



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109459438 A

(43)申请公布日 2019.03.12

(21)申请号 201811429344.9

G01N 21/01(2006.01)

(22)申请日 2018.11.27

(71)申请人 中国工程物理研究院激光聚变研究中心

地址 621000 四川省绵阳市绵山路64号

(72)发明人 刘红婕 王凤蕊 黄进 周晓燕 叶鑫 黎维华 孙来喜 石兆华 夏汉定 邓清华 邵婷

(74)专利代理机构 北京众达德权知识产权代理有限公司 11570

代理人 刘杰

(51)Int.Cl.

G01N 21/88(2006.01)

G01N 21/64(2006.01)

G01N 21/47(2006.01)

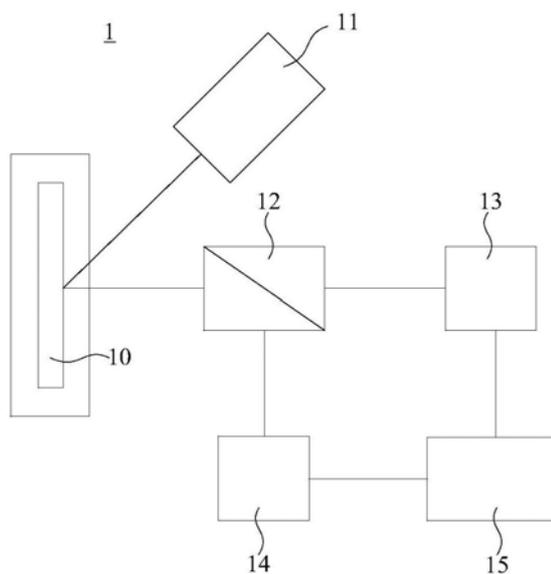
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种缺陷检测设备及方法

(57)摘要

本发明提供了一种缺陷检测设备及方法,通过激光发射装置发出探测光,并使探测光辐照到待测样品上,形成信号光,然后通过分光装置将信号光中包含的散射光和荧光进行分离,使得荧光入射到第一探测装置成像,散射光入射到第二探测装置成像,进而通过控制装置处理第一探测装置采集到的荧光图像信息以及第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。通过本发明提供的技术方案能够实现在对待测样品的亚表面缺陷的无损检测,而且能够同时实现在对待测样品的表面缺陷的无损检测,有利于节约缺陷检测的测试时间,提高测试效率。



1. 一种缺陷检测设备,其特征在于,包括:激光发射装置、分光装置、第一探测装置、第二探测装置以及控制装置,所述第一探测装置与所述第二探测装置均与所述控制装置电连接,

其中,所述激光发射装置用于发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,所述信号光包括所述探测光在所述待测样品的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及所述待测样品的表面缺陷和/或亚表面缺陷在所述探测光的激发下产生的荧光;

所述分光装置用于将所述信号光中包含的所述散射光和所述荧光进行分离,使得所述荧光入射到所述第一探测装置成像,所述散射光入射到所述第二探测装置成像;

所述控制装置用于处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。

2. 根据权利要求1所述的缺陷检测设备,其特征在于,所述分光装置包括物镜和分光器件,所述物镜的光轴与所述待测样品的反射光传播路径呈预设角度,且所述预设角度大于0,

所述信号光进入所述物镜,由所述物镜出射后入射到所述分光器件,由所述分光器件将所述信号光中包含的所述荧光和所述散射光分离。

3. 根据权利要求2所述的缺陷检测设备,其特征在于,所述物镜的光轴垂直于所述待测样品的待测表面且穿过所述待测样品上的探测光辐照区域。

4. 根据权利要求1所述的缺陷检测设备,其特征在于,还包括样品台,用于放置所述待测样品并调节所述待测样品的位置。

5. 根据权利要求1所述的缺陷检测设备,其特征在于,还包括高通滤波器,所述高通滤波器设置于所述分光装置与所述第一探测装置之间的荧光传输路径中,所述高通滤波器用于滤除所述探测光对应的散射光。

6. 根据权利要求1所述的缺陷检测设备,其特征在于,还包括第一激光陷阱和第二激光陷阱,所述第一激光陷阱设置于所述待测样品的反射光传播路径上,所述第二激光陷阱设置于所述待测样品的透射光传播路径上,用于吸收残余的探测光。

7. 根据权利要求1所述的缺陷检测设备,其特征在于,所述控制装置具体用于:

