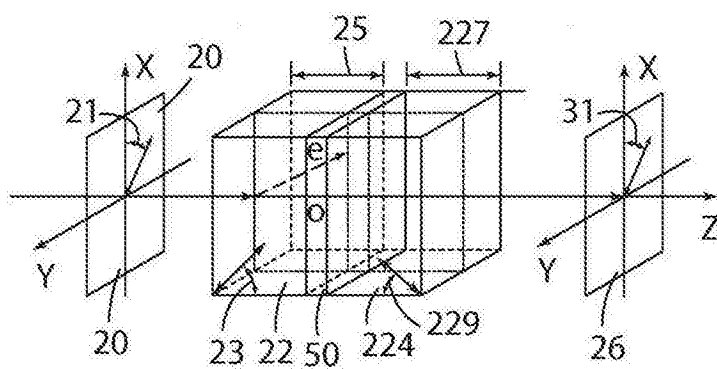


图9

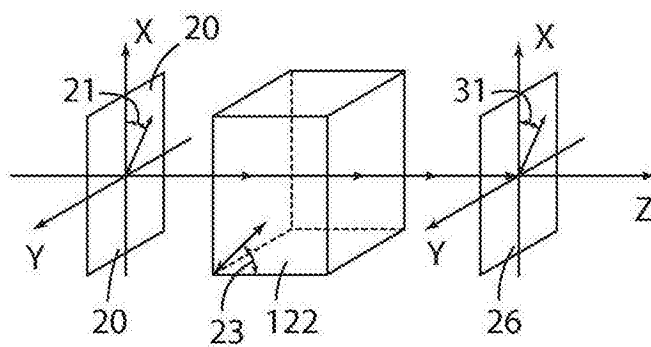


图10

