



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118679374 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 20

(21) 申请号 202380021206.X

(22) 申请日 2023.01.25

(30) 优先权数据

22153153.6 2022.01.25 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.08.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/NL2023/050031 2023.01.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/146395 EN 2023.08.03

(71) 申请人 荷兰应用自然科学研究组织TNO

地址 荷兰海牙

(72) 发明人 希尔克·布勒·阿克曼

迈克尔·彼得·奥德瓦尔德

阿尔扬·阿墨凌克

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

专利代理师 陈燕红 张玮

(51) Int.Cl.

G01N 21/47 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

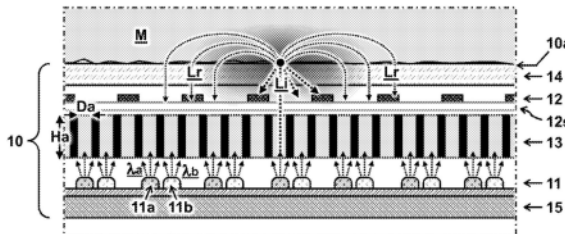
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

空间频域成像系统和方法

(57) 摘要

一种用于基于接触的空间频域成像(SFDI)的系统和方法。待成像的介质(M)与片材(10)接触,该片材(10)包括照明元件(11)的阵列以及包括传感器元件(12)的阵列,所述照明元件生成照亮介质(M)的照明光图案(Li),所述传感器元件对在照明光图案(Li)与介质(M)相互作用之后反射回来的结果光图案(Lr)的空间分辨图像进行测量。照明元件(11)生成照明光图案(Li),根据相应的不同空间频率(Fn)沿着被照明的介质(M)的表面对照明光图案的光强度进行空间调制。基于由不同照明光图案(Li)引起的所测量的结果光图案(Lr)来确定一组空间调制图像(In)。可以基于空间调制图像(In)的组合来生成介质(M)的图像(Im)。



1. 一种空间频域成像SFDI系统(100), 包括:

片材(10), 所述片材具有用于与待成像的介质(M) 接触的接触表面(10a), 所述片材(10) 包括:

照明元件(11) 的阵列, 所述照明元件被配置为生成可控的照明光图案(Li), 所述照明光图案从所述接触表面(10a) 发射出, 用于照亮与所述片材(10) 接触的所述介质(M); 以及

传感器元件(12) 的阵列, 所述传感器元件被配置为对在所述照明光图案(Li) 与所述介质(M) 相互作用之后反射回所述接触表面(10a) 的结果光图案(Lr) 的空间分辨图像进行测量; 以及

控制器(20), 所述控制器被配置为:

控制所述照明元件(11) 生成一组不同的照明光图案(Li), 其中根据相应的不同空间频率(Fn) 沿着所述接触表面(10a) 对所述不同的照明光图案(Li) 中的每个照明光图案的光强度进行空间调制;

基于所述传感器元件(12) 的测量结果来确定一组空间调制图像(In), 所述空间调制图像表示由具有相应的不同空间频率(Fn) 的所述不同的照明光图案(Li) 引起的所述结果光图案(Lr), 以及

基于所述空间调制图像(In) 的组合来生成所述介质(M) 的图像(Im)。

2. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述片材(10) 是柔性的, 能够弯曲到半径小于20厘米而不丧失基本功能。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述片材(10) 的总厚度(T) 小于1厘米。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述片材(10) 包括位于所述照明元件(11) 与所述接触表面(10a) 之间的准直结构(13)。

5. 根据前一项权利要求所述的系统, 其中, 所述准直结构(13) 包括柔性准直器片材, 所述柔性准直器片材的厚度(Ha) 小于1毫米并且具有一组微孔, 所述微孔被构造成仅允许所述照明元件(11) 的、与所述接触表面(10a) 的法向矢量成小于10度的入射角的光线通过。

6. 根据前述两项权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述准直结构(13) 布置在所述照明元件(11) 与所述传感器元件(12) 之间。

7. 根据前一项权利要求所述的系统, 其中, 所述照明元件(11) 根据第一图案布置, 并且所述传感器元件(12) 根据与所述第一图案互补的第二图案布置, 其中, 所述传感器元件(12) 在所述准直结构(13) 的对侧设置在所述照明元件(11) 之间的相应间隙处, 并且所述照明元件(11) 在所述准直结构(13) 的对侧设置在所述传感器元件(12) 之间的相应间隙处。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述传感器元件(12) 布置在所述照明元件(11) 与所述接触表面(10a) 之间的透明基板上,

9. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述接触表面(10a) 由前基板(14) 形成, 所述前基板对所述照明光图案(Li) 和所述结果光图案(Lr) 是透明的, 其中所述前基板(14) 布置在所述传感器元件(12) 的前面, 其中所述前基板(14) 的厚度小于一毫米。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述照明元件(11) 的阵列包括: 第一组照明元件(11a) 和第二组照明元件(11b), 所述第一组照明元件被配置为发出第一波长的光(λ_a), 所述第二组照明元件被配置为发出与所述第一波长的光(λ_a) 不同的第二波长的

光(λ_b) ;其中,所述控制器(20)被配置为:控制所述第一组照明元件(11a)在所述第一波长的光(λ_a)下生成第一组不同的照明光图案,以及控制所述第二组照明元件(11b)在所述第二波长的光(λ_b)下生成第二组不同的照明光图案。

11.根据前一项权利要求所述的系统,其中,所述控制器(20)被配置为:

控制所述第一组照明元件(11a)在第一时间间隔期间生成所述第一组不同的照明光图案,并且处理来自所述传感器元件的第一传感器信号以基于由所述第一波长的光(λ_a)下的所述不同的照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定第一组空间调制图像;

控制所述第二组照明元件(11b)在第二时间间隔期间生成所述第二组不同的照明光图案,并且处理来自所述传感器元件的第二传感器信号以基于由所述第二波长的光(λ_b)下的所述不同的照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定第二组空间调制图像;以及

基于所述第一波长的光和第二波长的光(λ_a, λ_b)下的空间调制图像(I_n)的组合来生成所述介质的一个图像(I_m)。

12.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,每个照明光图案(L_i)包括一组高光强度和低光强度交替的条纹,其中所述交替的光强度沿着所述接触表面(10a)的至少一个空间坐标、以所述照明光图案的相应空间频率(F_n)重复多次。

13.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,所述照明元件(11)由发光二极管的二维阵列形成,每个所述发光二极管具有可控的光强度。

14.一种可穿戴设备,包括根据前述权利要求中任一项所述的SFDI系统,其中,所述片材(10)被配置为被穿戴成接触受试者身体的一部分以监测下面的生物组织。

15.一种用于介质(M)的基于接触的SFDI的方法,所述方法包括:

使所述介质(M)与片材(10)接触,所述片材(10)包括:照明元件(11)的阵列以及传感器元件(12)的阵列,所述照明元件生成照亮所述介质(M)的照明光图案(L_i),所述传感器元件对在所述照明光图案(L_i)与所述介质(M)相互作用之后反射回来的结果光图案(L_r)的空间分辨图像进行测量;

控制所述照明元件(11)生成一组不同的照明光图案(L_i),其中根据相应的不同空间频率(F_n)沿着所照亮的介质(M)的表面(10a)对所述不同的照明光图案(L_i)中的每个照明光图案的光强度进行空间调制;

处理来自所述传感器元件(12)的传感器信号(S_s)以基于由具有相应的不同空间频率(F_n)的所述不同的照明光图案(L_i)引起的所测量的结果光图案(L_r)来确定一组空间调制图像(I_n);以及

基于所述空间调制图像(I_n)的组合来生成所述介质(M)的图像(I_m)。

空间频域成像系统和方法

技术领域与背景技术

[0001] 本公开涉及用于空间频域成像 (spatial frequency domain imaging, SFDI) 的系统和方法。

[0002] 作为背景技术, Gioux等人的综述文章[J. of Biomedical Optics, 24(7), 071613 (2019); DOI: 10.1117/1.JBO.24.7.071613]解释了SFDI的原理, 该综述文章的内容通过参引整体并入本文中。如文章中所解释的, 空间频域中的成像包括将光的二维(2-D)图案投影到介质上, 以及分析作为图案空间频率的函数的多次散射和吸收对所反射或透射的图案的振幅的影响。例如, 正弦图案通常用于促进每个投影图案的单空间频率的分析。介质中的多次散射和吸收会引起所投影的正弦波振幅的减小。然后该漫射和吸收的正弦图案的反射率图像被通过数字相机捕获并被进一步处理。通过称为解调的过程来计算图像的每个像素的振幅调制值。于是, 各种校准方法可以测量光学系统的频率响应或系统调制传递函数以得出组织空间调制传递函数, 也称为漫反射。整个过程在多个空间频率(至少两个)上重复进行。最后, 使用光传播模型, 提取图像中所有像素的光学属性。光谱仪器可以通过串行或并行(多路复用)多波长采集方案将该过程进一步扩展到多个波长。由于光谱仪器在提供生物样本的快速和宽视场定量图像方面的独特能力, 随着人们对生物医学光学领域的兴趣日益浓厚, SFDI在过去几年发展迅速。如例如在前述文章的例如图4中所示出的, SFDI的典型设置包括用于生成光的光源、用于将空间图案施加到光的空间调制器、用于将图案化的光投影到组织表面上的投影系统、用于对由于反射/散射而生成的图案进行成像的成像系统、以及用于记录所生成的图案的数字相机。

[0003] 仍然需要进一步改进已知的用于SFDI的系统和方法, 例如以简化系统和/或实现更广泛的应用。

发明内容

[0004] 本公开的各方面涉及用于介质的空间频域成像的系统和方法。如本文中所述, 介质与片材接触。片材包括照明元件的阵列, 所述照明元件生成照亮介质的照明光图案。片材还包括传感器元件的阵列, 所述传感器元件对在照明光图案与介质相互作用之后反射回来的结果光图案的空间分辨图像进行测量。控制照明元件以生成一组不同的照明光图案。根据相应的不同空间频率沿着所照亮的介质的表面对不同的照明光图案中的每个照明光图案的光强度进行空间调制。测量来自传感器元件的传感器信号以基于由具有相应的不同空间频率的不同照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定一组空间调制图像。可以基于空间调制图像的组合来生成介质的一个或多个图像。

[0005] 将理解的是, 与已知的基于投影的系统相比, 以直接接触介质并对介质进行成像的片材为特征的所公开的系统可以为SFDI提供各种新的应用。例如, 基于接触的设备可以容易地放置并保持在精确的感兴趣区域, 例如作为贴片或可穿戴设备被局部应用以允许连续监测组织或其他介质。此外, 通过使用柔性片材, 感兴趣区域可以是基本上弯曲的和/或形状可变的, 例如身体部位, 使用基于投影的系统将会使其变形或无法观察。此外, 基于接

触的系统基本上可以被简化,例如不需要投影光学器件或空间调制器,因为照明元件可以与介质直接相邻。此外,基于接触的设备可以使用下述波长的光:所述波长的光在基于投影的系统中基本上在成像系统与介质之间的空气中就会被吸收。

[0006] 有利地,通过在照明元件与接触表面之间使用准直结构(优选地由薄片材形成),可以更精确地控制投射到介质上的光图案。例如,这可以减轻照明图案的模糊,例如在照明元件是多方向的或漫射的(例如典型的LED)的情况下。此外,即使照明元件位于接触表面后面一定距离处和/或如果介质的成像部分与设备的接触表面之间存在一定间隔,这也可以减轻模糊。如将理解的,对照明图案的精确控制对于本申请特别有益,本申请可以依赖于作为受控照明图案的函数的结果光图案(例如由于介质中的散射而产生)的精确测量。

[0007] 通过将传感器元件放置在照明元件的前面,例如靠近接触表面或位于接触表面处,可以精确地测量结果光图案。例如,照明元件的光源光可以在传感器元件之间通过以及从传感器元件后面通过,并且结果光可以从介质反射回传感器元件的前面(撞击传感器表面)。此外,还通过将传感器元件放置在前述准直结构的前面,将基本上直接测量从介质发射的所有光。原则上,传感器元件也可以被放置在准直结构后面,例如邻近照明元件。然而,这可能降低结果光图案的光强度,由于介质中的吸收,光强度可能已经相对微弱,并且由于介质中的散射,光强度可能是多方向的(因此几乎不会返回通过准直器)。因此,优选地,准直器布置在照明元件(位于准直器后面)与传感器元件(位于准直器前面)之间。

附图说明

[0008] 根据以下描述、所附权利要求和附图,将更好地理解本公开的装置、系统和方法的这些和其他特征、方面和优点,在附图中:

[0009] 图1A至图1C示出了基于接触的SFDI系统和的各种级别的细节;