根据所述散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息;

通过对比所述散射光图像信息以及所述荧光图像信息,得到所述待测样品的亚表面缺陷信息。

8. 一种缺陷检测方法,其特征在于,所述方法包括:

通过激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,所述信号光包括所述探测光在所述待测样品的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及所述待测样品的表面缺陷和/或亚表面缺陷在所述探测光的激发下产生的荧光;

通过分光装置将所述信号光中包含的所述散射光和所述荧光进行分离,使得所述荧光入射到第一探测装置成像,所述散射光入射到第二探测装置成像;

通过控制装置处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。

9. 根据权利要求8所述的缺陷检测方法,其特征在于,所述通过激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,包括:

将所述待测样品放置于样品台上；

通过所述激光发射装置发出探测光，并使得所述探测光辐照到待测样品上；

通过所述样品台调节所述待测样品的位置，使得所述探测光按照预设轨迹对所述待测样品进行扫描，在所述待测样品的每个扫描位置处形成所述信号光。

10. 根据权利要求8所述的缺陷检测方法，其特征在于，所述处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息，得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息，包括：

根据所述散射光图像信息，得到所述待测样品的表面缺陷信息；

通过对比所述散射光图像信息以及所述荧光图像信息，得到所述待测样品的亚表面缺陷信息。

## 一种缺陷检测设备及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学检测技术领域,具体而言,涉及一种缺陷检测设备及方法。

### 背景技术

[0002] 为了获得最大输出,大型高功率/高能量激光装置都在接近于光学元件损伤阈值的通量下运行,因此光学元件损伤性能尤其重要,是决定这类激光装置输出能力的关键。目前高通量下光学元件的损伤问题大部分都可归结于光学元件亚表面各类缺陷,这些缺陷深度在几微米到数百微米,当激光辐照时会吸收激光能量导致局部材料高温进而引发损伤。因此,光学元件亚表面缺陷的探测技术和方法非常关键。

[0003] 然而,现有的亚表面缺陷检测方法为通过物理或化学的方法将不同深度的缺陷暴露在外面,结合光学显微镜、扫描电镜、原子力显微镜等技术获取缺陷信息,这些方法测试的亚表面缺陷精度高,不受表面缺陷影响,在加工行业普遍采用,但存在效率低、有破坏性等问题。

### 发明内容

[0004] 鉴于此,本发明的目的在于提供一种缺陷检测设备及方法,能够有效地改善上述技术问题。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种缺陷检测设备,包括:激光发射装置、分光装置、第一探测装置、第二探测装置以及控制装置,所述第一探测装置与所述第二探测装置均与所述控制装置电连接。其中,所述激光发射装置用于发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,所述信号光包括所述探测光在所述待测样品的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及所述待测样品的表面缺陷和/或亚表面缺陷在所述探测光的激发下产生的荧光。所述分光装置用于将所述信号光中包含的所述散射光和所述荧光进行分离,使得所述荧光入射到所述第一探测装置成像,所述散射光入射到所述第二探测装置成像。所述控制装置用于处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。

[0006] 进一步地,所述分光装置包括物镜和分光器件,所述物镜的光轴与所述待测样品的反射光传播路径呈预设角度,且所述预设角度大于0。所述信号光进入所述物镜,由所述物镜出射后入射到所述分光器件,由所述分光器件将所述信号光中包含的所述荧光和所述散射光分离。

[0007] 进一步地,所述物镜的光轴垂直于所述待测样品的待测表面且穿过所述待测样品上的探测光辐照区域。

[0008] 进一步地,上述缺陷检测设备还包括样品台,用于放置所述待测样品并调节所述待测样品的位置。

[0009] 进一步地,上述缺陷检测设备还包括高通滤波器,所述高通滤波器设置于所述分光装置与所述第一探测装置之间的荧光传输路径中,所述高通滤波器用于滤除所述探测光

对应的散射光。

[0010] 进一步地,上述缺陷检测设备还包括第一激光陷阱和第二激光陷阱,所述第一激光陷阱设置于所述待测样品的反射光传播路径上,所述第二激光陷阱设置于所述待测样品的透射光传播路径上,用于吸收残余的探测光。

[0011] 进一步地,所述控制装置具体用于:根据所述散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息;通过对比所述散射光图像信息以及所述荧光图像信息,得到所述待测样品的亚表面缺陷信息。