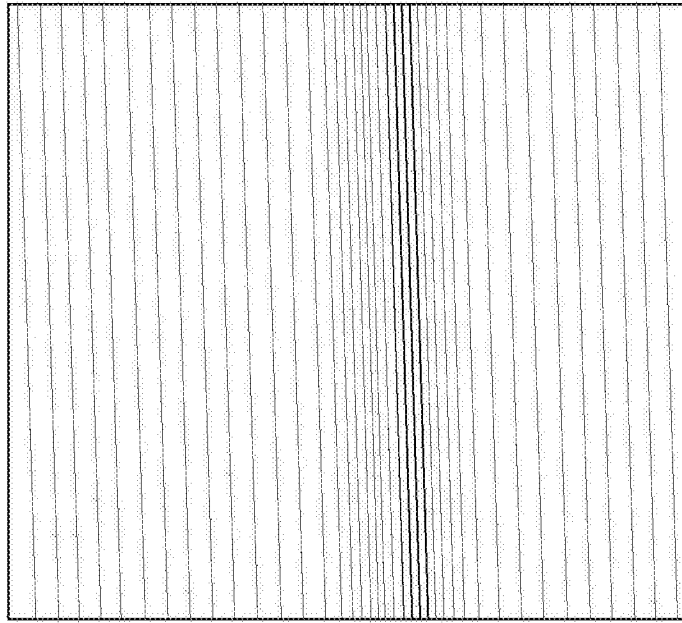


图11

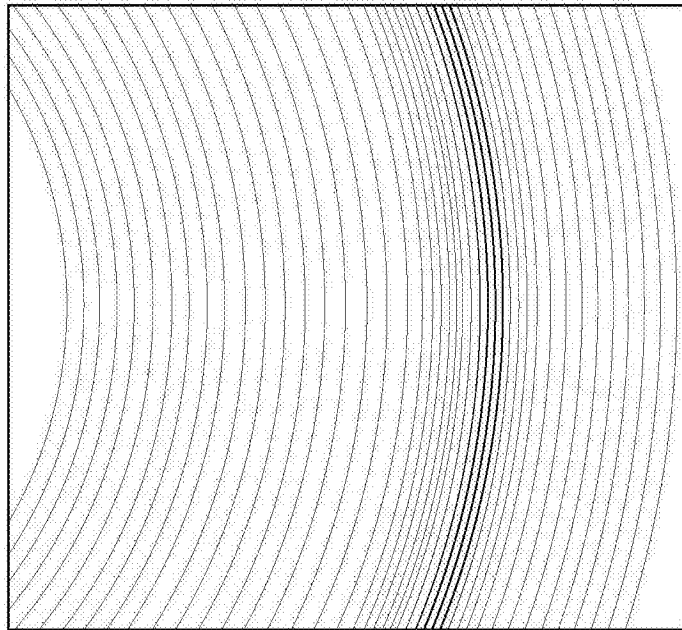


图12