[0010] 图2A至图2D各自示出了相应的一组用于SFDI的不同照明光图案;以及

[0011] 图3A和图3B示出了使用如本文中所述的基于接触的SFDI系统和的方法的测量结果。

具体实施方式

[0012] 用于描述特定实施例的术语不旨在限制本发明。如本文中所使用的,除非上下文另有明确指示,否则单数形式“一(a)”、“一个(an)”和“该”也旨在包括复数形式。术语“和/或”包括相关联的所列项目中的一个或多个的任何和所有组合。应当理解,术语“包括(comprises)”和/或“包括(comprising)”指定所述特征的存在,但不排除一个或多个其他特征的存在或添加。将进一步理解的是,除非另有说明,否则当方法的特定步骤被称为在另一步骤之后时,该特定步骤可以直接在所述另一步骤之后,或者可以在执行特定步骤之前执行一个或多个中间步骤。同样,应当理解,除非另有说明,否则当描述结构之间或部件之间的连接时,可以直接建立该连接或通过中间结构或部件建立该连接。

[0013] 下面参照附图更全面地描述本发明,在附图中示出了本发明的实施例。在附图中,为清楚起见,系统、部件、层和区域的绝对尺寸和相对尺寸可能被夸大。可以参照本发明的可能理想化的实施例和中间结构的示意图和/或横截面图来描述实施例。在说明书和附图中,相同的附图标记始终指代相同的元素。相对术语以及其派生词应当被解释为指代当时描述的取向或如所讨论的附图中所示的取向。除非另有说明,否则这些相对术语是为了便

于描述,并且不要求系统以特定取向被构造或操作。

[0014] 图1A至图1C示出了基于接触的SFDFI系统和各种级别的细节。图1A示出了SFDFI系统100,该SFDFI系统包括用于接触待成像的介质“M”的片材10;以及控制器20,该控制器用于向片材10发送控制信号“Sc”和/或从片材10接收传感器信号“Ss”。虽然这里示出为单独的部件,但是控制器20也可以部分地或全部地集成为片材10的一部分。在一些实施例中,控制器20包括或访问存储有指令的(非暂时性)计算机可读介质,所述指令在例如由一个或多个处理器执行时使控制器执行如本文中所述的操作动作。

[0015] 如本文中所提及的,片材10被理解为相对薄的结构。在一些实施例中,例如如图1B所示,片材10的厚度“T”小于5厘米、小于3厘米、小于2厘米、小于1厘米、例如低至半厘米、低至1毫米或甚至更小。在其他或另外的实施例中,片材的厚度“T”小于沿片材表面的最大长度和/或宽度,例如至少小十倍、二十倍、五十倍、一百倍或更多。例如,片材的长度和/或宽度大于1厘米、大于2厘米、大于5厘米、大于10厘米,例如高达50厘米或100厘米,或更大。

[0016] 在优选实施例中,例如如图1A和图1B所示,片材10是柔性的,例如能够向下弯曲到允许的半径而不丧失基本功能(例如,不破坏电气连接、部件或材料层,和/或基本上不损失电气性能和光学性能)。优选地,允许的弯曲半径小于一米、小于半米、小于二十厘米、小于十厘米、小于五厘米,例如低至一厘米,或甚至更小。弯曲半径越小,设备越能够提供各种应用,例如符合非平面介质。

[0017] 通常,如例如图1C所示,片材10具有用于接触待成像的介质“M”的接触表面10a。在一些实施例中,片材包括照明元件11的阵列,优选地是二维阵列。例如,照明元件11设置在片材10的内部。在一个实施例中,照明元件11被配置成生成可控的照明光图案“Li”。例如,照明光图案“Li”从接触表面10a发射出。这样,照明光图案“Li”就可以照亮介质“M”,例如在介质接触片材10时或至少靠近片材10时照亮介质。在其他或另外的实施例中,片材包括传感器元件12的阵列,优选地是二维阵列。例如,传感器元件12设置在片材10的内部。在一个实施例中,传感器元件12被配置成测量结果光图案“Lr”的空间分辨图像。例如,结果光图案包括在照明光图案“Li”与介质“M”相互作用之后直接或间接反射回接触表面10a的光。

[0018] 在一些实施例中,控制器20被配置成控制照明元件11以生成一组不同的照明光图案“Li”。例如,使用相应的控制信号“Sc”生成不同的照明光图案“Li”。在一个实施例中,根据相应的不同空间频率“Fn”沿着接触表面10a对不同的照明光图案“Li”中的每个照明光图案的光强度进行空间调制。在其他或另外的实施例中,控制器20被配置为基于由具有相应的不同空间频率“Fn”的不同照明光图案“Li”引起的所测量的结果光图案“Lr”来确定一组空间调制图像“In”。例如,通过对来自传感器元件12的传感器信号“Ss”进行处理来确定空间调制图像“In”。在一些实施例中,控制器20被配置为基于空间调制图像“In”的组合来生成介质“M”的图像“Im”。例如,图像“Im”可以被发送到集成的或单独的计算设备30和/或显示器,显示器被配置成例如向用户显示图像“Im”的表示。替代性地或者附加地,空间调制图像“In”和/或图像“Im”可以被存储以供控制器20和/或单独的计算设备30稍后处理。

[0019] 原则上,在由当前公开的基于接触的成像设备获取数据之后,可以处理数据并且可以与在依赖于远距离图像投影的已知SFDFI系统中类似地生成组织的图像。例如,可以通过对空间调制图像进行解调,来计算图像的每个像素的振幅调制值。还可以设想其他处理数据的方法。

[0020] 在优选实施例中,片材10包括位于照明元件11与接触表面10a之间的准直结构13。准直结构可以用于过滤光线,使得只有那些平行于或几乎平行于指定方向行进的光线才被允许通过。这对于如本文所描述的应用可以是有利的,以增加由光源通过准直器投影到附近介质上的图像的分辨率或清晰度,和/或如果结果图像通过准直器投影回后面的传感器元件上则增加结果图像的分辨率或清晰度。

[0021] 通常,允许光线通过准直器的主方向可以被称为主透射方向。准直器可以根据入射光相对于主透射方向的入射角选择性地使光从那里透射过去。在优选实施例中,准直器的主透射方向与准直器表面的法向矢量对准,该准直器表面通常平行于片材10的接触表面10a。这意味着只有法向或接近法向的入射角的光才被透射通过准直器,而较高角度的光被阻挡。例如,准直器只能透射相对于主透射方向小于10度平面角、小于5度、小于2度或甚至小于1度的入射角的光。阈值角度越小,光被准直得越好,然而这可能以阻挡更多非准直光为代价。较高入射角的光优选地被准直器材料吸收,例如在穿过准直器的(微)孔或孔洞内。