[0012] 第二方面,本发明实施例还提供了一种缺陷检测方法,所述方法包括:通过激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,所述信号光包括所述探测光在所述待测样品的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及所述待测样品的表面缺陷和/或亚表面缺陷在所述探测光的激发下产生的荧光;通过分光装置将所述信号光中包含的所述散射光和所述荧光进行分离,使得所述荧光入射到第一探测装置成像,所述散射光入射到第二探测装置成像;通过控制装置处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。

[0013] 进一步地,所述通过激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,包括:将所述待测样品放置于样品台上;通过所述激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上;通过所述样品台调节所述待测样品的位置,使得所述探测光按照预设轨迹对所述待测样品进行扫描,在所述待测样品的每个扫描位置处形成所述信号光。

[0014] 进一步地,所述处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息,包括:根据所述散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息;通过对比所述散射光图像信息以及所述荧光图像信息,得到所述待测样品的亚表面缺陷信息。

[0015] 本发明实施例提供的缺陷检测设备,先通过激光发射装置发出探测光,并使探测光辐照到待测样品上,形成信号光,信号光包括探测光在待测样品的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及待测样品的表面缺陷和/或亚表面缺陷在探测光的激发下产生的荧光,然后通过分光装置将信号光中包含的散射光和荧光进行分离,使得荧光入射到第一探测装置成像,散射光入射到第二探测装置成像,进而通过控制装置处理第一探测装置采集到的荧光图像信息以及第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。通过本发明提供的技术方案能够实现对待测样品的亚表面缺陷的无损检测,而且能够同时实现对待测样品的表面缺陷的无损检测,有利于节约缺陷检测的测试时间,提高测试效率。

[0016] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

## 附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对

范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0018] 图1为本发明实施例提供的缺陷检测设备的一种结构示意图;

[0019] 图2为本发明实施例提供的缺陷检测设备的另一种结构示意图;

[0020] 图3为本发明实施例提供的光学元件表面和亚表面缺陷示意图;

[0021] 图4为利用本发明实施例提供的缺陷检测设备对KDP晶体元件进行检测得到的散射缺陷和荧光缺陷图像;

[0022] 图5为本发明实施例提供一种缺陷检测方法的方法流程图。

[0023] 图中,附图标记分别为:

[0024] 缺陷检测设备1;待测样品10;激光发射装置11;激光器111;光束控制模块112;反射镜113;分光装置12;分光器件121;物镜122;像传递系统123;第一探测装置13;第一光电探测器131;第一成像透镜组132;第二探测装置14;第二光电探测器141;第二成像透镜组142;控制装置15;样品台16;第一激光陷阱17;第二激光陷阱18。

### 具体实施方式

[0025] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0026] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0027] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0028] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0029] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“连接”、“耦合”应做广义理解。例如,连接可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。两个器件之间耦合,表示由其中一个器件出射的光入射到另一个器件。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0030] 本文中,术语“和/或”,仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况。另外,本文中字符“/”,一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0031] 本发明实施例提供了一种缺陷检测设备,能够实现对待测样品的表面缺陷以及亚表面缺陷的无损检测。本发明实施例中,待测样品可以是光学元件,或者,也可以是其它透明元件。

[0032] 如图1所示,本发明实施例提供的缺陷检测设备1包括:激光发射装置11、分光装置12、第一探测装置13、第二探测装置14以及控制装置15。

[0033] 其中,激光发射装置11用于发出探测光,并使得探测光辐照到待测样品10上,形成信号光。其中,信号光包括探测光在待测样品10的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及待测样品10的表面缺陷和/或亚表面缺陷在探测光的激发下产生的荧光。

[0034] 具体来讲,如图2所示,激光发射装置11可以包括激光器111。激光器111的波长可以由待测样品10的材料缺陷特性决定。作为一种实施方式,可以采用波长在紫外波段的激光器111。例如,可以采用355nm连续激光,此时,所激发的荧光波段在400nm~700nm范围内。

[0035] 本实施例中,为了方便控制,激光器111可以与控制装置15电连接,这样就可以通过控制装置15控制探测光的输出。

[0036] 可选地,激光发射装置11除了包括激光器111以外,还可以包括光束控制模块112,此时,激光器111发出的探测光经光束控制模块112后入射到所述待测样品10上。具体来讲,光束控制模块112可以根据用户需要设置,用于调节探测光对应的光斑的形状、尺寸以及光通量,即调节探测光在待测样品10上的辐照区域的形状、尺寸以及光通量。例如,光束控制模块112可以由透镜组以及光阑等组成。

