



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104136881 B

(45)授权公告日 2017.08.29

(21)申请号 201380007820.7

(22)申请日 2013.02.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104136881 A

(43)申请公布日 2014.11.05

(30)优先权数据
2012-021787 2012.02.03 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.08.01

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2013/052406 2013.02.01

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/115386 JA 2013.08.08

(73)专利权人 独立行政法人产业技术综合研究所
地址 日本东京都

(72)发明人 蒲原敏浩 野中一洋 远坂启太

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 舒艳君 李洋

(51)Int.Cl.
G01B 11/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 1609550 A,2005.04.27,
CN 1609550 A,2005.04.27,
CN 1504742 A,2004.06.16,
US 2003169418 A1,2003.09.11,
JP 2008216219 A,2008.09.18,
JP 2011089877 A,2011.05.06,
JP 2011089877 A,2011.05.06,
李丽娟等.目标激光散射特性在钢板表面围观轮廓精度测量中的应用.《兵工学报》.2006,第27卷(第1期),第106-110页.

审查员 路晓明

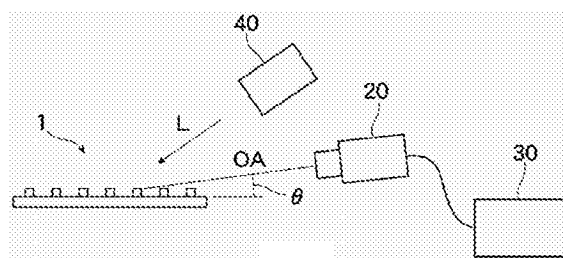
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

计测物品表面上的突起或突条的高度的方法及用于该方法的装置

(57)摘要

本发明涉及计测物品表面上的突起或突条的高度的方法及用于该方法的装置,在计测形成在物品表面上的细微的突起或突条的高度时,能够以非接触的方式高效并且短时间地计测高度。以形成相对于物品(1)的表面呈小角度的摄影光轴(OA)的方式设置摄像装置(20),在来自照明光源(40)的照明光下通过摄像装置(20)对物品(1)的表面进行摄影,通过图像处理装置(30)计测由摄影而得到的图像中与突起或突条的高度相当的尺寸,根据摄像装置(20)的摄影倍率来求得突起的高度。另外,对物品(1)表面呈小角度地照射激光,一边进行扫描一边测定由物品(1)表面上的突起或突条产生的散射光的强度,根据强度分布中峰值的宽度来求得突起或突条的高度。



1. 一种计测物品表面上的突起或突条的高度的方法,是计测形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度的方法,其特征在于,

一边照射按照激光束相对于所载放的物品表面的照射角为 $1\sim 40^\circ$ 范围的方式设定的激光一边使激光和物品表面相对移动来进行扫描,通过光检测部检测由所述突起或突条产生的散射光的强度,求得在所述光检测部的检测过程中检测到的散射光的强度分布中的峰值的宽度,根据该峰值的宽度来求得所述突起或突条的高度。

2. 根据权利要求1所述的计测物品表面上的突起或突条的高度的方法,其特征在于,所述物品表面上的突起或突条是以突出的方式设置在太阳能电池表面上的金属制电极。

3. 一种物品表面上的突起或突条的高度的计测装置,是形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度的计测装置,其特征在于,具备:

台部,其载放计测对象的物品;

激光,其对载放在该台部上的物品表面以照射角为 $1\sim 40^\circ$ 范围的方式照射激光束;

光检测部,其在照射激光束时接收由物品表面上的突起或突条产生的散射光并检测散射光强度;

扫描控制部,其用于在对所述物品表面上照射激光时控制使激光和物品相对移动的扫描;以及

运算处理装置,其对由所述光检测部取得的散射光强度的数据进行处理,

所述运算处理装置求得在一边使所述激光和物品相对移动一边照射激光束时由所述光检测部取得的散射光的强度分布中的峰值的宽度,进行根据该峰值的宽度来求得所述突起或突条的高度的运算。

4. 根据权利要求3所述的物品表面上的突起或突条的高度的计测装置,其特征在于,所述物品表面上的突起或突条是以突出的方式设置在太阳能电池表面上的金属制电极。

计测物品表面上的突起或突条的高度的方法及用于该方法的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及计测物品表面上的突起或突条的高度的方法及用于该方法的装置,尤其涉及对如太阳能电池表面上突出的电极那样在对象物及其背景处反射率大为不同的物品进行摄影并通过图像处理来计测高度的方法及用于该方法的装置。

背景技术

[0002] 在太阳能电池的制造阶段,为了使形成在太阳能电池表面的电极的高度处于规定范围内而需要计测高度。因此,一般而言,作为凹凸表面的厚度测定的技术,存在接触式的使用千分尺、表面粗糙度计的方法。在这样的接触式方法中,存在有时会导致计测物品中的瑕疵或者计测所需的时间较长之类的弱点。作为与接触式类似的方法,有使用原子力显微镜(AFM)的方法,但基于该方法的情况下,电极高且计测困难,另外计测所需的时间较长。作为非接触式的计测方法,存在例如使用激光位移计的方法,但该情况下计测所需的时间也较长。

[0003] 作为对太阳能电池等被检查物进行表面形状检查的方法,例如如专利文献1所记载那样,是如下方法:使太阳能电池单元的电极所形成的基板多次移动,基于在照明下多个位置处对基板进行摄影后的图像来检测电极中的金属突起。由此能够检测电极中的金属突起那样的缺陷,但是并不是计测突起或电极的高度的方法,并且为了检测缺陷而在多个位置对基板进行摄影的过程不可或缺,仅此就使计测需要较长时间。

[0004] 另外,作为缺陷检查装置,存在(专利文献2)所记载的装置。其是检查钢板、树脂膜等片材状物体表面的瑕疵等缺陷的装置,是根据照射并摄像被检查物而得到的信号的处理来检查缺陷的装置。这时,通过将摄影装置的受光方向配置在相对于照明装置的照射方向即放射方向位于相同侧,能够检测细微缺陷,但是并不测定缺陷等凸部的高度。

[0005] 专利文献1:日本特开2009-122036号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2002-5845号公报

[0007] 作为用于计测对象物品表面上的细微的突起或突条的高度的以往的方法,在基于接触式的千分尺、表面粗糙度计等的接触式方法中,存在有可能对计测物品造成瑕疵且计测需要较长时间的难点,另外在激光位移计等的非接触式方法中,计测也需要较长时间。因此,在计测对象物品表面上的突起或突条的高度时,以非接触式来进行以便不对计测物品造成瑕疵,另外还要求减少计测所需的时间。

发明内容

[0008] 本发明是为了解决上述课题而完成的,本发明1的计测物品表面上的突起或突条的高度的方法是计测形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度的方法,该方法是:在摄影光轴相对于所载放的物品表面成 $3\sim 10^\circ$ 范围的角度且对成为计测对象的突起或突条进行摄影的位置处设置摄像装置,相对于上述物品表面上的突