[0022] 在优选实施例中,准直结构13包括(柔性)准直器片材,例如具有(微)孔的相对薄的或类似片材的结构,该(微)孔被构造成主要使方向横向于片材表面的光通过。在一个实施例中,准直器片材的厚度“Ha”小于半厘米、优选地小于两毫米、最优选地小于一毫米、例如低至一百微米或更小。通常,穿过准直器的孔可以被定尺寸为限定阈值角度。例如,孔具有横向于主透射方向(最大或平均)孔直径和沿着主透射方向的(最小或平均)孔长度。例如,阈值角度可以被定义为孔直径“Da”除以孔长度或孔高度“Ha”的反正切函数($\tan^{-1}$),即 $\tan(\theta_{\max}) = Da/Ha$ 。例如,小于十度的阈值角度 $\theta_{\max}$ 可以在纵横比 $Da/Ha < 0.17$ (即 $\tan(10)$ 或小于约1:5)的情况下实现。例如,小于五度的阈值角度 $\theta_{\max}$ 可以在纵横比 $Da/Ha < 0.087$ (即 $\tan(5)$ 或小于约1:10)的情况下实现。例如,小于一度的阈值角度 $\theta_{\max}$ 可以在纵横比 $Da/Ha < 0.017$ (即 $\tan(1)$ 或小于约1:50)的情况下实现。纵横比 Da/Ha 越低,过滤的光越准直。例如,孔可以是横截面直径“Da”在 $0.1\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 之间、优选地在1微米至10微米之间的微孔。同时,微孔可以例如具有至少10微米、优选地至少50微米或至少100微米、或更大(例如高达一毫米或甚至几毫米)的长度或高度“Ha”。

[0023] 优选地,围绕穿过准直器的(微)孔的壁至少在孔内部具有相对高的光吸收率,例如,吸收落在壁上的照明元件11所用光的90%以上,优选地99%以上。例如,壁可以由如先前在公布文本W0 2019/172763 A1中公开的碳纳米管(CNT)形成。也可以使用其他制造准直结构的方法,例如模制、切割孔、光刻技术等。在一些实施例中,诸如为碳的吸收颗粒可以混合在准直器材料中以增加壁处的吸收。例如,可以使用可见光或红外光。通过吸收大部分或全部光,可以防止撞击准直器的壁材料的非准直光仍然可以例如通过反射穿过孔。有利地,在照明元件11前面使用准直器可以允许使用各种光源,即使光源具有相对漫射和/或广角发射,同时仍然保持良好控制的照明图案。在一个实施例中,照明元件11由发光二极管(例如LED或OLED)形成。

[0024] 在优选实施例中,准直结构13布置在照明元件11与传感器元件12之间。最优选地,传感器元件12布置在准直结构13的前面,例如布置在准直结构13与接触表面10a之间,而照明元件11布置在准直结构13的后面,例如布置在准直结构13与片材10的后表面层之间。优选地,照明元件11、传感器元件12和准直结构13中的每一者布置在片材10的内部。因此,这些元件或结构中的每一者优选地像片材一样是柔性的和/或可弯曲的、和/或足够薄。

[0025] 在一些实施例中,照明元件11根据第一图案布置,传感器元件12根据与第一图案互补的第二图案布置。换言之,传感器元件12(唯一地)布置在照明元件11之间的间隙位置,和/或照明元件11(唯一地)布置在传感器元件12之间的间隙位置。在一个实施例中,使用布置在照明元件11与传感器元件12之间的准直结构13,传感器元件12在准直器的另一侧布置在照明元件11之间的间隙处,和/或反之亦然。以这种方式,来自照明元件11的光可以穿过传感器元件12之间的准直结构13。替代性地,传感器元件12可以布置在准直结构13后面,例如布置在单独的基板上或布置在同一基板上,散布在照明元件11之间。例如,准直结构13覆盖照明元件11和传感器元件12两者,优选地以这样的方式来防止来自照明元件11的光到达相邻的传感器元件12,除非来自照明元件11的光(两次)穿过准直结构13。

[0026] 在一些实施例中,传感器元件12布置在照明元件11与接触表面10a之间的透明基板上,即至少对照明光图案“Li”透明,例如透射率超过80%、超过90%、超过95%、高达99%或更多。优选地,基板包括电子器件和/或布线以读出单个的和/或组合的传感器元件12。例如,电子器件和/或布线是相对薄的和/或透明的和/或根据第二图案布置,以允许仍有足够的照明元件11的光通过。作为将传感器元件12放置在单独的透明基板上的替代方案,还可以设想将传感器元件12和/或布线/电子器件直接安置在准直结构13上(此处未示出)。

[0027] 在一些实施例中,接触表面10a由前基板14形成,前基板14对照明光图案“Li”和结果光图案“Lr”透明,例如透射率超过80%、超过90%、超过95%、高达99%或更多。在一个实施例中,前基板14布置在传感器元件12的前面。在其他或另外的实施例中,前基板14的厚度小于半厘米、优选地小于两毫米、最优选地小于一毫米。前基板14越薄,越能够越精确地测量结果光图案“Lr”。例如,传感器元件12可以直接布置在前基板14的后面,这可以保护传感器元件12免受损坏。作为使用前基板14的替代方案,传感器元件12可以是前基板14的一部分,例如布置成直接接触介质“M”(此处未示出)。

[0028] 在一些实施例中,照明元件11布置在基板上。优选地,基板还包括电子器件和/或布线以控制单个的和/或组合的照明元件11。在一个实施例中,例如如图所示,片材10包括背层基板15,例如以保护照明元件11和/或背面电子器件。作为使用单独的背层基板15的替代方案,容纳照明元件11的基板的背侧可以形成片材10的背表面层。

[0029] 在一些实施例中,照明元件11的阵列被配置为发射具有可控光波长的相应光图案,例如能够发射至少两个不同的波长 λ_a 、 λ_b 。在一个实施例中,照明元件11的阵列包括被配置为发射第一波长的光 λ_a 的第一组照明元件11a,以及被配置为发射与第一波长的光 λ_a 不同的第二波长的光 λ_b 的第二组照明元件11b。例如,照明元件11的阵列包括两个、三个或更多个不同的照明设备,例如具有不同颜色的LED或OLED。通过使用不同的波长,可以测量关于介质的其他(光谱分辨的)信息。例如,可以在两个或更多个不同波长下测量和/或比较与介质和/或介质的子结构相互作用的光的透射、吸收、散射和/或反射特性。例如,图像可以包括介质(例如生物组织)的光谱信息。在一些实施例中,由一个或多个照明元件11发射的光的中心波长或平均波长包括780nm至1mm之间的红外波长,例如IR-A(780nm至1.4 μ m)、IR-B(1.4 μ m至3 μ m)和/或IR-C,也称为远-IR(3 μ m至1mm)。有利的是,红外波长可以用来探测生物组织的各个方面。也可以使用其他或另外波长的光,例如可见光或甚至UV光。