[0037] 可选地,如图2所示,激光发射装置11还可以包括一个或多个反射镜113。反射镜113用于调节探测光的传播方向,即可以调节探测光入射到待测样品10上的入射角度。此外,通过设置反射镜113还可以起到折叠光路的作用,有利于减小本缺陷检测设备1的占用空间。例如,如图2所示,激光发射装置11可以包括两个反射镜113。当然,在本发明其他实施例中,反射镜113的个数也可以为1个或3个等。

[0038] 需要说明的是,在激光辐照下,待测样品10的表面缺陷会散射激光,而待测样品10的亚表面缺陷会受激光激发产生荧光。并且,待测样品10的某些表面缺陷在激光辐照下,既会产生散射光,也会被激发产生荧光。以待测样品10为光学元件为例,在光学加工过程中,对光学元件进行磨削、研磨和抛光等时候,由于对光学元件的机械物理作用和光学作用,在光学元件表面以及表面以下容易产生划痕、微裂纹、残留杂质、颗粒污染等缺陷,如图3所示。通常把位于表面以下如沉积层和破碎层的缺陷称为亚表面缺陷。

[0039] 由待测样品10出射的信号光入射到分光装置12。分光装置12位于待测样品10的待测表面一侧,用于将信号光中包含的散射光和荧光进行分离,使得分离出的荧光入射到第一探测装置13成像,分离出的散射光入射到第二探测装置14成像。

[0040] 具体来讲,如图2所示,分光装置12可以包括物镜122和分光器件121。作为一种实施方式,分光器件121可以采用能够对探测光高反、对荧光波段高透的色分离镜,具体根据探测光波长和荧光波段设置。例如,当采用355nm激光器时,可以利用对355nm高反,400nm以上波段高透的色分离镜,将散射光和荧光分离,此时,经色分离镜透射的荧光入射到第一探测装置13,经色分离镜反射的散射光入射到第一探测装置13。

[0041] 激光发射装置11发出的探测光辐照到待测样本上后,形成的信号光进入物镜122,由物镜122出射后入射到分光器件121,由分光器件121将信号光中包含的荧光和散射光分

离。

[0042] 为了避免由待测样品10反射的探测光进入分光装置12,影响散射光的探测,物镜122的光轴应与待测样品10的反射光传播路径呈预设角度,且该预设角度大于0,使得待测样品10反射的探测光无法进入物镜122。

[0043] 作为一种实施方式,如图2所示,物镜122可以正对待测样品10的待测表面上探测光的辐照区域放置。具体来讲,可以使得物镜122的光轴垂直于待测样品10的待测表面且穿过待测样品10上的探测光辐照区域。

[0044] 可选地,如图2所示,分光装置12还可以包括像传递系统123,像传递系统123设置于物镜122和分光器件121之间的光传播路径上,由物镜122出射的信号光经像传递系统123传输到分光器件121,以避免信号光的相位和振幅在传输过程中发生变化。

[0045] 由分光装置12分离出的荧光入射到第一探测装置13,由分光装置12分离出的散射光入射到第二探测装置14。第一探测装置13用于接收由分光装置12出射的荧光信号,得到荧光图像信息,第二探测装置14用于接收由分光装置12出射的散射光信号,得到散射光图像信息。

[0046] 具体来讲,如图2所示,第一探测装置13包括第一光电探测器131,第二探测装置14包括第二光电探测器141。本实施例中,第一光电探测器131可以采用能够检测到上述荧光信号的电荷耦合器件(Charge-coupled Device, CCD),用于对上述荧光信号进行成像。例如,第一光电探测器131可以采用响应波段包含上述荧光信号波段的EMCCD(Electron-Multiplying CCD,电子倍增CCD)、ICCD(Intensified CCD,增强CCD)等具有较高灵敏度的探测器件。第二光电探测器141可以采用响应波段包含探测光波长的CCD,用于对上述散射光信号进行成像。当然,在本发明的其他实施例中,第一光电探测器131还可以采用其它的荧光图像采集模块,第二光电探测器141也可以采用其它的散射光图像采集模块。