起或突条在相对于针对物品表面的法线的上述摄像装置侧配置照明光源,在照明光下利用上述摄像装置对上述物品表面进行摄影,计测通过摄影而得到的上述物品表面上的突起的图像中与突起或突条的高度方向相当的尺寸,通过运算进行根据通过计测而得到的与突起的高度方向相当的尺寸和上述设置的摄像装置的摄影倍率来求得突起或突条的高度。

[0009] 本发明2的计测物品表面上的突起或突条的高度的方法是如下方法:在本发明1中,在计测上述突起的图像中与突起或突条的高度方向相当的尺寸时,对该图像上与突起或突条的高度方向相当的方向上的亮度成为规定值以上的像素的数量进行计数,基于该数量来求得与突起或突条的高度方向相当的尺寸。

[0010] 本发明3的计测物品表面上的突起或突条的高度的方法是计测形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度的方法,一边照射按照激光束相对于所载放的物品表面的照射角成 $1\sim 40^\circ$ 范围的方式设定的激光一边使激光和物品表面相对移动来进行扫描,通过光检测部检测由上述突起或突条产生的散射光的强度,求得在上述光检测部的检测过程中检测到的散射光的强度分布中的峰值的宽度,根据该峰值的宽度来求得上述突起或突条的高度。

[0011] 本发明4的计测物品表面上的突起或突条的高度的方法是如下方法:在本发明1~3中任一个中,上述物品表面上的突起或突条是以突出的方式设置在太阳能电池表面上的金属制电极。

[0012] 本发明5的物品表面上的突起或突条的高度的计测装置是形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度的计测装置,具备:摄像装置,其对形成在所载放的物品表面上的突起或突条进行摄影;图像处理装置,其用于对通过该摄像装置的摄影而取得的图像进行图像处理;以及照明光源,其对所载放的物品表面进行照明,上述摄像装置被设置在摄影光轴相对于上述物品表面成 $3\sim 10^\circ$ 范围的角度且对成为计测对象的突起进行摄影的位置,上述照明光源被配置在相对于上述物品表面上的突起或突条在相对于针对物品表面的法线从上述摄像装置侧对所述物品表面上的突起或突条进行照明的位置,上述图像处理装置计测通过上述摄像装置的摄影而得到的上述物品表面上的突起或突条的图像中与突起或突条的高度方向相当的尺寸,并进行根据通过计测而得到的与突起或突条的高度方向相当的尺寸和上述设置的摄像装置的摄影倍率来求得突起或突条的高度的运算。

[0013] 本发明6的物品表面上的突起或突条的高度的计测装置是如下装置:在本发明5中,在上述图像处理装置中,对在上述图像上的与突起或突条的高度方向相当的方向上的亮度成为规定值以上的像素的数量进行计数,基于计数得到的像素数来求得上述突起或突条的图像中的与突起或突条的高度方向相当的尺寸。

[0014] 本发明7的物品表面上的突起或突条的高度的计测装置是形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度的计测装置,具备:台部,其载放计测对象的物品;激光,其对载放于该台部上的物品表面以照射角为 $1\sim 40^\circ$ 范围的方式照射激光束;光检测部,其在照射激光束时接收由物品表面上的突起或突条产生的散射光并检测散射光强度;扫描控制部,其用于在对上述物品表面上照射激光时控制使激光器和物品相对移动的扫描;以及运算处理装置,其对由上述光检测部取得的散射光强度的数据进行处理,上述运算处理装置求得在一边使上述激光和物品相对移动一边照射激光束时由上述光检

测部取得的散射光的强度分布中的峰值的宽度,进行根据该峰值的宽度来求得上述突起或突条的高度的运算。

[0015] 本发明8的物品表面上的突起或突条的高度的计测装置是如下装置:在本发明5~7中任一个中,上述物品表面上的突起或突条是以突出的方式设置在太阳能电池表面上的金属制电极。

[0016] 在本发明中,在计测形成在表面反射率低的物品表面上的反射率高的细微的突起或突条的高度时,通过对在特定的摄影位置、照明光下而摄影的图像的图像处理来求得细微的突起或突条的高度,或者对物品表面照射激光且使激光和物品表面相对移动来一边扫描并一边根据通过光检测部检测由突起或突条产生的散射光的强度而得到的散射光的强度分布中的峰值的宽度来求得突起或突条的高度,由此能够非接触的方式高效地计测高度。另外,由,在太阳能电池等批量生产的制品情况下也能够以即时计测高度的方式进行迅速计测。

附图说明

[0017] 图1的(a)是以切取太阳能电池的一部分的方式表示的立体图,图1的(b)是在图1的(a)的A-A线上所取的一部分的剖面图。

[0018] 图2的(a)是1个电极的剖面是矩形时的剖面图,图2的(b)是1个电极的剖面是梯形时的剖面图。

[0019] 图3是表示本发明的计测太阳能电池的电极的高度的装置方式的示意图。

[0020] 图4是表示图3的装置方式中利用拍摄装置摄影得到的电极的图像的图。

[0021] 图5是表示图4的图像中相对于高光部的宽度方向的坐标的亮度值的图。

[0022] 图6的(a)是示出表示决定阈值的方式的一个例子的电极的图像中亮度分布的曲线图,图6的(b)是表示根据图6的(a)的亮度分布求出的二阶微分的曲线图。

[0023] 图7的(a)是在剖面为矩形的电极时对由摄影光轴的倾斜角造成的影响进行说明的图,图7的(b)是在剖面为梯形的电极时对由摄影光轴的倾斜角造成的影响进行说明的图。

[0024] 图8是表示本发明的测定太阳能电池的电极的高度的装置的其他方式的示意图。

[0025] 图9是表示在图8对太阳能电池表面上照射激光并进行扫描时测定的散射光的强度分布的曲线图。

[0026] 图10是表示根据图9的散射光的强度分布求出的电极高度的曲线图。

[0027] 图11是从照射激光器侧观察太阳能电池表面上的电极配置的图。

具体实施方式

[0028] 对本发明的计测物品表面上的细微的突起或突条的形状尺寸的方法及其装置的方式进行说明。作为物品,考虑太阳能电池作为代表性物品,并对计测设置在太阳能电池表面上并形成突条或突条的形状的指状电极的高度的情况进行说明。

[0029] 图1的(a)是以切取太阳能电池的一部分的方式、以立体图表示的图。太阳能电池1构成为多层半导体,从下侧起依次层叠有背面电极2、P+形层3、p形层4、n形层5,其上侧用防反射膜6覆盖。各层的导电类型也可以与该例不同。

[0030] 在p形层4的上表面侧通过蚀刻均匀地形成有多个数百nm左右大小的细微的凹凸部,层叠在其上侧的n形层5、防反射膜6也同样地形成成为多个细微的凹凸部均匀分布的形状。

