



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113466128 B

(45) 授权公告日 2024.09.13

(21) 申请号 202110238612.4

(22) 申请日 2021.03.04

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113466128 A

(43) 申请公布日 2021.10.01

(30) 优先权数据  
2020-061297 2020.03.30 JP

(73) 专利权人 日本碍子株式会社  
地址 日本国爱知县

(72) 发明人 寺拜贵史 佐藤祥弘

(74) 专利代理机构 北京旭知行专利代理事务所  
(普通合伙) 11432  
专利代理师 王轶 郑雪娜

(51) Int.Cl.

G01N 21/01 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2017365050 A1, 2017.12.21

JP 2008275496 A, 2008.11.13

审查员 余甜雨

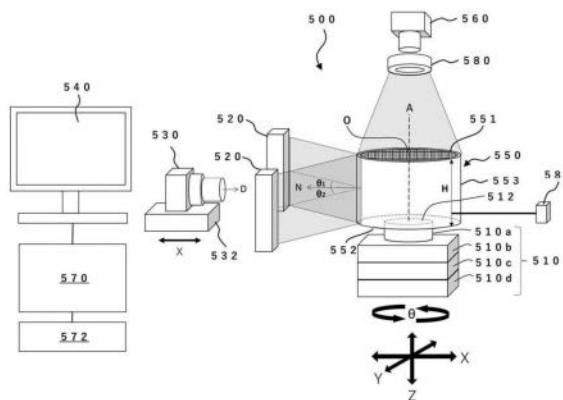
权利要求书2页 说明书14页 附图7页

## (54) 发明名称

陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的检查方法及检查装置

## (57) 摘要

本发明提供一种圆柱状蜂窝结构体的检查方法,包括:将陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体载放于旋转工作台的工序,该工序中,使第一底面为上侧,并以第一底面的重心与旋转工作台的旋转轴之间的距离为0.5mm以下的方式进行载放;向载放于旋转工作台的圆柱状蜂窝结构体的侧面照射波长为300~500nm的光的工序;将像素分辨率为1~25 μm/pix的线阵传感器相机的景深调节为0.5~5mm,在所述光被照射于所述侧面的状态下,使圆柱状蜂窝结构体绕着所述旋转轴进行旋转,同时利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序;基于利用线阵传感器相机对所述反射光进行拍摄的工序的结果,生成整个所述侧面的检查图像;以及基于检查图像来判别所述侧面有无缺陷的工序。



1. 一种检查方法,其是圆柱状蜂窝结构体的检查方法,所述检查方法的特征在于,包括以下工序:

准备陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的工序,该圆柱状蜂窝结构体具有第一底面、第二底面及侧面;

将圆柱状蜂窝结构体载放于旋转工作台的工序,该工序中,以使所述第一底面为上侧、且所述第一底面的重心与旋转工作台的旋转轴之间的距离为0.5mm以下的方式进行载放;

向载放于旋转工作台的圆柱状蜂窝结构体的侧面照射波长为300~500nm的光的工序;

将像素分辨率为1~25 $\mu\text{m}/\text{pix}$ 的线阵传感器相机的光圈值F设定为8~16的范围,将景深调节为0.5~5mm,在所述光被照射于所述侧面的状态下,使圆柱状蜂窝结构体绕着所述旋转轴进行旋转,同时利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序;

基于利用线阵传感器相机对所述反射光进行拍摄的工序的结果,生成整个所述侧面的检查图像的工序;以及

基于检查图像来判别所述侧面有无缺陷的工序。

2. 根据权利要求1所述的检查方法,其特征在于,

基于检查图像来判别所述侧面有无缺陷的工序包括:判别有无宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 的裂纹。

3. 根据权利要求1或2所述的检查方法,其特征在于,

旋转工作台能够沿xyz方向移动,

将圆柱状蜂窝结构体载放于旋转工作台的工序包括以下工序:

采用面阵相机来计量所述第一底面的重心的位置的工序;

基于所计量出的所述第一底面的重心的位置,使旋转工作台的旋转轴向所述第一底面的重心的位置的正下方移动的工序;以及

使旋转工作台相对于圆柱状蜂窝结构体进行相对上升,从所述第二底面侧将圆柱状蜂窝结构体抬起的工序。

4. 根据权利要求1或2所述的检查方法,其特征在于,包括以下工序:

在实施利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序中,采用位移计来连续地计量所述侧面中的任一位置的法线方向上的该位置与位移计之间的距离,并判定圆柱状蜂窝结构体旋转一周期间的该距离的变化量是否超过景深的工序;以及

在超过景深的情况下,调整拍摄距离,使得以超过景深的状态拍摄到的所述侧面的部分的至少一部分进入景深的范围内,然后,使圆柱状蜂窝结构体再次绕着旋转轴进行旋转,同时利用线阵传感器相机至少对该部分进行拍摄的工序。

5. 根据权利要求4所述的检查方法,其特征在于,

位移计对圆柱状蜂窝结构体的侧面的下半部分中的任一位置的法线方向上的该位置与位移计之间的距离进行计量。

6. 根据权利要求1或2所述的检查方法,其特征在于,

使圆柱状蜂窝结构体以100~1000mm/秒的平均圆周速度进行旋转,同时进行利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序。

7. 根据权利要求1或2所述的检查方法,其特征在于,

被照射光的所述圆柱状蜂窝结构体的侧面的照度为50万lx以上。

8. 根据权利要求1或2所述的检查方法,其特征在于,  
向圆柱状蜂窝结构体的侧面照射的光通过长度方向沿与圆柱状蜂窝结构体的中心轴方向平行的方向延伸的线状照明进行照射。

9. 根据权利要求1所述的检查方法,其特征在于,  
所述检查方法采用检查装置进行实施,  
所述检查装置具备:  
旋转工作台,该旋转工作台能够沿xyz方向移动;  
光照射器,该光照射器用于向圆柱状蜂窝结构体的侧面照射光;  
线阵传感器相机,该线阵传感器相机用于对来自圆柱状蜂窝结构体的侧面的反射光进行拍摄;以及  
显示部件,该显示部件能够显示检查图像。

## 陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的检查方法及检查装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的检查方法及检查装置。

### 背景技术

[0002] 陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体在耐热性、耐热冲击性、抗氧化性这些方面优异,因此,被广泛用作对来自内燃机、锅炉等的废气中包含的粒子状物质进行捕集的过滤器、废气净化用催化剂的催化剂载体。

[0003] 通常,陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体具备侧面和多个隔壁,该多个隔壁配置于该侧面的内周侧,区划形成从第一底面趋向第二底面而在高度方向上延伸的多个隔壁。陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体经如下工序来制造,即,例如,利用挤出成型法将作为其构成材料的陶瓷原料的粉体和有机粘合剂、水等进行混炼而得到的粘土状的坯土成型而得到圆柱状蜂窝成型体的工序、以及将圆柱状蜂窝成型体烧成的工序。

[0004] 烧成后,在圆柱状蜂窝结构体的侧面有时产生发生开裂或者附着有异物等缺陷。开裂的发生及异物的附着有可能导致圆柱状蜂窝结构体的强度降低、将圆柱状蜂窝结构体用于过滤器时的过滤性能降低、以及用于催化剂载体时的废气净化性能降低等。因此,需要对圆柱状蜂窝结构体的侧面有无缺陷进行检查。

[0005] 作为圆柱状蜂窝结构体的侧面的检查方法,已知如下方法,即,使圆柱状蜂窝结构体旋转,同时利用线阵传感器相机对侧面进行拍摄,检查有无缺陷。专利文献1(国际公开第2017/061318号)中公开如下表面检查方法,即,利用采用了照射方向不同的2种照明光的拍摄和基于该拍摄结果而生成的2个判定用图像的对比这一简便的方法,能够判定在蜂窝结构体的侧面有无形成裂纹。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:国际公开第2017/061318号

### 发明内容

[0009] 根据专利文献1的表面检查方法,采用照射方向不同的2种照明光对蜂窝结构体的侧面进行拍摄,并对基于该拍摄结果而生成的2个判定用图像进行对比,由此,能够将裂纹和品质上没有问题的波动(表面起伏)区别开,防止过度检测。然而,专利文献1的技术针对微细裂纹的研究不充分。因此,希望提供能够迅速地检查陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的侧面有无微细的缺陷(例:宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 左右的裂纹)的检查方法。