[0047] 可以理解的是,如图2所示,第一探测装置13还可以包括第一成像透镜组132,第一成像透镜组132设置于分光器件121与第一光电探测器131之间的荧光传播路径上,使得由分光器件121分离出的荧光成像到第一光电探测器131上。第二探测装置14还可以包括第二成像透镜组142,第二成像透镜组142设置于分光器件121与第二光电探测器141之间的散射光传播路径上,使得由分光器件121分离出的散射光成像到第二光电探测器141上。

[0048] 第一探测装置13与第二探测装置14均与控制装置15电连接,分别将采集到的待测样品10上的荧光图像信息和散射光图像信息发送给控制装置15。控制装置15用于处理第一探测装置13采集到的荧光图像信息以及第二探测装置14采集到的散射光图像信息,得到待测样品10的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。本实施例中,控制装置15可以包括单片机、DSP、ARM或FPGA等具有数据处理功能的芯片。例如,控制装置15可以包括计算机。当然,为了方便用户查看所得到的待测样品10的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息,控制装置15还可以配置有显示器,以对待测样品10的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息进行显示。

[0049] 具体来讲,控制装置15处理所述第一探测装置13采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置14采集到的散射光图像信息,得到待测样品10的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息的实施过程可以包括:根据所述散射光图像信息,得到所述待测样品10的表面缺陷信息;通过对比所述散射光图像信息以及所述荧光图像信息,得到所述待测样品10的亚表面缺陷信息。

[0050] 可以理解的是,通过检测待测样品10表面的散射光分布得到的缺陷均为待测样品10的表面缺陷信息,因此,可以通过分析第二探测装置14采集到的散射光图像信息的光强分布,得到待测样品10的表面缺陷信息。由于待测样品10表面可能存在某些缺陷在探测光的辐照下也会产生荧光,基于第一探测装置13采集到的荧光图像信息得到的缺陷信息中既包含待测样品10的亚表面缺陷信息,也包含有表面缺陷信息。因此,需要进一步从基于荧光图像信息得到的缺陷信息中区分出待测样品10的亚表面缺陷信息。

[0051] 经发明人研究发现,待测样品10表面上能够在探测光辐照下产生荧光的缺陷如杂质或其他污染颗粒等,在产生荧光的同时,也会产生散射光。因此,通过对比散射光图像信息以及荧光图像信息,就可以将基于荧光图像信息得到的缺陷信息中,既产生了荧光又产生了散射光的缺陷剔除,将剔除后剩余的缺陷信息作为待测样品10的亚表面缺陷信息。

[0052] 例如,图4为通过图2所示的缺陷检测设备对飞切加工的KDP(磷酸二氢钾)晶体元件进行检测,得到的散射缺陷和荧光缺陷图像。图4中的a)图为散射缺陷图像,图4中的b)图为荧光缺陷图像。通过对比图4中的a)图和b)图,可以明显看出,椭圆区域标注的部分缺陷在散射图像和荧光图像中均存在,属于可以产生荧光的表面缺陷,矩形区域标注的部分缺陷只在荧光图像中存在,为亚表面缺陷。

[0053] 本实施例中,通过对比散射光图像信息以及荧光图像信息,得到待测样品10的亚表面缺陷信息的具体实施方式有多种。作为一种实施方式,可以通过分析上述荧光图像信息的光强分布获取特征点,进而针对每个特征点,判断基于散射光图像信息得到的表面缺陷信息中是否存在一个缺陷点与该特征点的位置相同或相近,若存在,则判定该特征点属于待测样品10的表面缺陷,将该特征点剔除,若不存在,则判定该特征点属于待测样品10的亚表面缺陷,保留该特征点。完成对每个特征点的判断后,即可得到待测样品10的亚表面缺陷信息。

[0054] 假设基于荧光图像信息的光强分布获取了M个特征点,其中N个特征点属于待测样品10的表面缺陷,将该特征点剔除,则剩余的M-N个特征点为待测样品10的亚表面缺陷。其中,M和N均为大于或等于0的整数,且M大于或等于N。

[0055] 可选地,为了避免探测光对应的散射光对荧光信号检测的影响,本发明实施例提供的缺陷检测设备1还可以包括高通滤波器(图中未示出),用于滤除荧光成像路径中探测光对应的散射光。具体来讲,高通滤波器可以设置于分光装置12与第一探测装置13之间的荧光传输路径中。例如,可以设置于上述分光器件121与第一成像透镜组132之间。