[0031] 多个细带状的指状电极10平行设置,下端侧抵达n形层5。另外,在与指状电极10正交的方向设置多个比指状电极10宽度宽的母线电极11。指状电极10、母线电极11、背面电极2由包括银、铜、镍、铝等的金属通过丝网印刷法等形成。指状电极10、母线电极11的设置方式除了例示的方式之外也考虑其他方式。图1的(b)是图1的(a)所示的太阳能电池1的A-A线上所取的一部分的剖面图,以剖面的方式表示各层的结构和指状电极。

[0032] 在图1的(a)、(b)所示那样的太阳能电池1中,指状电极10、母线电极11形成为自被防反射膜6覆盖的电池表面向上方突出的形状,作为制品,需要使电极的高度为规定值,因此在制造阶段需要计测电极的高度。

[0033] 图2的(a)表示1个电极10的剖面形状,太阳能电池的上表面侧的自防反射膜6突出的部分形成为宽度 w 、高度 h 的矩形形状。图2的(b)表示电极10的剖面形状为梯形的情况。对于这些剖面形状而言,在制品的规定制造工序中被制成哪种形状,通过预先进行抽样调查等而提前确认。

[0034] 以下对于指状电极10那样的突起或突条的高度的计测进行说明。作为计测方法,对以下例子进行说明:使用用摄像装置摄影照射了照明光的太阳能电池表面而得到的图像来求得电极的高度的例子;和根据对太阳能电池照射激光并检测电极处的散射光而得到的光强度分布来求得电极高度的例子。

[0035] (1) 基于图像摄影的高度计测

[0036] 图3是表示通过图像摄影来测定在太阳能电池1表面上突出的指状电极的高度的装置方式的示意图。太阳能电池1被载放于水平的载放台(未图示)上,对太阳能电池表面进行摄影的拍摄装置20设置在规定位置,以使摄影光轴相对于太阳能电池1的表面成角度 θ 。拍摄装置20是通过CCD等摄像元件进行摄影的装置,摄影透镜使用焦点深度浅的透镜。

[0037] 通过拍摄装置20的摄影而取得的图像信号被传送至以电缆连接的图像处理装置30,被进行图像处理。40是摄影时对太阳能电池1表面照射照明光L的照明光源,按照照明光L的基准方向关于相对太阳能电池1表面的法线位于拍摄装置20侧的方式设置照明光源40。

[0038] 这样设置拍摄装置20、照明光源40,在照明光下对太阳能电池1进行摄影,由此得到图4那样的图像。因拍摄装置20的摄影透镜的焦点深度浅,由此得到在照明光下仅聚焦于特定的1个电极的图像作为高光部H,其前后的电极不显示在图像中,另外太阳能电池1表面的上侧的防反射膜具有细微的凹凸,反射光光量也少,基本上朝向与拍摄装置20的相反侧反射,因而反射光几乎不反射至拍摄装置20侧。因此,图4中的成为电极图像的高光部以外成为暗的背景部。

[0039] 在以图像为基础准确地进行计测这一点上,需要太阳能电池表面与电极之间的对比度高的图像,作为照明光源40,被分配得到这样的对比度高的图像的任务。虽然电极是金属制的,无论何种波长的光均反射,但电池往往吸收长波长光,所以优选红色系的光。另外,虽然也取决于电池表面的反射率的角度依赖性,但为了提高照明光的指向性,优选通过准直透镜成为模拟平行光。

[0040] 通过求得图4中的图像上高光部H的宽度,能够得到电极的高度。图4中的图像几乎

成为高光部H和背景部的二值图像,但实际上,在边界部分,亮度具有某种程度的梯度而变化,与高光部的方向(在图4中为横向)正交的方向(宽度方向)成为与电极高度相对应的方向,若将其设为X方向,并表示在X方向的亮度分布,则如图5所示。若将纵向设为亮度BR,则高光部的大部分为最大亮度 B_0 ,但在其宽度的两侧亮度以急剧的梯度增大、减少。

[0041] 据此,预先决定亮度的阈值 B_{th} ,将亮度BR为阈值 B_{th} 的部位的X方向坐标设为 X_1 、 X_2 ,将该 X_1 、 X_2 间的距离设为图4的电极的图像中的宽度d是妥当的。 X_1 、 X_2 间的摄影画面上的距离d能够使用计数与 X_1 、 X_2 相当的图像间的像素数、即计数超过阈值 B_{th} 的像素数而得到的像素数的值来求得。关于为了进行摄影而设置的拍摄装置的摄像元件,像素的尺寸、像素间的距离已经被确定,另外,根据设置的拍摄装置与作为被拍摄体的电极之间的位置关系,基于拍摄装置的摄影光学系统的成像倍率也是既定值,所以能够根据得到的电极图像的宽度d和成像倍率,能够求得与电极的宽度相当的值。

[0042] 实际上在决定阈值时,以适于实测的方式存在几个决定方法,例如,能够设为相对于最大亮度 B_0 的比例为百分之几的值、设为距最小亮度百分之几以上的值或者设为半值宽度。另外,在电池的表面侧(电极的上侧)和边界侧(电极的下侧),亮度的变化不同,在边界侧有时会成为比表面侧更平滑的亮度变化,所以有时在各个端侧设置阈值规定不同的基准是适当的。

[0043] 另外,其他作为求得子像素的方法,求二阶微分为0的点(零交叉)是有效的。关于此参照图6的(a)、(b)进行说明。图6的(a)以像素作为横坐标来示出由实测而得到的包括太阳能电池表面上的指状电极的部分的图像中的亮度分布。图6的(b)是以像素作为横坐标基于(a)的亮度分布来示出二阶微分。二阶微分0与(a)的曲线图的拐点相对应,虽然可能多于2个,但作为与图4那样的图像中的高光部的宽度相当的二阶微分0,采用两端侧的2个零交叉点,将其设为各侧的阈值。

[0044] 在求出作为图4那样的图像而得到的电极的高度时,计数像素数来求得与图像中的高光部的宽度相当的量,但在图像中的高光部所占的范围非常小的情况下,对画面整体进行图像处理的操作这作为实际问题往往效率是不高的。该情况下在进行图像处理时,可以不是将图像整体作为对象而是选择成为计测对象的高光部附近,或者也可以根据情况选择边缘位置的部分来进行图像处理。关于这些,能够兼顾鲁棒性来适当地实施。

[0045] 在不知道像素尺寸、像素间距离的拍摄装置的情况下,为了求出与电极的宽度相当的值,按照与根据与拍摄装置之间的位置关系而摄影的电极的位置成为相同位置的方式来配置标准尺的刻度并用拍摄装置进行摄影,预先将在标准尺的刻度的图像上的尺寸存储在存储单元,进行将由摄影而得到的图像上的电极的宽度和标准尺的刻度进行对比的运算。该情况下,也能通过使用像素数的计数来得到图像上的长度。

[0046] 在图3所示的测定指状电极高度的装置方式中,太阳能电池的表面与拍摄装置的摄影光轴之间的角度 θ 较小,可以认为通过摄影而得到的图像的宽度d实质上是根据太阳能电池上的电极高度而得到的,但是实际上认为如果该角度 θ 不是那么小,则图像上的宽度d变得不与电极的宽度幅本身相对应。

