



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114208024 B

(45) 授权公告日 2024.10.11

(21) 申请号 202080056894.X

(22) 申请日 2020.07.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114208024 A

(43) 申请公布日 2022.03.18

(30) 优先权数据
102019121807.1 2019.08.13 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.02.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/070695 2020.07.22

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/028175 DE 2021.02.18

(73) 专利权人 弗劳恩霍夫应用研究促进协会
地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 J·格雷乌利奇

(74) 专利代理机构 北京英创嘉友知识产权代理
事务所(普通合伙) 11447
专利代理师 南毅宁

(51) Int.Cl.
G01N 21/95 (2006.01)

(56) 对比文件
EP 2378278 A1, 2011.10.19
FR 3038165 A1, 2016.12.30

审查员 李祥

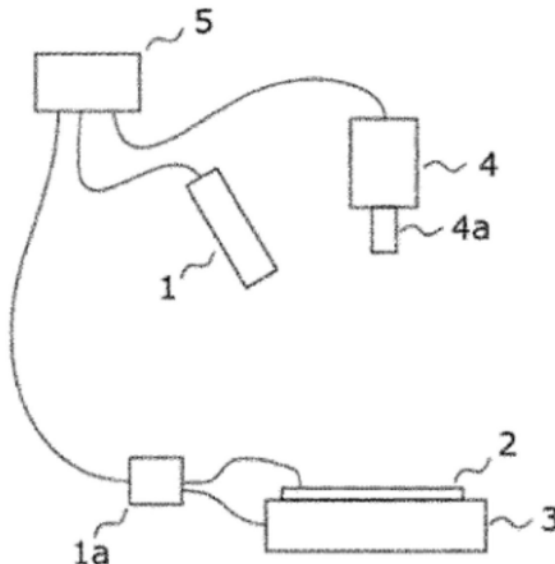
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的方法,所述方法具有以下方法步骤:A.通过向复合太阳能电池加载激励辐射和/或在复合太阳能电池的触点上施加电压,在子太阳能电池中产生发光辐射;B.通过至少一个具有多个探测器元件的多元件探测器空间解析地检测所述发光辐射,并且针对不同的子太阳能电池评估所述发光辐射的不同光谱范围。本发明的特征在于,在方法步骤B中,给所述探测器元件同时加载由所述复合太阳能电池发出的发光辐射,通过第一组探测器元件检测第一光谱范围,并通过至少一个不同于第一组的第二组探测器元件检测至少一个第二光谱范围,第一和第二光谱范围是不同的。



1. 用于利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的方法,所述方法具有以下方法步骤:

A. 通过向复合太阳能电池 (2) 加载激励辐射和/或在复合太阳能电池 (2) 的触点上施加电压,在子太阳能电池中产生发光辐射;

B. 通过至少一个具有多个探测器元件的多元件探测器空间解析地检测所述发光辐射,并且针对不同的子太阳能电池评估所述发光辐射的不同光谱范围;

其特征在于,

在方法步骤B中,给所述探测器元件同时加载由所述复合太阳能电池 (2) 发出的发光辐射,通过第一组探测器元件检测第一光谱范围,并通过至少一个不同于第一组的第二组探测器元件检测至少一个第二光谱范围,第一和第二光谱范围是不同的;

其中,所述方法还包括:

使重叠光谱范围内的发光辐射的强度减弱或者完全阻挡重叠光谱范围内的发光辐射,至少两组探测器元件的灵敏度在所述重叠光谱范围内重叠;

其中,不同组的探测器元件的光谱灵敏度具有不同的光谱焦点,在光谱中具有不同的最大值,所述灵敏度有重叠。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,分组地评估所述多元件探测器的探测器元件的测量信号。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,第一组的测量信号用于分析一个子太阳能电池,第二组的测量信号用于分析另一个子太阳能电池。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,其他组的测量信号用于分析其他子太阳能电池。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,其他组的测量信号用于分析其他子太阳能电池,和将多个组的测量信号的组合用于分析一个子太阳能电池。

6. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,将多个组的测量信号的组合用于分析一个子太阳能电池。