[0056] 可选地,为了避免待测样品10反射以及透射的激光造成安全隐患,如图2所示,本发明实施例提供的缺陷检测设备1还可以包括第一激光陷阱17和第二激光陷阱18,用于吸收残余的探测光。其中,第一激光陷阱17设置于待测样品10的反射光传播路径上,用于吸收待测样品10反射的探测光;第二激光陷阱18设置于待测样品10的透射光传播路径上,用于吸收待测样品10透射的探测光。

[0057] 可选地,为了方便调焦,本发明实施例提供的缺陷检测设备1还可以包括照明光源(图中未示出),用于辅助第一探测装置和第二探测装置采集待测样品10的明场图像。照明光源发射出的光能够直接照射到待测样品10上,以便调节待测样品10以及各成像单元的位置,使得第一探测装置13和第二探测装置14均能够较清晰地采集到待测样品10表面的明场图像。本实施例中,照明光源可以采用白光光源,例如可以采用LED灯或氙灯等。可选地,照

明光源可以安装于上述第一成像透镜组132或第二成像透镜组142对应的成像镜头上。

[0058] 另外,可以理解的是,在测试过程中,待测样品10应放置于样品台上。样品台可以是独立设置的。当然,为了方便检测,如图2所示,本发明实施例提供的缺陷检测设备1还可以包括样品台16,用于放置所述待测样品10并调节待测样品10的位置。可选地,样品台16可以采用三维电动移动平台,三维电动移动平台与控制装置15电连接,可以通过控制装置15控制三维电动移动平台移动,从而调节待测样品10的位置。当然,在本发明的其他实施例中,样品台16也可以采用手动调节平台。

[0059] 为了更清楚地说明本发明实施例提供的技术方案,下面以本实施例提供的一种缺陷检测设备1为例,对缺陷检测设备1的使用过程进行介绍:

[0060] 首先,在待测样品10的待测表面做标记点,该标记点在激光辐照下可产生荧光和散射光。

[0061] 然后,在照明光源下,将待测样品10安装在样品台16上,通过微调样品台16以及各成像单元,使得待测样品10在整个待测表面均能够在第一光电探测器131和第二光电探测器141上清晰成像。

[0062] 接着,关闭照明光源,开启激光器111,调整反射镜113,使激光器111产生的探测光投射到标记点处,激发出荧光并产生散射光,再调整激光器111的输出功率,使激发的荧光和产生的散射光能相应的被第一光电探测器131和第二光电探测器141清晰地探测到。需要说明的是,激光器111的输出功率可以调节为100mW,利用光束控制模块112和反射镜113能够控制探测光束入射到待测样品10表面的光斑面积和入射角度,并可根据待测样品10对应的荧光信号以及散射光信号的强弱控制辐照到待测样品10上的标记点处的探测光功率。

[0063] 完成上述调整后,通过驱动样品台16带动待测样品10按照预设方向运动,使得探测光按照预设轨迹对待测样品10的待测表面进行扫描,从而对待测样品10的不同扫描位置连续成像,通过对不同扫描位置对应的图像信息进行拼接,即可同时获得整个扫描区域的散射光分布情况和荧光分布情况。例如,假设待测样品10的厚度方向即垂直于待测样品10表面的方向为Z方向,待测样品10的宽度方向为X方向,待测样品10的长度方向为Y方向,调节待测样品10在XY平面上移动,即可实现对不同扫描位置连续成像。

[0064] 通过控制装置15对整个扫描区域的散射光图像信息进行处理即可得到扫描区域对应的表面缺陷信息,结合分析整个扫描区域的散射光图像信息以及荧光图像信息即可获得扫描区域对应的亚表面缺陷信息。

[0065] 需要说明的是,在上述检测过程中,待测样品10的移动步长即探测光在待测样品10上的扫描步长应该与第一光电探测器131和第二光电探测器141的采样间隔匹配,以实现每个扫描位置处的荧光图像信息和散射光图像信息的采集。

[0066] 本发明实施例提供的缺陷检测设备1,能够同时采集到待测样品10对应的散射光图像信息和荧光图像信息,进而基于采集到的散射光图像信息和荧光图像信息,分别得到待测样品10的表面缺陷信息和亚表面缺陷信息,实现了对待测样品10的亚表面缺陷的无损检测。并且,同时实现了待测样品10的表面缺陷和亚表面缺陷的探测,有利于节约缺陷检测的测试时间,提高测试效率。