[0047] 关于这点关联图7(a)进行说明,矩形的斜线部分表示电极的剖面,PQ侧的侧面成为要摄影的范围。因为在上边侧基于照明光的反射光不朝向拍摄装置侧,所以不参与形成摄影图像。拍摄装置的摄影光轴相对于太阳能电池的表面呈角度 θ ,所以要摄影的部分的高

度是与垂直于摄影光轴的方向上的部分相当的大小 D ,即成为 $h \cdot \cos\theta$ 。如果 θ 较小则该值大致为1,但若 θ 是某种程度的大小,则需要将对上述那样求得的高度进一步修正了 $1/\cos\theta$ 倍后的值设为高度。

[0048] 这样,虽然可以认为在求出高度方面拍摄装置的摄影光轴相对于太阳能电池的表面倾斜的角度 θ 尽可能小较好,但若 θ 非常地小几乎为0,则如在图3的测定方式中所观察的那样,在多个电极前后排列的情况下,摄影光一部分被比成为对象的电极靠拍摄装置侧的电极遮蔽,由此不能进行准确的测定。另外,若 θ 变大,则在摄影画面也射入电极的上表面的反射光,从而变得不能观察到仅是电极侧面的图像,所以关于 θ 具有上限。这样,作为摄影光轴相对于太阳能电池表面的角度,被限定于适当的范围,实际上应设为 $1 \sim 40^\circ$ 的范围且优选 $3 \sim 10^\circ$ 的范围即可。

[0049] 图7(b)是关于电极的剖面不是矩形而是如图2的(b)那样呈梯形形状,侧面相对于针对太阳能电池表面的法线倾斜时的高度计测进行说明的图。若设梯形的侧面与法线所成角度为 α ,则在 $\alpha > \theta$ 的情况下,与垂直于摄影光轴的方向上的部分相当的大小 D 是PQ长度的 $\cos(\alpha - \theta)$ 倍,高度 h 是PQ的 $\cos\alpha$ 倍,相对于作为与大小 D 相当的值由摄影的图像所得到的高度,实际的高度 h 是 $\cos\alpha / \cos(\alpha - \theta)$ 倍。因此,进行将根据上述那样摄影得到的图像而求得的高度乘以 $\cos\alpha / \cos(\alpha - \theta)$ 倍之类的运算上的操作即可。在 $\alpha < \theta$ 的情况下,若同样地考虑,则对于实际的高度 h 而言,将根据摄影得到的图像而求得的高度乘以 $\cos\alpha / \cos(\theta - \alpha)$ 倍即可。关于电极的剖面呈梯形时的侧面相对于太阳能电池表面的法线而成的角度 α ,如上述那样,预先通过预先采样等而求得。

[0050] 作为对高度进行计测的对象物品表面上的突起或突条,关于太阳能电池的电极进行了说明,但作为基于本发明的计测方法,并不局限于太阳能电池的电极。一般而言,物品的表面上的细微的突起或突条的高度成为计测的对象,但仍具有以下条件:突起部或突条部是金属等材质或者具有金属光泽的材质,物品的其他表面的反射率低或呈粗糙面状,成为计测对象的突起部或突条部作为相对于其以外的部分具有较高对比度的图像而被摄影。

[0051] 另外,作为对高度进行计测的对象物品表面上的突起或突条,在太阳能电池表面上的指状电极的情况下,高度为 $10\mu\text{m}$ 以上,尤其 $30 \sim 40\mu\text{m}$ 的高度是对计测而言适当的范围,上限是 $200\mu\text{m}$ 左右。

[0052] 要摄影的拍摄装置需要具有在关于指状电极那样的细微的突起或突条的图像上能够识别图像的分辨率,分辨率即使最低也具有 $10\mu\text{m}/\text{dot}$,优选为 $1 \sim 2\mu\text{m}/\text{dot}$ 的范围。在 $0.5\mu\text{m}/\text{dot}$ 以下则变成光波长以下,认为检测困难。另外,在子像素的方法中,即使每个像素的分辨率为 $1\mu\text{m}$ 左右,也能够求出亚微米级的突起的高度。

[0053] 作为在图3所示的计测太阳能电池的电极的高度的装置中对电池表面进行摄影的拍摄装置,使用了对图4所示的关于电极的画面进行摄影的通常使用的摄影装置的拍摄装置来进行例示,在计测高度方面,并非一定需要摄影图4那样的画面整体。关于也可以在进行图像处理时不以图像整体为对象、而是选择成为计测对象的高光部附近或者根据情况选择边缘位置的部分来进行图像处理,之上已经进行了叙述,作为电池表面的摄影单元,只要能够获得用于高度计测的图像数据即可,所以在制造工序中即时计测电极高度的情况下。利用按照对与如图4那样相对于电极的长度方向正交的方向的线状部分进行摄像的方式设定的线传感器摄像而取得图像数据,由此也能通过上述图像处理来检测电极高度。

[0054] 这样,作为对电池表面进行摄影的单元,一般而言是具备CCD、CMOS等摄像元件的拍摄装置,但并不局限于所谓的对画面进行摄影的面传感器型的单元,也可以使用基于一维摄像元件的线传感器型的摄像单元。

[0055] (2) 基于散射光检测的高度计测

[0056] 图8是表示通过散射光的检测来测定在载放于台部的太阳能电池1的表面上突出的指状电极的高度的装置方式的示意图。50是在上侧相对于太阳能电池1的表面呈小角度 θ 地照射激光束的激光器,60是对在激光束照射的指状电极处的散射光的强度进行检测的利用光电二极管等的光检测部,70是对在光检测部60检测到的散射光的强度数据进行运算处理而求出电极的高度的运算处理部。并且,虽未图示,但具备载放太阳能电池1的台部、以及用于使激光器50及光检测部60相对(沿箭头方向)移动的扫描控制部。

[0057] 设由激光器50对太阳能电池1发射的激光束的照射角 θ 为 $1\sim 40^\circ$ 范围的角度即可,但更优选设为 $3\sim 10^\circ$ 。设在高度测定时是恒定的。基于光电二极管等的光检测部60配置在垂直于太阳能电池1表面的方向或者比该方向靠激光器50侧,作为接收在电极处的散射光的位置。在照射激光束的状态下,在图8中沿箭头方向使载放了太阳能电池1的台部移动并进行扫描,这时由光检测部60检测散射光的强度而取得数据。通过对太阳能电池1的整个表面进行这样的扫描并对得到的散射光强度的数据进行运算处理来求得电极的高度。