7. 根据权利要求5或6所述的方法,其特征在于,将多个组的测量信号的组合用于分析一个子太阳能电池包括将两组或更多组的测量信号的减法用于分析一个子太阳能电池。

8. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其特征在于,通过所述多元件探测器拍摄发光辐射的至少一个图像,对于所述图像,分组地对第一组探测器元件的测量信号和至少第二组探测器元件的测量信号单独进行评估。

9. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其特征在于,选择性地使发光辐射强度高于其他子太阳能电池的子太阳能电池的发光辐射减弱。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,通过光学过滤器来减弱发光辐射强度高于其他子太阳能电池的子太阳能电池的发光辐射。

11. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其特征在于,通过光学过滤器来减弱所述重叠光谱范围内的发光辐射的强度或阻挡所述重叠光谱范围内的发光辐射。

12. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其特征在于,通过所述多元件探测器以不同的用于产生发光辐射的激励条件,拍摄至少一个第一和第二图像,并且第一图像用于分析一个子太阳能电池,而第二图像用于分析另一个太阳能电池。

13. 用于利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池 (2) 的装置, 具有:

激励单元 (1、1a), 用于向复合太阳能电池 (2) 施加电压和/或用于给复合太阳能电池 (2) 加载电磁的激励辐射, 以便在子太阳能电池中产生发光辐射,

接收单元 (4), 所述接收单元具有至少一个具有多个探测器元件的多元件探测器, 并且被构造通过所述探测器元件空间解析地检测由所述复合太阳能电池 (2) 发出的发光辐射, 以及

评估单元 (5), 用于评估所述探测器元件的测量信号, 其特征在于,

所述装置被构造给第一组探测器元件加载发光辐射的第一光谱范围, 并且给至少一个与第一组不同的第二组探测器元件加载发光辐射的至少一个第二光谱范围, 第一和第二以及可选的其他光谱范围是不同的;

所述装置还被构造使重叠光谱范围内的发光辐射的强度减弱或者完全被阻挡, 至少两组探测器元件的灵敏度在所述重叠光谱范围内重叠;

其中, 不同组的探测器元件的光谱灵敏度具有不同的光谱焦点, 在光谱中具有不同的最大值, 所述灵敏度有重叠。

14. 根据权利要求13所述的装置, 其特征在于, 所述多元件探测器被构造具有至少两个色彩通道的彩色相机。

15. 根据权利要求14所述的装置, 其特征在于, 所述多元件探测器被构造彩色CCD或CMOS相机。

16. 根据权利要求13至15中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述多元件探测器具有拜耳矩阵。

17. 根据权利要求13至15中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述多元件探测器被构造多光谱相机。

18. 根据权利要求17所述的装置, 其特征在于, 所述多元件探测器被构造高光谱相机。

19. 根据权利要求13至15中任一项所述的装置, 其特征在于, 选择性地使发光辐射强度高于其他子太阳能电池的子太阳能电池的发光辐射减弱。

20. 根据权利要求19所述的装置, 其特征在于, 通过光学过滤器来减弱发光辐射强度高于其他子太阳能电池的子太阳能电池的发光辐射。

21. 根据权利要求13至15中任一项所述的装置, 其特征在于, 通过光学过滤器来减弱所述重叠光谱范围内的发光辐射的强度或阻挡所述重叠光谱范围内的发光辐射。

利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的方法和装置

[0001] 描述

[0002] 对于有掺杂的半导体基体,特别是对硅晶片和基于硅晶片的器件,如光伏太阳能电池,已知的是,根据在半导体中产生的发光辐射和对发光辐射的测量,得到关于半导体基体的材料参数或器件的特性的信息。在WO 2007/041758 A1和EP 1 840 541 A1记载了这样的装置。

[0003] 此外,通过发光辐射进行分析提供了这样的优点,即,可以分析具有多个pn结的半导体器件。例如,为了提高复合太阳能电池的效率,已知的是,在所述复合太阳能电池中以层状结构相叠地设置有多于一个pn结,从而从太阳能电池朝向入射的辐射的表面出发,有多于一个子太阳能电池相叠地设置。这些子太阳能电池被优化用于转换入射辐射的不同光谱分量,通常更靠上的子太阳能电池被优化用于较短波长的光谱范围,更靠下的子太阳能电池被优化用于较长波长的光谱范围,其穿透深度更大。