[0030] 在一些实施例中,控制器20被配置为控制第一组照明元件11a在第一波长的光 λ_a 下生成第一组不同的照明光图案,并且控制第二组照明元件11b在第二波长的光 λ_b 下生成

第二组不同的照明光图案。优选地,第一组不同的照明光图案分别与第二组不同的照明光图案具有相同的空间调制。以这种方式,可以对其中仅照明波长不同的结果图案进行比较。替代性地,不同波长的组之间的空间调制可以不同。

[0031] 在一些实施例中,控制器20被配置为控制第一组照明元件11a在第一时间间隔期间生成第一组不同的照明光图案,并且处理来自传感器元件的第一传感器信号以基于由第一波长的光 λ_a 下的不同的照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定第一组空间调制图像。在其他或另外的实施例中,控制器20被配置为控制第二组照明元件11b在第二时间间隔期间生成第二组不同的照明光图案,并且处理来自传感器元件的第二传感器信号以基于由第二波长的光 λ_b 下的不同的照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定第二组空间调制图像。在其他或另外的实施例中,控制器20被配置为基于第一波长的光 λ_a 下的空间调制图像“ I_n ”和第二波长的光 λ_b 下的空间调制图像“ I_n ”的组合来生成介质的一个或多个图像“ I_m ”。优选地,顺序地生成不同波长下的相应图案,即第二时间间隔与第一时间间隔不重叠。以这种方式,更容易使用相同的传感器元件,同时基于时间间隔区分不同的波长。替代性地,不同波长的照明可以同时执行,例如使用光谱过滤器和/或对相应波长敏感的传感器元件。

[0032] 根据一些方面,本教导可以体现为包括如本文中所述的SFDI系统的可穿戴设备,例如,使片材10被配置为被穿戴成接触受试者身体的一部分,以监测下面的生物组织。例如,可穿戴设备包括诸如为绑带或粘性材料(例如,贴片)的附接装置,以将片材穿戴在身体上。设备的可穿戴部分包括片材并且还可以包括控制器20,或者控制器可以单独设置,例如经由无线或有线连接、在通信地耦接至可穿戴部分的移动设备上运行。

[0033] 根据其他或另外的方面,本教导可以涉及SFDI系统的使用和/或是涉及用于介质“ M ”的基于接触的SFDI的方法的实施例。一些实施例包括使介质“ M ”与片材10接触,该片材10包括:照明元件11的阵列,所述照明元件生成照亮介质“ M ”的照明光图案“ L_i ”;以及传感器元件12的阵列,所述传感器元件对在照明光图案“ L_i ”与介质“ M ”相互作用之后反射回来的结果光图案“ L_r ”的空间分辨图像进行测量。其他或另外的实施例包括控制照明元件11以生成一组不同的照明光图案“ L_i ”,其中根据相应的不同空间频率“ F_n ”沿着所照亮的介质“ M ”的表面对于不同的照明光图案“ L_i ”中的每个照明光图案的光强度进行空间调制。其他或另外的实施例包括处理来自传感器元件12的传感器信号“ S_s ”以基于由具有相应的不同空间频率“ F_n ”的不同照明光图案“ L_i ”引起的所测量的结果光图案“ L_r ”来确定一组空间调制图像“ I_n ”。其他或另外的实施例包括基于空间调制图像“ I_n ”的组合来生成介质“ M ”的图像“ I_m ”。

[0034] 在一些实施例中,介质“ M ”包括生物组织,并且图像包括关于生物相关信息(诸如组织组成、氧合等)的光谱信息。例如,通过测量不同波长的光的组合,可以确定相应组织的光谱特征。还可以计算组织的氧合,例如使用针对氧合或非氧合血红蛋白指示的所测量的光谱值的比率。

[0035] 图2A至图2D各自示出了相应的一组不同照明光图案“ L_i ”的示例。相应的亮色和暗色表示相应位置处的光强度。如图所示,根据相应的不同空间频率 F_1 、 F_2 、 F_3 沿着至少一个表面坐标 X 、 Y 、 R 对不同的照明光图案“ L_i ”中的每个照明光图案的光强度进行空间调制。在一些实施例中,例如,如这里所示的,照明光图案包括暗条纹和亮条纹之间的光强度的逐渐

转变。例如,这可以通过例如根据正弦或其他光强度变化来控制照明设备以生成一组不同的光强度来实现。在其它或进一步的实施例(此处未示出)中,高强度和低强度之间的转变可以是突然的,甚至是二元的。例如,相应的光图案可以通过例如使照明设备沿着相应的行或列或其他图案进行开启或关闭来形成。

[0036] 在优选实施例中,每个照明光图案包括一组高光强度和低光强度交替(逐渐或突然转变)的条纹,其中光强度沿着至少一个空间坐标、以相应空间周期、根据照明光图案的相应空间频率“ F_n ”重复。例如,空间频率是空间周期的倒数($P_n = 1/F_n$)。优选地,空间周期或频率对于相应的光图案具有固定值,例如,条纹图案以规则的或固定的空间间隔具有多次重复。原则上,仅使用两个不同的空间频率(F_1 、 F_2)就足够了,然而,优选地使用更多的空间频率,例如至少三个、四个、五个、多达十个或更多个。优选地,该组不同空间频率(F_1 、 F_2 、 F_3)在频率上等距或在周期(倒数频率)上等距。

[0037] 在一些实施例中,如图2A至图2C所示,照明光图案包括水平条纹、竖直条纹和/或对角条纹。在其他或另外的实施例中,也可以使用其他空间重复图案,例如图2D中所示的具有不同空间频率的圆形图案。也可以使用不同取向的光图案和/或不同类型的光图案的组合。

[0038] 在一个实施例中,照明元件11的阵列被控制以在第一时间间隔期间生成第一组不同的照明光图案,并且处理来自传感器元件的第一传感器信号以基于由第一组不同的照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定第一组空间调制图像,其中第一组不同的照明光图案包括沿第一表面坐标X定向的具有交替的光强度的条纹图案。在另一个或其他的实施例中,照明元件11的阵列被控制以在第二时间间隔期间生成第二组不同的照明光图案,并且处理来自传感器元件的第二传感器信号以基于由第二组不同的照明光图案引起的所测量的结果光图案来确定第二组空间调制图像。例如,第二组不同的照明光图案包括具有交替的光强度的条纹图案,所述条纹图案沿着相对于第一表面坐标X处于非零角度的第二表面坐标Y定向。在一些实施例中,基于不同取向的第一组空间调制图像和第二组空间调制图像的组合来生成介质“M”的图像“ I_m ”。