[0058] 在遍布太阳能电池1的整个表面来扫描激光束时,采用先进行与图8的表面垂直的方向的扫描,之后进行箭头方向的扫描的方式,对缩短扫描所需的时间是有利的。该情况下,在旋转的多棱镜的表面反射来自激光器50的激光束并对太阳能电池1的表面进行照射,通过多棱镜的旋转来进行与图8的表面垂直的方向的扫描。通过相对于太阳能电池1的表面中的扫描范围,某种程度较大地决定多棱镜中的反射点与对太阳能电池1表面的入射点之间的距离,由此能够使激光束对太阳能电池1表面的入射角 θ 实际上恒定。

[0059] 在太阳能电池1中的电极的间距为 $2000\mu\text{m}$ 的情况下,例如根据 $\theta = 10^\circ$ 时的实测而得到的结果,在图8中沿箭头方向进行扫描而得到的散射光强度成为如图9那样的分布,按电极的各个间距而出现散射光的峰值,分别具有宽度 S 。为了对各峰值确定宽度,例如预先规定成取半值宽度,但峰值的轮廓会根据激光光斑直径等而变化,所以考虑这样的条件来调整并确定求出峰宽的基准即可。

[0060] 根据散射光强度分布中的峰值的宽度 S 来求出电极的高度 h 。在激光束的照射相对于太阳能电池表面倾斜角度 θ 的情况下,需要乘以 $\tan\theta$ 作为修正项,从而 $h = S \tan\theta$ 。根据图9那样的 $\theta = 10^\circ$ 时的散射光强度分布来求得的高度如图10所示,电极编号与图9中的各峰值相对应。

[0061] 根据对太阳能电池1的整个表面进行激光束的扫描并检测散射光强度来求出电极的高度,为了针对各太阳能电池求出高度,需要对太阳能电池整个表面进行扫描。如图8所示,如果激光束相对于电池表面所成的角 θ 小,与从电池上方照射激光束的情况相比,相应地向箭头方向的扫描所需的时间变少。但是,角 θ 必须具有通过电极顶部的激光束射入至比相邻的电极更靠更前的程度的大小。

[0062] 从激光器50侧观察的太阳能电池表面上的电极如图11所示,如果按照成为各电极前后不重叠地接近的状态的方式来设定角 θ ,则图8中的箭头方向的扫描距离变短,扫描所需的时间变短。在图11中,若考虑在各电极具有 $30\mu\text{m}$ 左右的高度且沿电池表面平行地形成

75根长度为150mm的电极的情况下的电池表面的扫描所需的最小时间,则每一电池的最小扫描面积是电极长度×电极高度×根数即 $150\text{mm} \times 0.03\text{mm} \times 75\text{根} = 337.5\text{mm}^2$ 。

[0063] 为了实现最短计测时间/1个电池:10 μm 的分辨率,每一测定点的面积为 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} = 100\mu\text{m}^2$ /点,光检测部的光电二极管的采样点数为3375000点/1个电池。如果能够使频率为3.375MHz扫描的速度为33750mm,则用于测定的扫描所需的时间为1s/1个电池。这样,通过将激光束向电池表面的照射的角 θ 设定得较小,能够缩短电池表面的扫描所需时间、即测定所需时间,能够提高吞吐量。在根据散射光的强度分布来求出高度的方法中,不使用基于透镜的成像光学系统,所以不必考虑模糊的影响。

[0064] 这样,通过根据向太阳能电池表面扫描激光束时的测定散射光而得到的强度分布来求出电极的高度,与例如如专利文献1那样一边在面内移动太阳能电池一边进行摄影检查的以往的检查方法相比,能够显著地缩短计测所需的时间,在通过旋转多棱镜来进行主扫描的情况下,能够进一步缩短计测时间。

[0065] 附图标记说明:1…太阳能电池;6…电池表面(防反射膜);10…指状电极;11…母线电极;20…拍摄装置;30…图像处理装置;40…照明光源;50…激光器;60…光检测部;70…运算处理部;H…高光部;LB…激光束;SL…散射光;S…峰宽;h…高度。