[0004] 这种复合太阳能电池也可以通过发光辐射来分析。特别是,在常见的复合太阳能电池中的不同子太阳能电池,在不同的波长范围中发出发光辐射,因此,分离所发出的发光辐射,就可以对各个子太阳能电池进行单独分析。这里,对所发出的发光辐射进行空间解析地检测,因此,可以对每个子太阳能电池进行空间解析的分析。

[0005] 发光辐射的这种用于通过发光辐射分析具有两个子太阳能电池的复合太阳能电池(堆叠型太阳能电池)的应用记载在IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS,VOL.7,N0.4,2017年7月108,Nondestructive Probing of Perovskite Silicon Tandem Solar Cells Using Multiwavelength Photoluminescence Mapping,Laura E.Mundt et al.中。这里,对于发光辐射使用两个不同的探测器,所述探测器被构造成用于探测不同波长范围内的发光辐射,从而第一探测器用于分析第一子太阳能电池,而第二探测器用于分析第二子太阳能电池。

[0006] 随着不断地将用于复合太阳能电池的制造工艺从试验室规模转移到工业生产中,存在这样的需求,即经济地分析复合太阳能电池。

[0007] 因此,本发明的目的在于,提供用于利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的方法和装置,所述方法和装置不易发生故障,并且成本低廉。

[0008] 所述目的通过根据权利要求1的方法以及根据权利要求7的装置来实现。有利的实施方案在从属权利要求中给出。

[0009] 根据本发明的方法优选设计为通过根据本发明的装置、特别是所述装置的有利的实施方式来进行。根据本发明的装置优选被构造成用于执行根据本发明的方法、特别是所述方法的优选的实施方式。

[0010] 根据本发明的用于利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的方法,具有方法步骤A,其中,通过向复合太阳能电池加载激励辐射和/或在复合太阳能电池的触点上施加电压,在子太阳能电池中产生发光辐射。由此,按本身已知的方式在子太阳能电池中产生发光辐射,以便执行所谓的电致发光法和/或光致发光法。

[0011] 在方法步骤B中,通过至少一个具有多个探测器元件的多元件探测器空间解析地检测所述发光辐射,并且针对不同的子太阳能电池评估所述发光辐射的不同光谱范围。

[0012] 由此可以基于对发光辐射的不同光谱范围的评估,来单独地分析各个子太阳能电池,这里可以空间解析地分析每个子太阳能电池。

[0013] 重要的是,在方法步骤B中,给各探测器元件同时加载由复合太阳能电池发出的发光辐射,通过第一组探测器元件检测第一光谱范围,并通过至少一个不同于第一组的第二组探测器元件检测至少一个第二光谱范围,第一和第二光谱范围以及可选地其他光谱范围是不同的。

[0014] 因此,根据本发明的方法设定,在使用多元件探测器时,将所述多元件探测器的探测器元件分成至少两个组,将这些组分配给不同的光谱范围。

[0015] 由此,为了探测不同的光谱范围,可以不需要使用多个单独的用于不同的光谱范围的探测器,并且不必机械地替换所述探测器或机械地替换光学过滤器。由此,所述方法可以利用一个装置来执行,所述装置具有较少的部件和/或较少的活动部件,从而使得能够快速和经济地执行。

[0016] 此外,所述目的通过根据权利要求7的根据本发明的装置来实现。所述用于利用发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池的装置具有激励单元,用于向复合太阳能电池施加电压和/或用于给复合太阳能电池加载电磁的激励辐射,以便在子太阳能电池中产生发光辐射。此外,所述装置还具有接收单元,所述接收单元具有至少一个具有多个探测器元件的多元件探测器,并且被构造成通过所述探测器元件空间解析地检测由所述复合太阳能电池发出的发光辐射。此外,所述装置还具有评估单元,用于评估所述探测器元件的测量信号。