[0039] 优选地,第一表面坐标和第二表面坐标的不同取向是横向的,例如彼此垂直,如图2A和图2B所示。也可以使用其他或另外的取向,例如 45° ,如图2C所示。例如,测量可以包括以各种角度旋转图案以减轻或增强组合后的一个或多个图像中介质的各向异性散射行为。不同取向的光图案和/或不同类型的光图案也可以与不同的波长组合,例如在两个或更多个不同波长下使用相同的变化图案或不同波长下使用不同的变化。例如,可以设想使用在第一取向上具有第一波长的第一组图案,而第二组图案在不同(例如横向或垂直)的取向上具有第二波长。

[0040] 图3A和图3B示出了使用如本文中所述的基于接触的SFDI系统和方法的测量结果。横轴表示沿着表面坐标“X”(以毫米为单位)的位置,其中由相应的传感器元件测量光。纵轴表示相对(归一化)光强度“I”。点划线表示相应照明元件关闭(线的左侧)或开启(线的右侧)的过渡。

[0041] 在图3A中,示出了与镜面接触的系统比较。带空心圆点的曲线图形示出了包括存在于照明元件与反射镜之间的准直器的系统的测量结果,而带实心圆点的曲线图形示出了没有准直器的相同设备的测量结果。根据两个曲线图形的比较,将理解的是,准直器在保

持反射镜的照明部分和非照明部分之间的清晰的过渡方面提供了实质性的改进,而在没有准直器的情况下,例如由于光源的漫射性质(反射镜本身几乎不漫射光),这种过渡是不清晰的。

[0042] 在图3B中,示出了包括与镜面(空心圆点)或组织表面(实心圆点)接触的准直器的同一系统的比较。根据两个曲线图形的比较,将理解的是,与镜面相比,组织具有显著更高的散射行为,导致光散射到未被直接照射的其他相邻区域。这可以包括从介质的表面直接散射的光以及穿透介质的光。例如,这可以取决于光的波长通过介质的透射率的高低。在一些实施例中,从镜面测量的结果图案用于校准SFDI系统,例如用于确定照亮介质“M”的实际或假设的照明光图案“Li”,和/或与来自待成像介质“M”的结果光图案“Lr”进行比较。

[0043] 在解释所附权利要求时,应当理解,词语“包括”不排除存在给定权利要求中列出的元件或动作之外的其他元件或动作;元件之前的词语“一(a)”或“一个(an)”并不排除存在多个这样的元件;权利要求中的任何附图标记并不限制其范围;多个“装置”可以由相同或不同的项目或实现的结构或功能来表示;除非另有特别说明,否则所公开的任何设备或其部分可以组合在一起或分离成另外的部分。当一项权利要求引用另一项权利要求时,这可以表示通过组合其各自的特征实现的协同优势。但是,在相互不同的权利要求中列举了某些措施,这一事实本身并不表示这些措施的组合也不能发挥优势。因此,本实施例可以包括权利要求的所有工作组合,其中除非上下文明确排除,否则每项权利要求原则上可以引用任何前述权利要求。