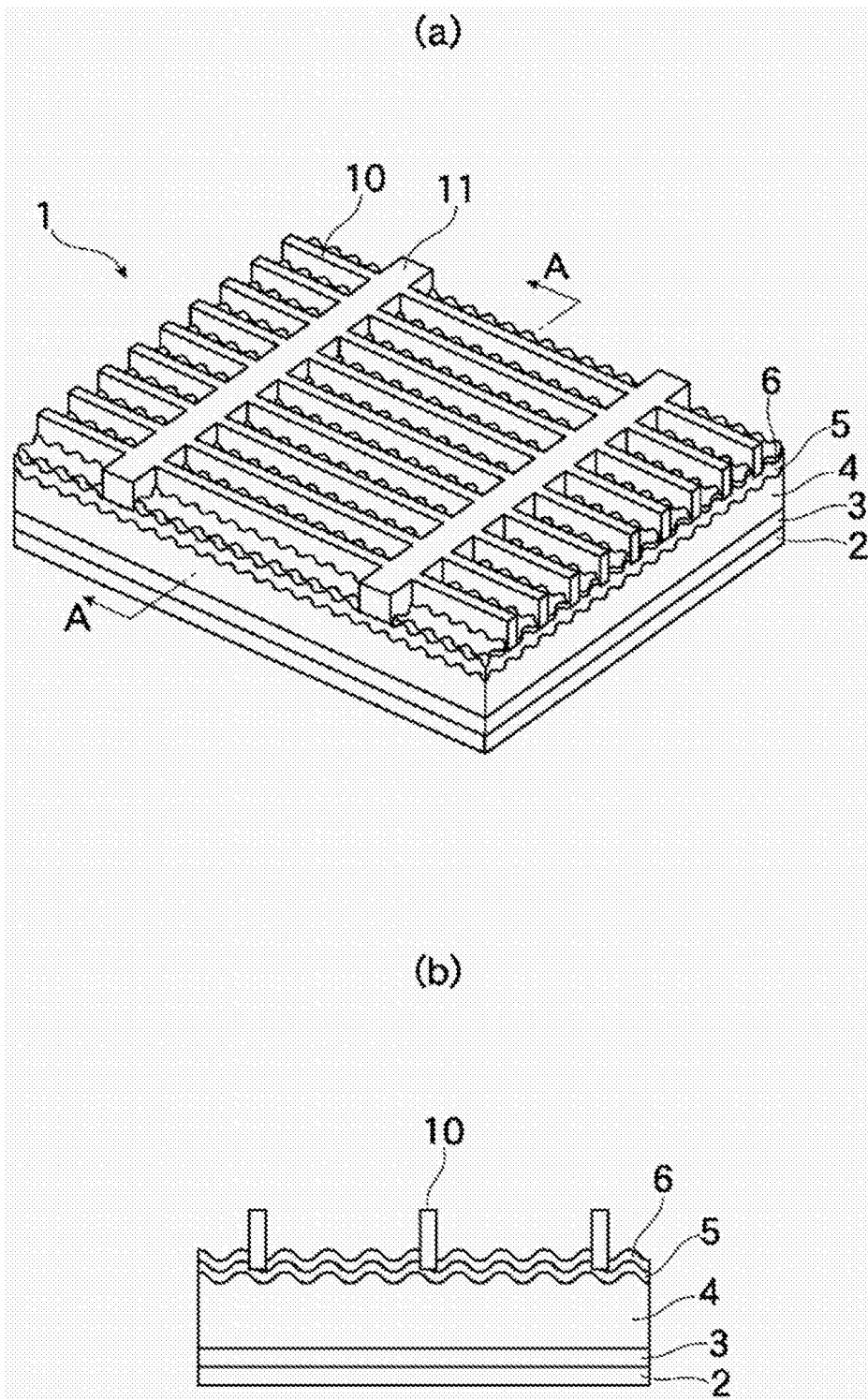


图1

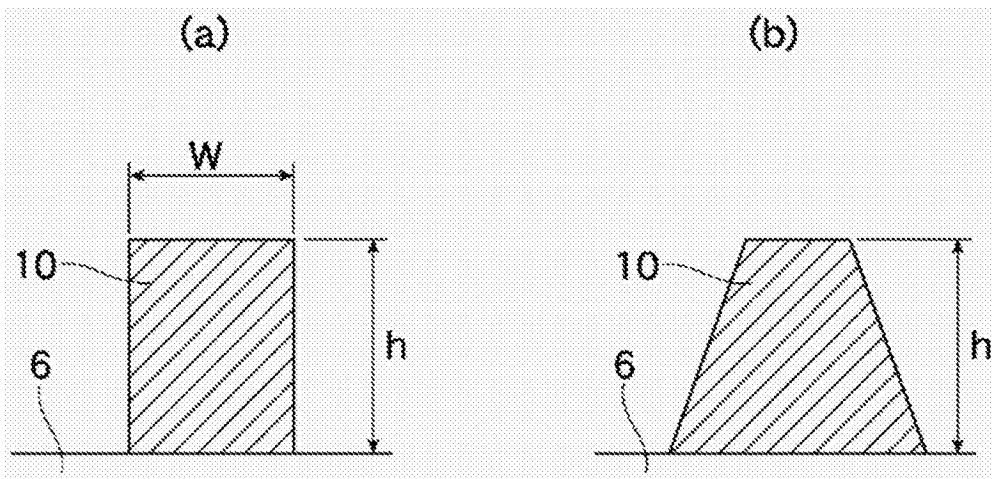


图2

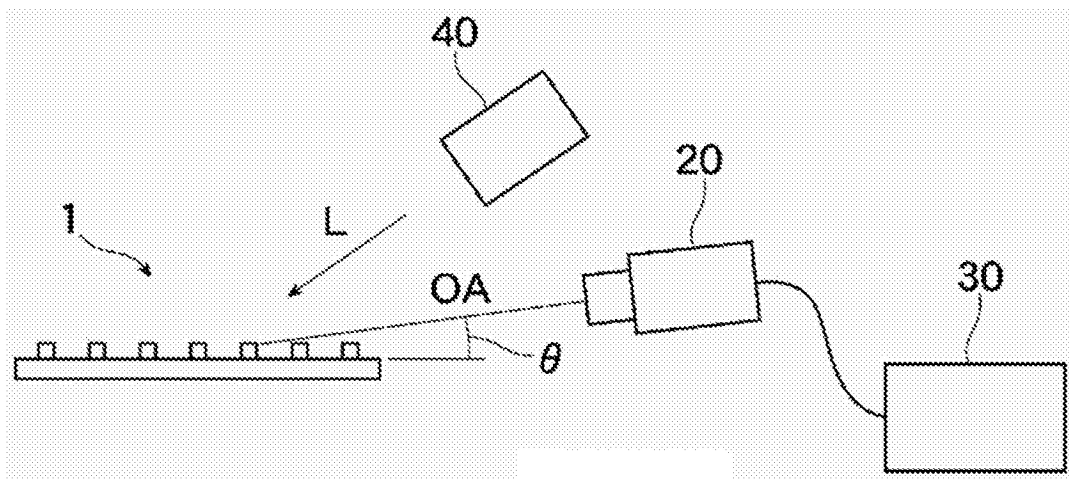


图3

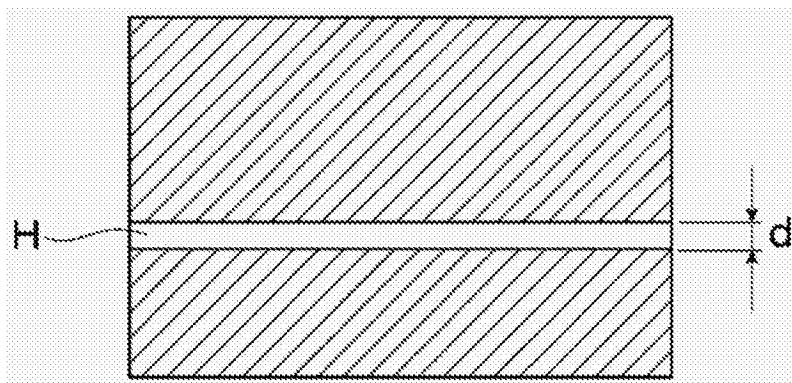