[0017] 由此,所述装置被构造成用于通过光致发光和/或电致发光的方式进行分析。

[0018] 重要的是,所述装置被构造成给第一组探测器元件加载发光辐射的第一光谱范围,并且给至少一个与第一组不同的第二组探测器元件加载发光辐射的至少一个第二光谱范围,第一和第二光谱范围以及可选的其他光谱范围是不同的。

[0019] 由此得到前面在说明根据本发明的方法时所提及的优点。

[0020] 有利地将多元件探测器的探测器元件的测量信号设计成分组的。由此可以以简单的方式将对第一组的评估分配给一个子太阳能电池和对于第二组子的评估分配给第二太阳能电池。因此,特别是有利的是,第一组的测量信号用于分析一个子太阳能电池,第二组的测量信号用于分析另一个子太阳能电池。

[0021] 为了执行快速和简单的分析,有利的是,通过多元件探测器拍摄发光辐射的至少一个图像,对于所述图像,分组地对第一组探测器元件的测量信号和至少一个第二组探测器元件的测量信号单独进行评估。此外,由于所述多元件探测器的探测器元件同时加载由复合太阳能电池发出的发光辐射,由此在另一个有利的实施方式中,利用数量更少的图像,特别是仅利用一个图像就可以对两个光谱范围进行评估,并由此对两个子太阳能电池进行分析。

[0022] 申请人的研究表明,通常,不同子太阳能电池的发光辐射以不同的强度发出。为了实现节省时间地同时分析两个子太阳能电池,有利地选择性地使发光辐射强度高于其他子太阳能电池的子太阳能电池的发光辐射减弱。这种减弱优选通过光学过滤器来进行,所述

光学过滤器优选仅在要减弱的子太阳能电池的发光辐射的光谱范围内实现强度降低,优选通过吸收和/或反射来实现强度降低。所述强度可以减弱90%至99.9%并且更多地减弱。在本发明范围内的特别是使用电介质过滤器。

[0023] 申请人的研究进一步表明,通常,不同组的探测器元件的光谱灵敏度具有不同的光谱焦点,特别是在光谱中具有不同的最大值,由于这种光谱分布,所述灵敏度是有重叠的。因此,有利的是,使重叠光谱范围内的发光辐射的强度减弱或者完全阻挡重叠光谱范围内的发光辐射,至少两组探测器元件的灵敏度在所述重叠光谱范围内重叠。优选通过光学过滤器来实现减弱或阻挡。相应地,根据本发明的装置优选具有光学过滤器,以便阻挡第一组和第二组以及可选地其他组的探测器元件的光谱灵敏度的重叠区域。

[0024] 由此实现了同时分析两个子太阳能电池,这里,实现了两个太阳能电池之间更好的分离,因为减弱了重合区域中的发光辐射。

[0025] 对于减弱或完全阻挡的优选光谱区域是,例如800nm至950nm或1050nm至1200nm。在这个光谱范围内,减弱优选进行90%至99.99并且超出这个程度。

[0026] 如前面所述,发光辐射有利地通过多元件探测器的第一组探测器元件和第二组探测器元件同时进行测量。由此特别有利的是,对于预先给定的激励类型,通过给太阳能电池加载激励辐射和/或施加用于产生发光辐射的电压来进行两个子太阳能电池的分析。

[0027] 但一些复合太阳能电池具有这样的子太阳能电池,为了产生具有足够强度的发光辐射,有利地给所述子太阳能电池加载不同的激励条件。

[0028] 因此,在一个有利的实施形式中,通过所述多元件探测器以不同的用于产生发光辐射的激励条件拍摄至少一个第一和第二图像,并且第一图像用于分析一个子太阳能电池,而第二图像用于分析另一个子太阳能电池。

[0029] 因此,在分析一个图像时,仅使用两组探测器元件中的一组的测量信号,并且相应地在分析另一个子太阳能电池时使用另一组探测器元件的测量信号。相比于在先已知的装置,给出了一种节省时间和成本的方法,因为尽管需要拍摄并评估多元件探测器的两个图像,但仍可以在没有机械变化、即没有更换探测器或更换光学过滤器的情况下执行所述多元件探测器的使用。