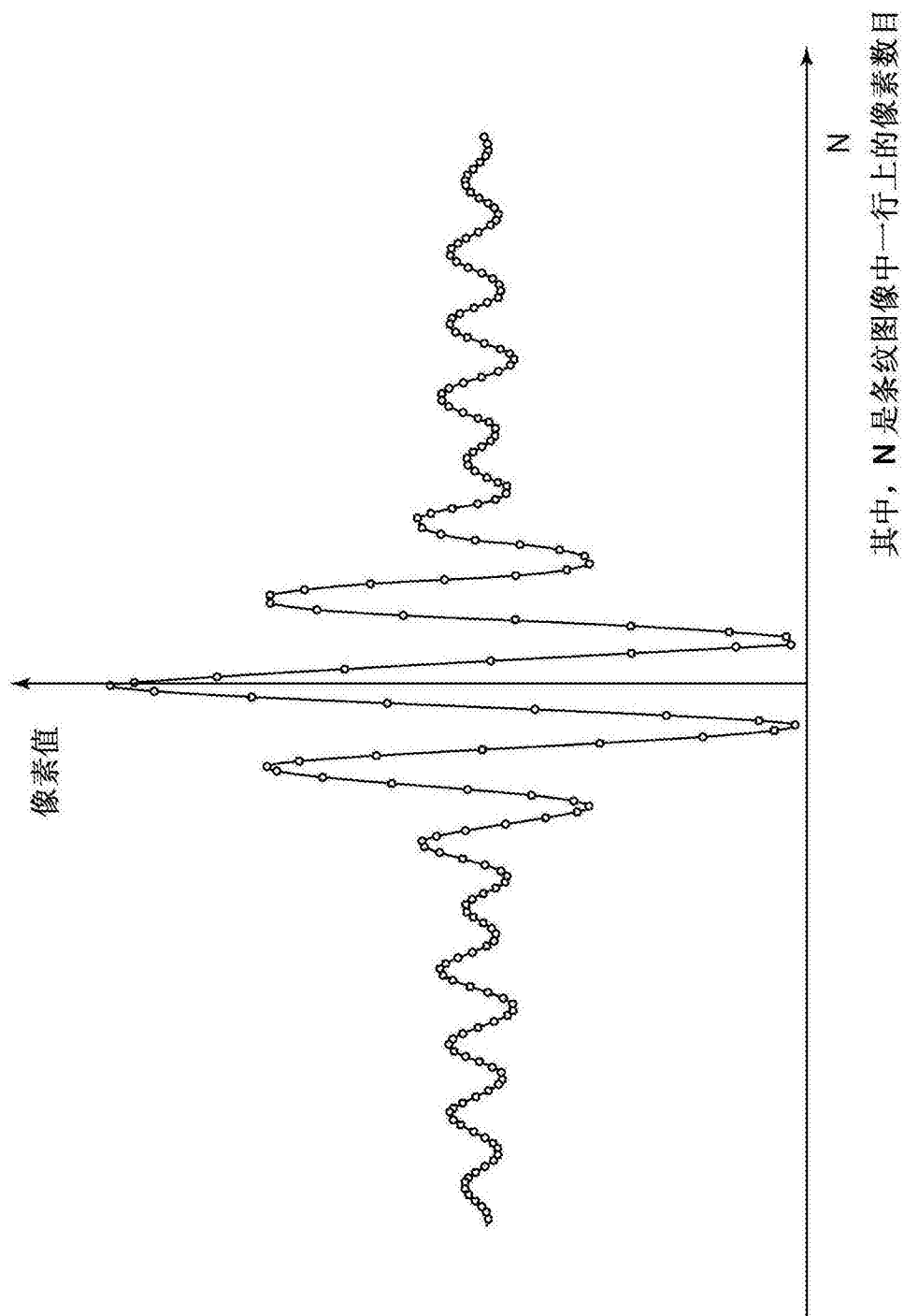


图13

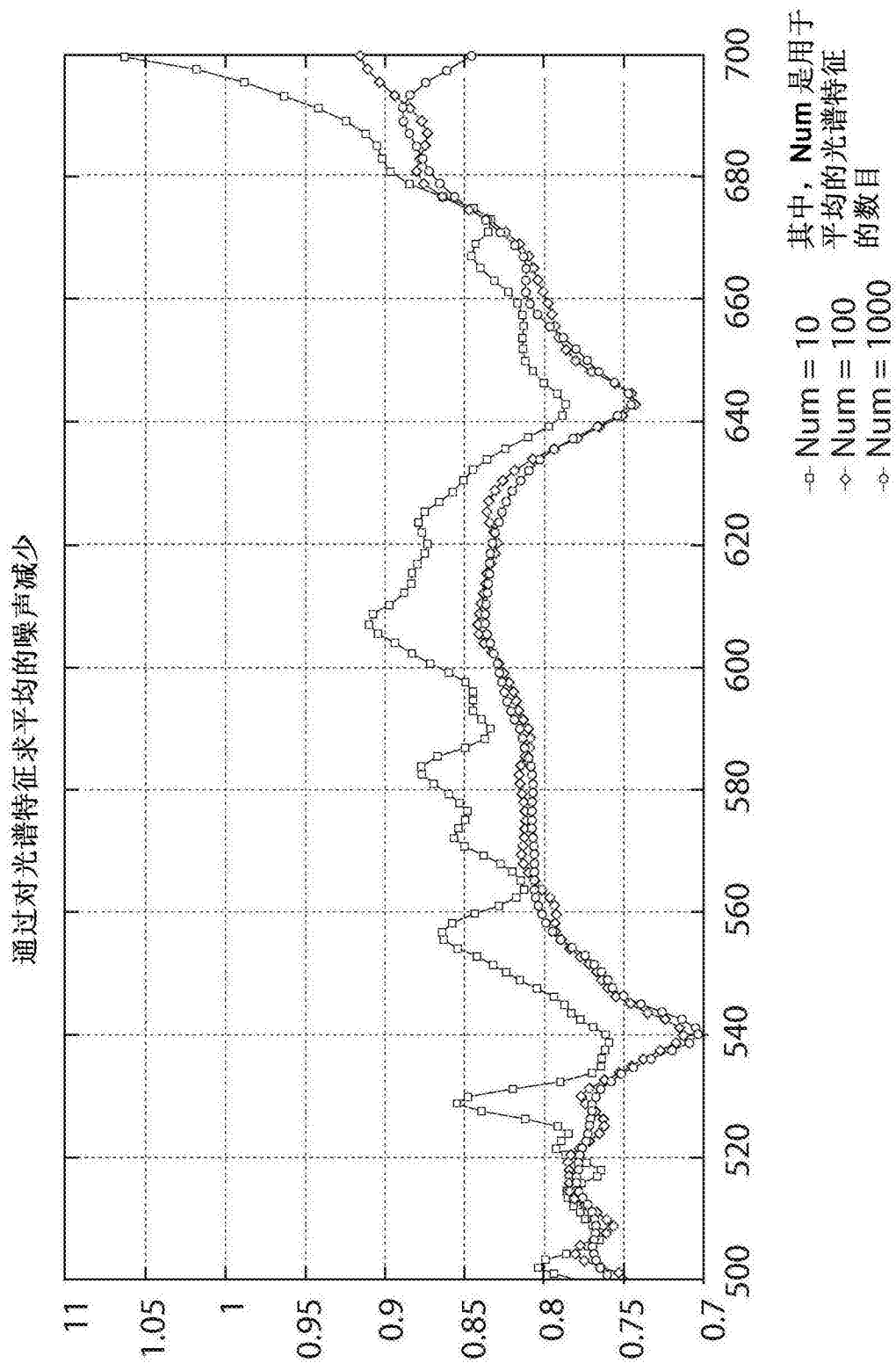


图14