[0067] 另外,如图5所示,本发明实施例还提供了一种缺陷检测方法,该方法可以应用于上述缺陷检测设备。所述方法包括:

[0068] 步骤S501,通过激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,所述信号光包括所述探测光在所述待测样品的表面缺陷处发生散射而形成的散射光以及所述待测样品的表面缺陷和/或亚表面缺陷在所述探测光的激发下产生的荧光;

[0069] 步骤S502,通过分光装置将所述信号光中包含的所述散射光和所述荧光进行分离,使得所述荧光入射到第一探测装置成像,所述散射光入射到第二探测装置成像;

[0070] 步骤S503,通过控制装置处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息。

[0071] 进一步地,所述通过激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上,形成信号光,包括:将所述待测样品放置于样品台上;通过所述激光发射装置发出探测光,并使得所述探测光辐照到待测样品上;通过所述样品台调节所述待测样品的位置,使得所述探测光按照预设轨迹对所述待测样品进行扫描,在所述待测样品的每个扫描位置处形成所述信号光。

[0072] 进一步地,控制装置处理所述第一探测装置采集到的荧光图像信息以及所述第二探测装置采集到的散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息以及亚表面缺陷信息,包括:根据所述散射光图像信息,得到所述待测样品的表面缺陷信息;通过对比所述散射光图像信息以及所述荧光图像信息,得到所述待测样品的亚表面缺陷信息。

[0073] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的方法的具体实现过程,可以参考上述装置实施例中的相应过程,在此不再赘述。