[0030] 优选所述多元件探测器被构造成具有至少两个色彩通道的彩色相机,特别是彩色CCD或CMOS相机。由此可以以经济的方式使用市场上常见的相机,这种相机在工厂中就已经具有多元件探测器(特别是CCD或CMOS芯片)的探测器元件的不同组,这些组分配给不同的光谱范围,例如不同的色彩通道,例如对于RGB相机是R色彩通道、B色彩通道和G色彩。

[0031] 由此实现了一种特别经济的结构。

[0032] 有利地,所述多元件探测器具有拜耳矩阵。这里实现了这样的优点,这种传感器是市场上常见的,由此可以经济地购得,并且已经分配成不同的色彩通道。

[0033] 在另一个有利的实施形式中,所述多元件探测器被构造成多光谱相机,特别是高光谱相机。

[0034] 这种本身已知的相机具有这样的优点,即实现分成多个色彩通道并且由此可以合并多个色彩通道,以便分析子太阳能电池。由此,第一组的探测器有利地组合,以便分析所述一个子多元件探测器,并且剩余的探测器用于分析另一个子太阳能电池。

[0035] 下面将参考实施例和附图来说明根据本发明的方法和根据本发明的装置的其他

有利特征和实施方式。

[0036] 图1示出根据本发明的装置的一个实施例。

[0037] 图1示意性示出根据本发明的用于通过发光辐射分析具有至少两个子太阳能电池的复合太阳能电池。

[0038] 所述装置具有激励单元1,所述激励单元被构造成光源。所述装置根据当前实施例被构造成用于分析被构造成堆叠型电池的光伏复合太阳能电池2。所述堆叠型电池按本身已知的方式具有两个相叠设置的pn结。为此,在硅基体上设置多个层,包括用于构成上部的子太阳能电池的过氧化物层,而在硅基体中构成了下部的第二子太阳能电池。

[0039] 所述复合太阳能电池2设置在太阳能电池支架3上,所述太阳能电池支架通过传送带垂直于图平面移动,以便所述复合太阳能电池在在线制造工艺中移动。

[0040] 所述装置具有接收单元4,所述接收单元在当前情况下被构造成市场上常见的RGB相机,没有市场上常见的红外屏蔽过滤器,这种RGB相机具有CCD或CMOS芯片(在当前情况下是CCD芯片),所述芯片构造成拜耳传感器,并且由此具有拜耳阵列。

[0041] 在所述接收单元4前面设置有物镜4a,用于对CCD芯片上的复合太阳能电池发出的发光辐射进行成像。此外,所述物镜4a具有滤光片,以便吸收/反射(在当前情况下是吸收)激励单元1的激励辐射,从而通过接收单元不会探测到由复合太阳能电池2或其他物体反射的激励辐射。

[0042] 所述激励单元1在当前情况下发出波长为640nm和905nm的激励辐射,并且接收单元4的透镜4a中的前面所述的滤光片相应地被构造成用于吸收这个辐射。

[0043] 通过激励单元1加载激励辐射的复合太阳能电池2,由于所述激励利用所述两个子太阳能电池中的每个子太阳能电池发出发光辐射。在硅基体中构成的子太阳能电池的所述发光辐射基本上处于1000nm至1200nm的光谱范围。由通过过氧化物层构成的上部的子太阳能电池发出的发光辐射基本上处于700nm至850nm的光谱范围内。

[0044] 为了进一步实现两个光谱范围清晰的分离,物镜4a还具有光学过滤器,所述光学过滤器吸收850nm至950nm范围内的并且在前面所述两个光谱范围之间的辐射。由此确保两个光谱范围的清晰分离。

[0045] 接收单元4的所述CCD芯片如前面所述被构造成拜耳传感器,并且由此具有多个探测器元件,所述探测器元件一方面使得能空间解析地检测发光辐射,此外还使得能在三个色彩通道中检测发光辐射。

[0046] 所述装置具有评估单元5,所述评估单元与激励单元1和接收单元4连接,以便控制激励单元1给复合太阳能电池2加载激励辐射,并且便于评估复合太阳能电池2的测量信号。