图4

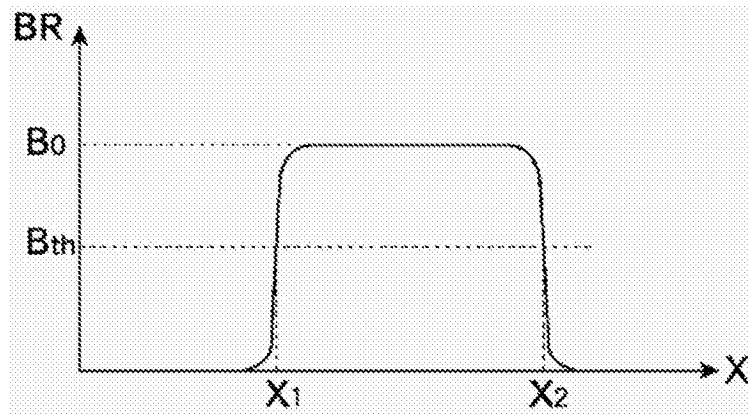


图5

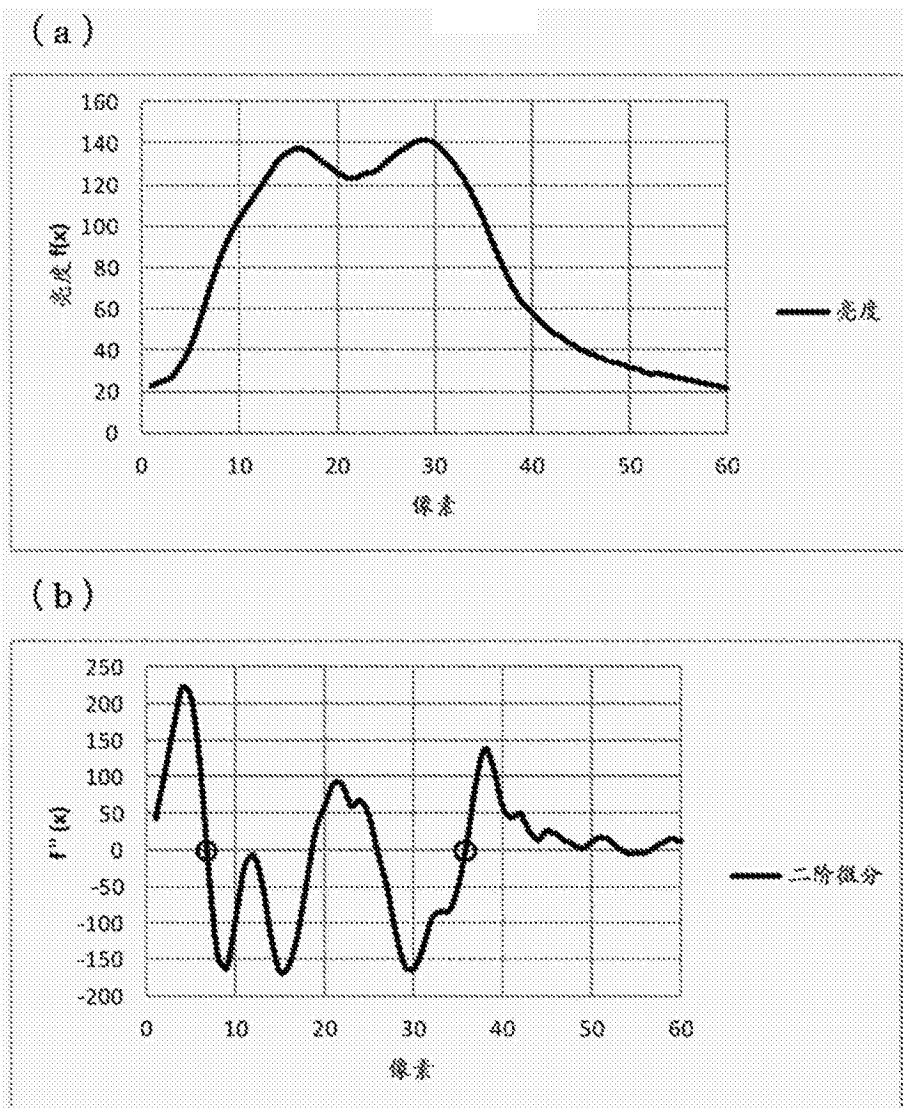


图6

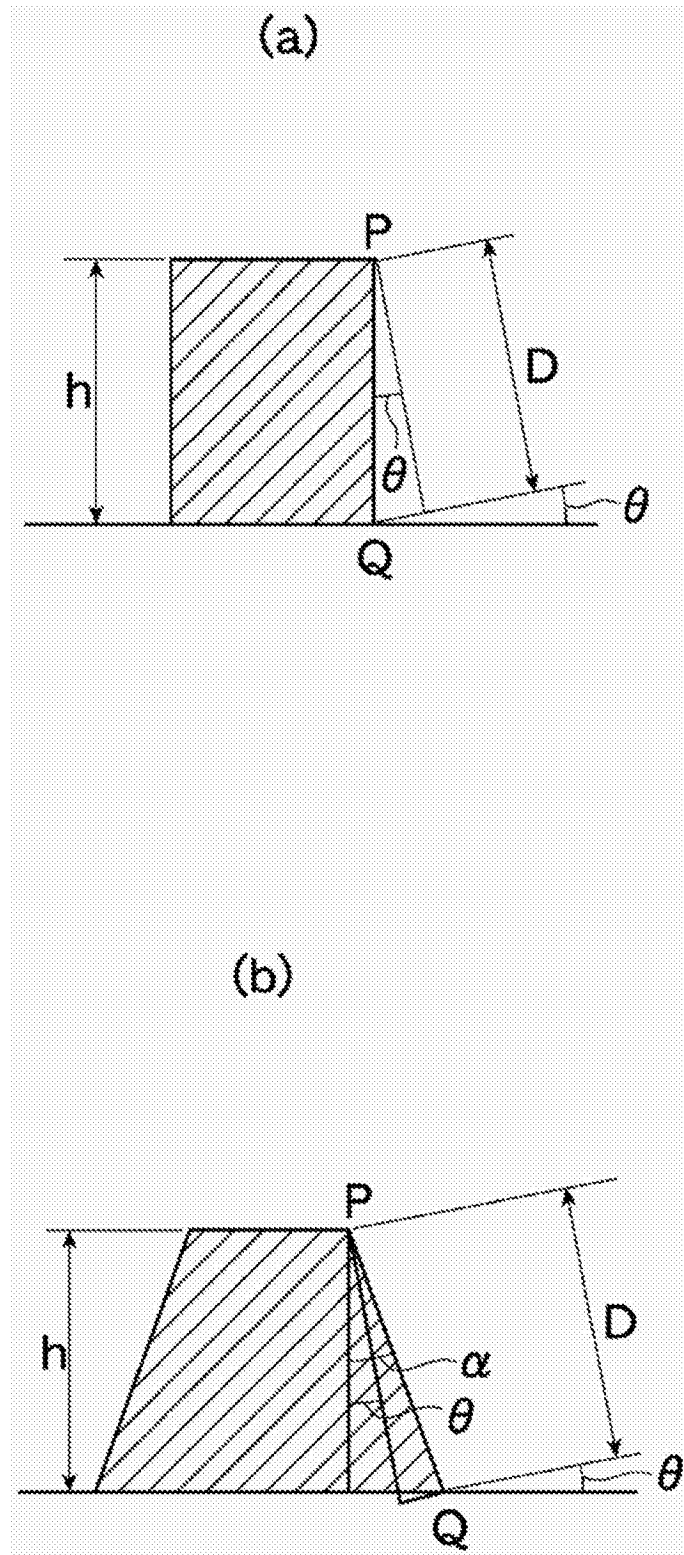


图7