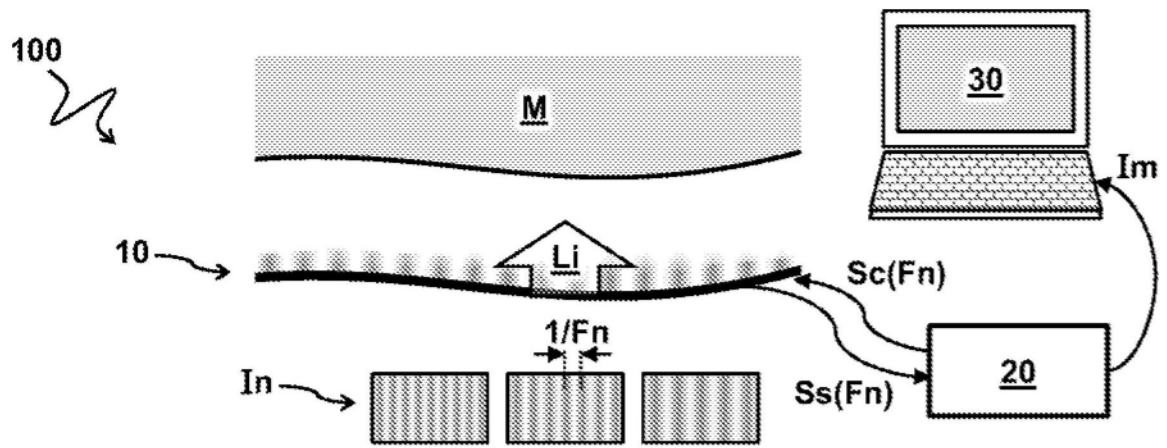


图1A

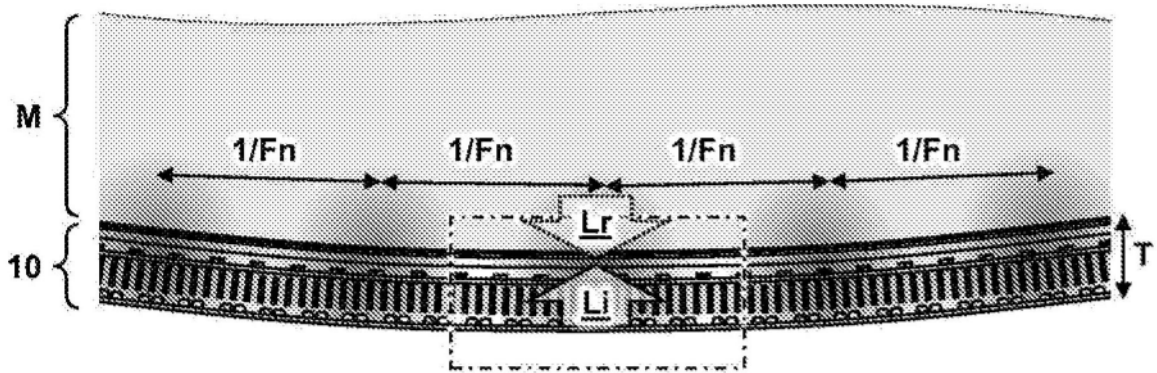


图1B

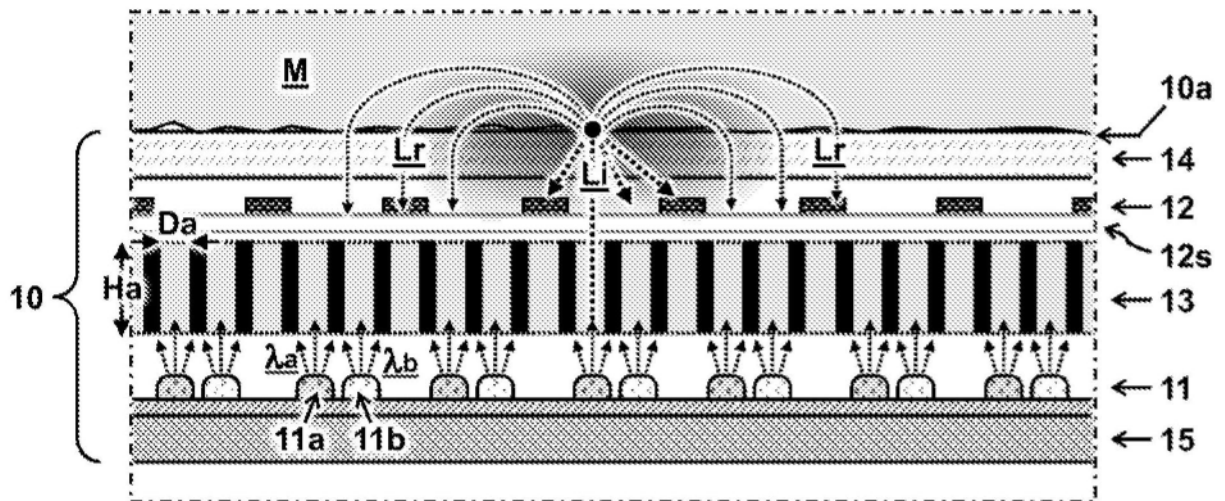


图1C

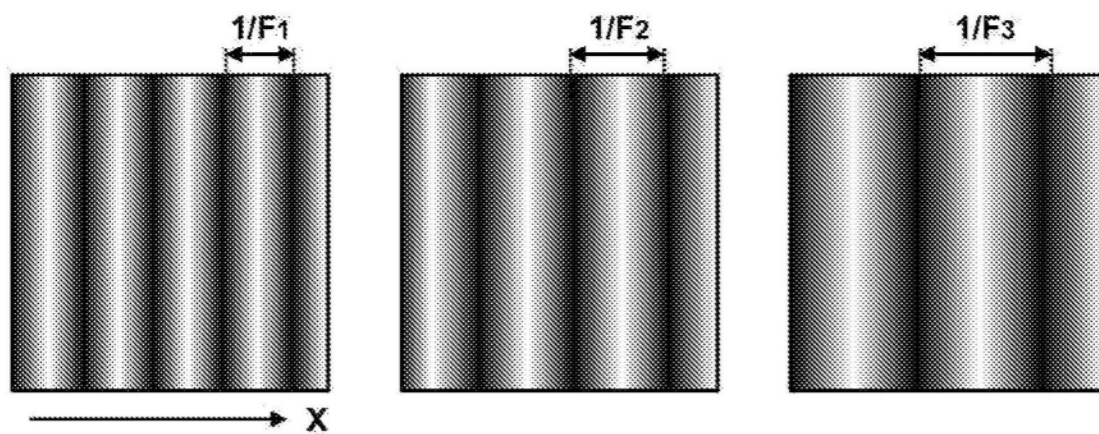


图2A

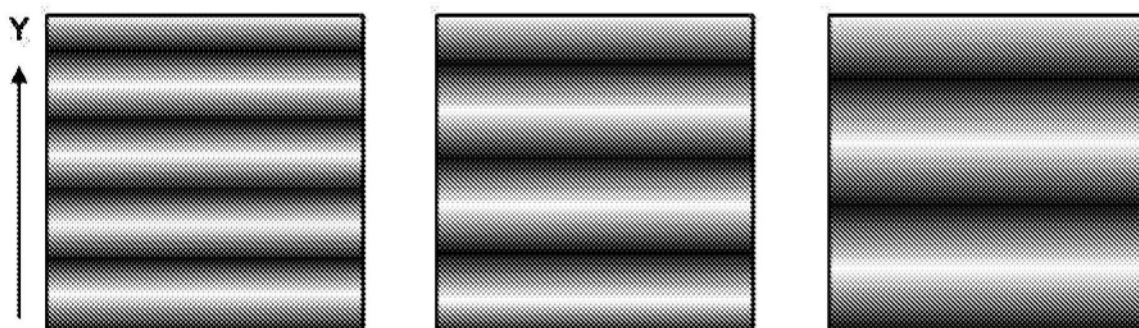