[0047] 下面在根据本发明的方法的第一实施例的基础上,描述根据第一实施例的装置的操作。

[0048] 通过评估单元5控制激励单元1,将激励辐射施加到如上所述的复合太阳能电池2,从而使两个子太阳能电池在一个方法步骤中产生发光辐射。

[0049] 在方法步骤B中,通过接收单元4对发光辐射进行空间解析地检测。

[0050] 重要的是,在方法步骤B中,给所述多元件探测器的探测器元件、在当前情况下是CCD或CMOS芯片的各个像素,同时加载由复合太阳能电池发出的发光辐射。这里,通过分配给红、绿和蓝色通道的所有探测器元件组来检测第一光谱范围,并且由此通过与第一组不

同的,分配给红色通道的第二组探测器元件来检测第二光谱范围。通过考察用于分析第一光谱范围的蓝色(或绿色)通道,和考察用于分析第二光谱范围的红色与蓝色(或绿色)通道的差异图像,实现了两个光谱范围的分离。

[0051] 为了分析复合太阳能电池2,只需要通过接收单元4拍摄一个图像,这里,通过评估单元5将第一组探测器元件(蓝色通道)的测量信号用于分析一个硅子太阳能电池,并且将第二和第三组探测器元件的测量信号的差异用于分析(另一个)硅子太阳能电池。

[0052] 对发光辐射的分析可以按本身已知的方式进行,特别是如在Bolun Du et al. Nondestructive inspection, testing and evaluation for Si-based, thin film and multi-junction solar cells: An overview Renewable and Sustainable Energy Reviews 78 (2017) 1117-1151记载的那样,或者用于分析材料参数,如在DE10 2010 019 132中记载的那样。

[0053] 在第一实施例的一个变型方案中,所述装置具有激励单元1a,所述激励单元与复合太阳能电池2的电触点连接,并且被构造成用于给复合太阳能电池2加载电压,以便在子太阳能电池中产生发光辐射。所述激励单元1a与评估单元5连接并且由评估单元控制激励单元,以便执行前面所述的方法。

[0054] 附图标记列表

- [0055] 1、1a 激励单元
- [0056] 2 复合太阳能电池
- [0057] 3 太阳能电池支架
- [0058] 4 接收单元
- [0059] 4a 物镜
- [0060] 5 评估单元

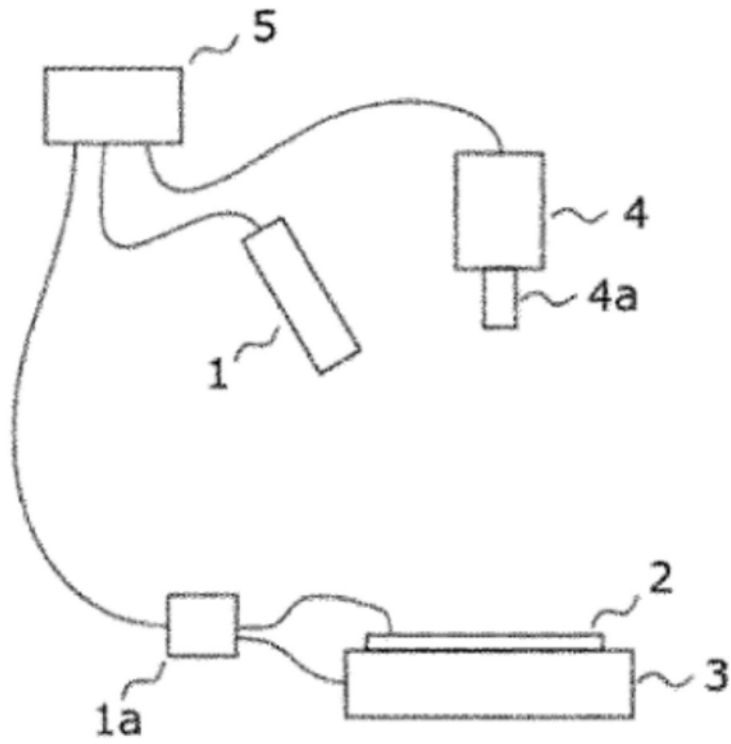


图1