[0074] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

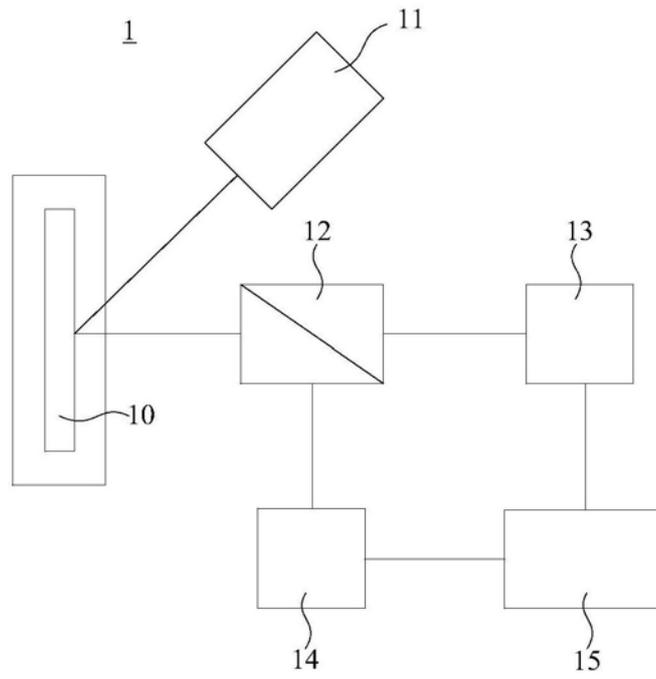


图1

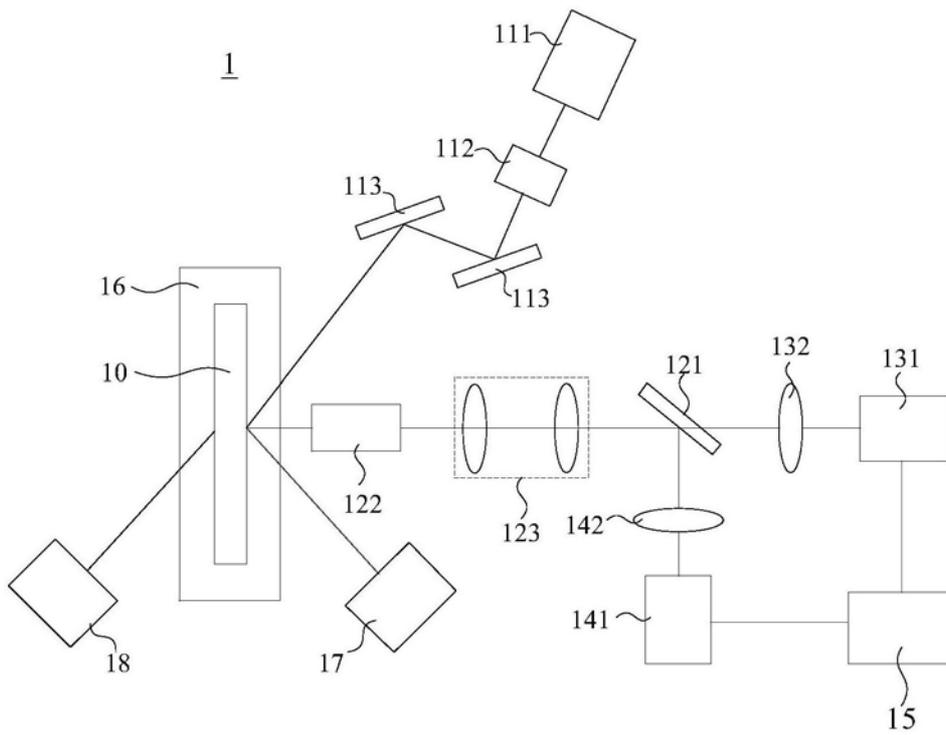


图2

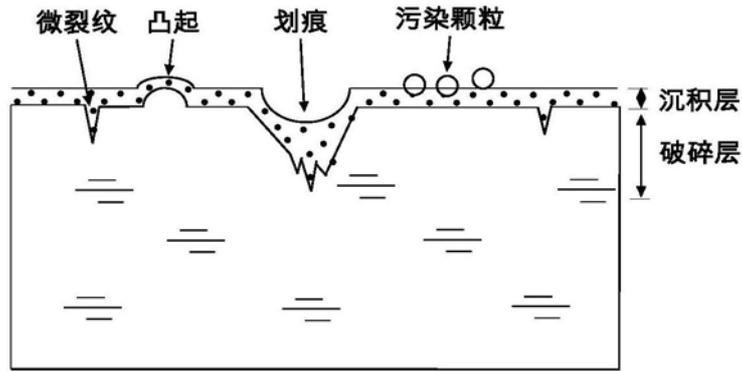


图3

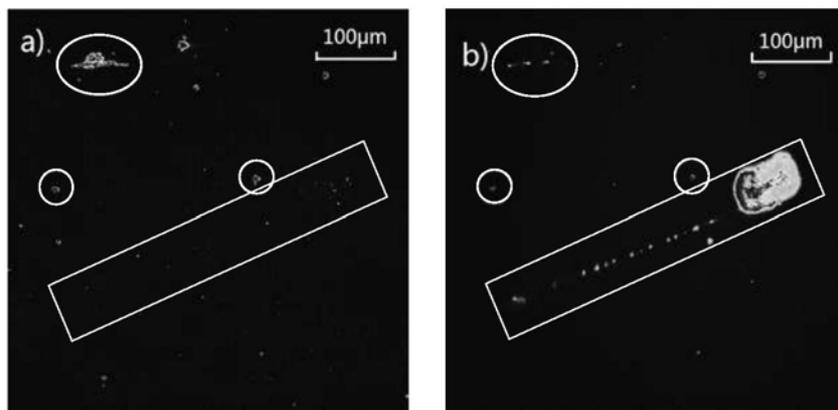


图4

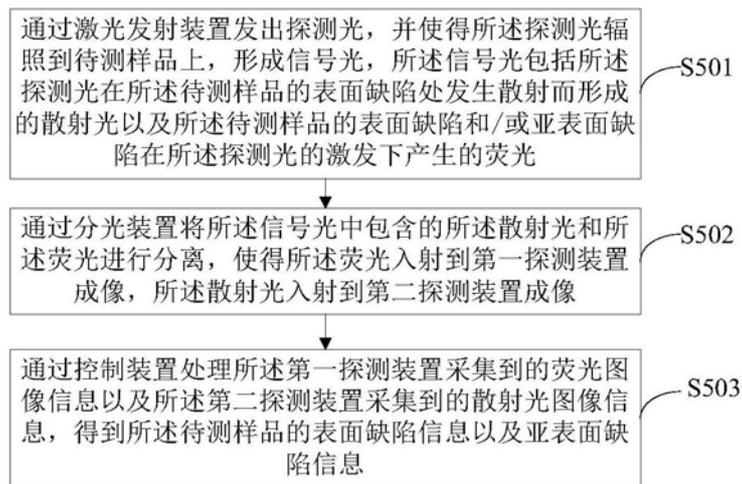


图5