图2B

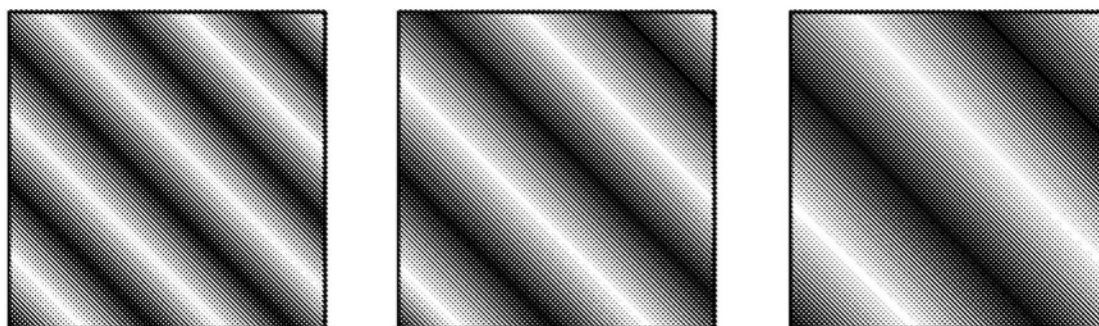


图2C

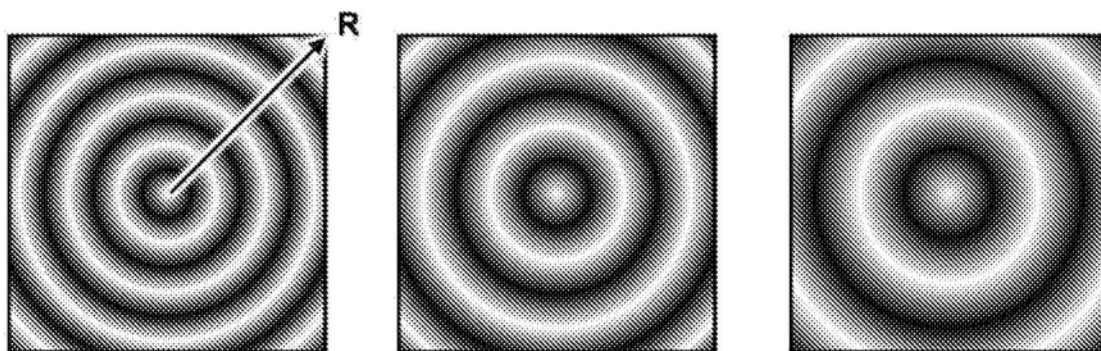


图2D

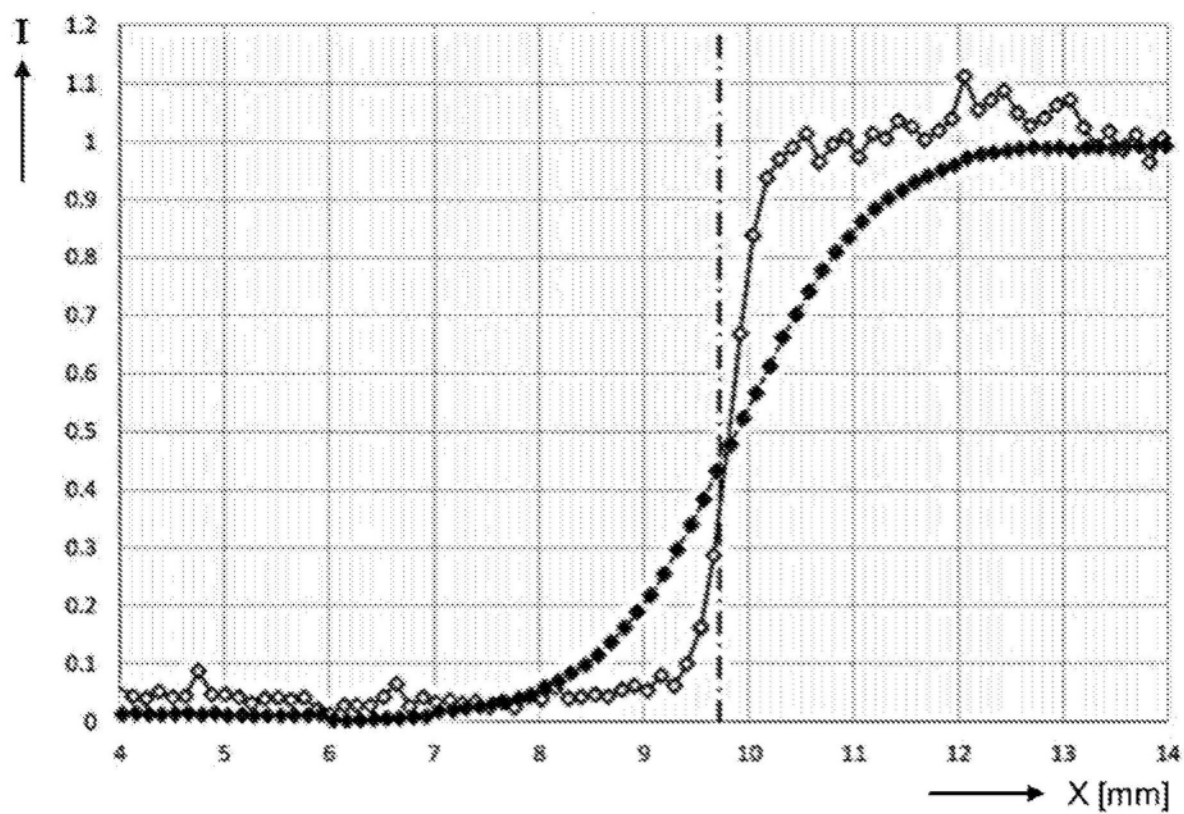


图3A

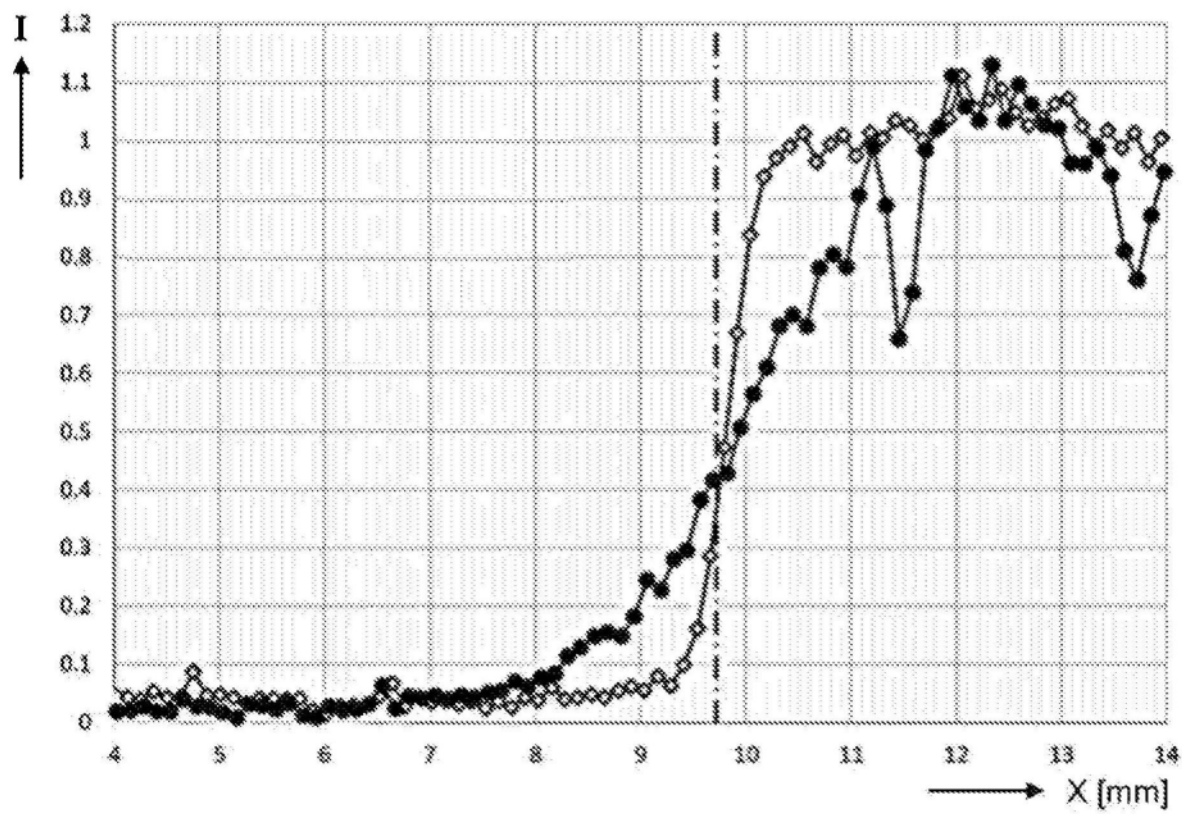


图3B