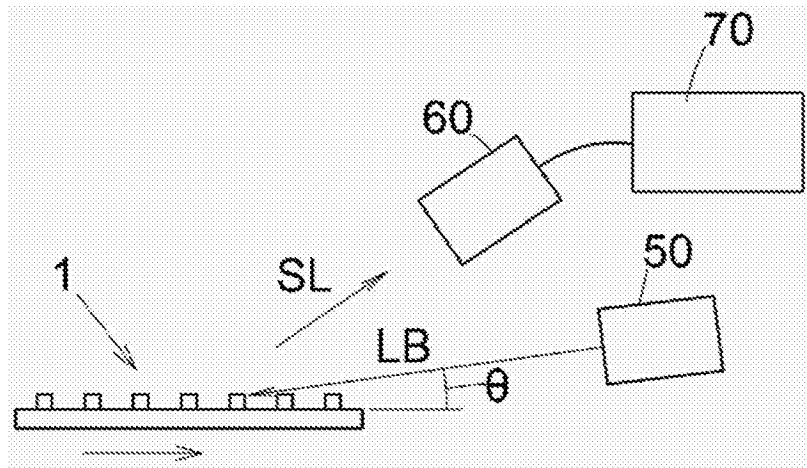


图8

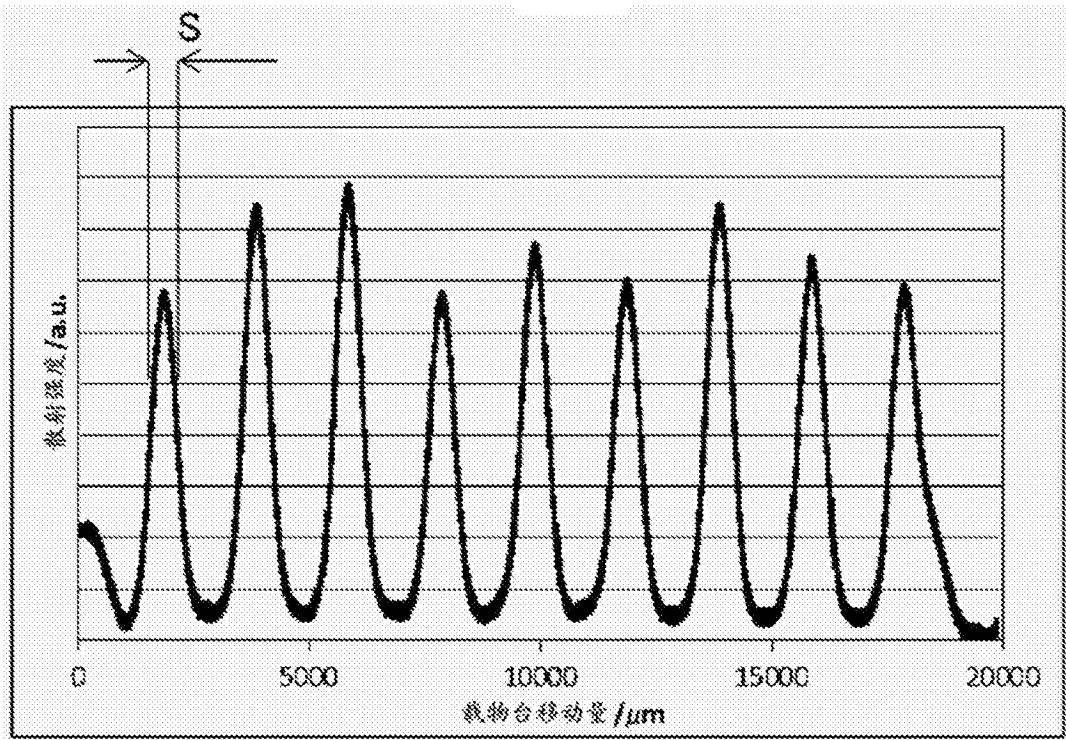


图9

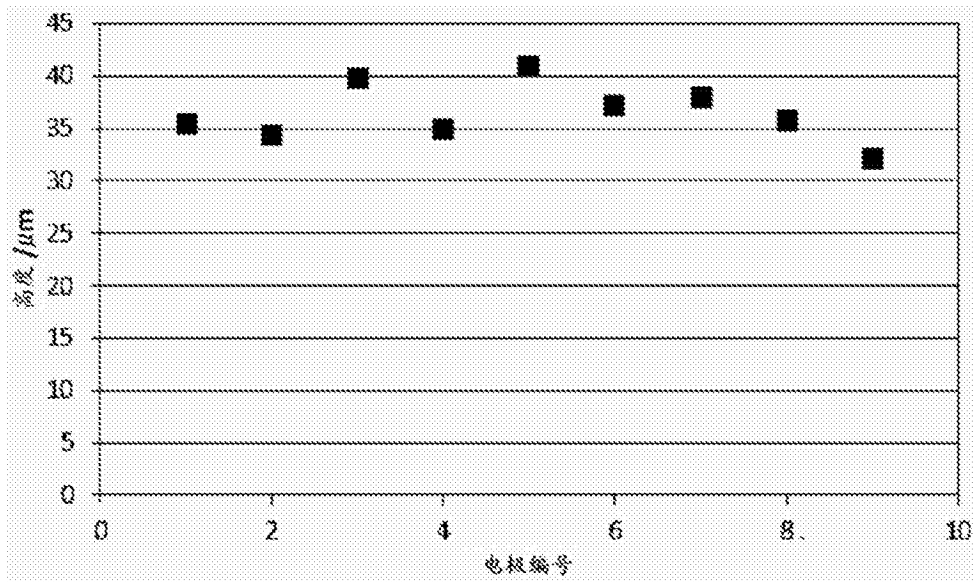


图10

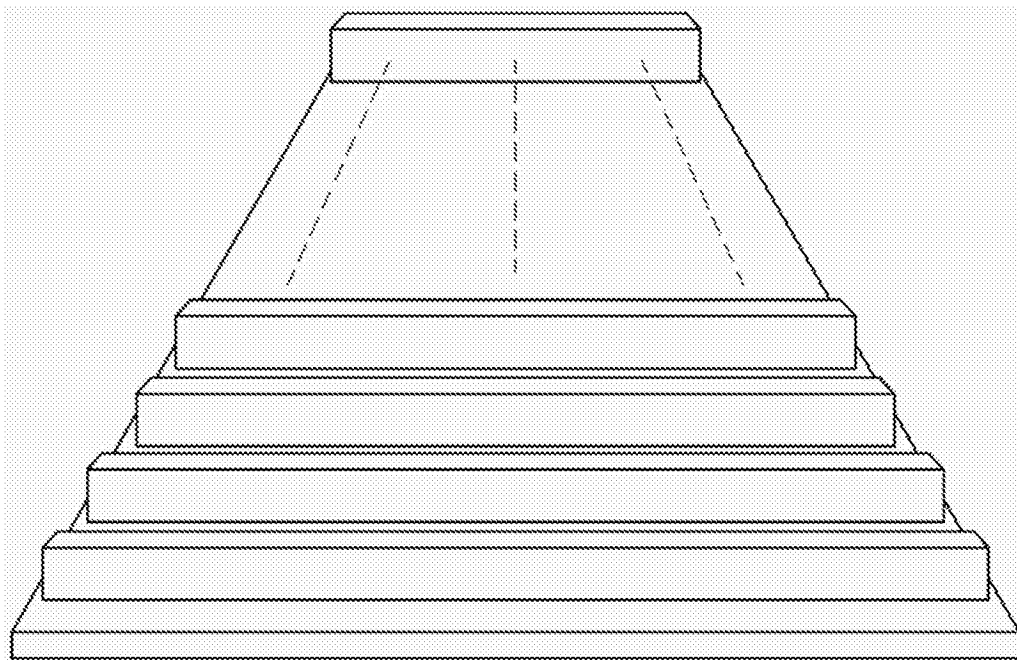


图11