[0010] 本发明是鉴于上述情况而完成的,在一个方案中,其课题在于,提供能够迅速地检查陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的侧面有无微细的缺陷的检查方法。另外,本发明在另一方案中,其课题在于,提供适合实施上述检查方法的检查装置。

[0011] 为了检测出微细的缺陷,需要使用像素分辨率较细的相机,但是,圆柱状蜂窝结构体的外形并不是数学上完美的圆柱,有可能产生尺寸误差。因此,当使圆柱状蜂窝结构体旋

转并同时利用线阵传感器相机对整个侧面进行检查时,相机与圆柱状蜂窝结构体之间的距离会微妙地发生变化。如果距离的变化超过景深,则无法得到对焦图像。因此,为了应对尺寸误差而需要使景深增大,不过,如果为了使景深增大而使F值(光圈值)增大,则存在如下问题,即,爱里斑(airy disk)直径增大,检查精度降低。

[0012] 本发明的发明人为了应对该问题而进行了潜心研究,结果得知,通过使F值(光圈值)增大,并且,向作为被拍摄体的圆柱状蜂窝结构体照射短波长的光,对其反射光进行拍摄,能够得到可应对尺寸误差的景深且能够检测出微细的裂纹。本发明是基于上述见解而完成的,以下进行例示。

[0013] [1]一种检查方法,其是圆柱状蜂窝结构体的检查方法,

[0014] 所述检查方法的特征在于,包括以下工序:

[0015] 准备陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的工序,该圆柱状蜂窝结构体具有第一底面、第二底面及侧面;

[0016] 将圆柱状蜂窝结构体载放于旋转工作台的工序,该工序中,以使所述第一底面为上侧、且所述第一底面的重心与旋转工作台的旋转轴之间的距离为0.5mm以下的方式进行载放;

[0017] 向载放于旋转工作台的圆柱状蜂窝结构体的侧面照射波长为300~500nm的光的工序;

[0018] 将像素分辨率为1~25 $\mu\text{m}/\text{pix}$ 的线阵传感器相机的景深调节为0.5~5mm,在所述光被照射于所述侧面的状态下,使圆柱状蜂窝结构体绕着所述旋转轴进行旋转,同时利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序;

[0019] 基于利用线阵传感器相机对所述反射光进行拍摄的工序的结果,生成整个所述侧面的检查图像的工序;以及

[0020] 基于检查图像来判别所述侧面有无缺陷的工序。

[0021] [2]根据[1]中记载的检查方法,其特征在于,将线阵传感器相机的光圈值F设定为8~16的范围来进行利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序。

[0022] [3]根据[1]或[2]中记载的检查方法,其特征在于,基于检查图像来判别所述侧面有无缺陷的工序包括:判别有无宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 的裂纹。

[0023] [4]根据[1]~[3]中的任一项中记载的检查方法,其特征在于,

[0024] 旋转工作台能够沿xyz方向移动,

[0025] 将圆柱状蜂窝结构体载放于旋转工作台的工序包括以下工序:

[0026] 采用面阵相机来计量所述第一底面的重心的位置的工序;

[0027] 基于所计量出的所述第一底面的重心的位置,使旋转工作台的旋转轴向所述第一底面的重心的位置的正下方移动的工序;以及

[0028] 使旋转工作台相对于圆柱状蜂窝结构体进行相对上升,从所述第二底面侧将圆柱状蜂窝结构体抬起的工序。

[0029] [5]根据[1]~[4]中的任一项中记载的检查方法,其特征在于,包括以下工序:

[0030] 在实施利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序中,采用位移计来连续地计量所述侧面中的任一位置的法线方向上的该位置与位移计之间的距离,并判定圆柱状蜂窝结构体旋转一周期间的该距离的变化量是否超过景深的工序;以及

[0031] 在超过景深的情况下,调整拍摄距离,使得以超过景深的状态拍摄到的所述侧面的部分的至少一部分进入景深的范围内,然后,使圆柱状蜂窝结构体再次绕着旋转轴进行旋转,同时利用线阵传感器相机至少对该部分进行拍摄的工序。

[0032] [6]根据[5]中记载的检查方法,其特征在于,位移计对圆柱状蜂窝结构体的侧面的下半部分中的任一位置的法线方向上的该位置与位移计之间的距离进行计量。

[0033] [7]根据[1]~[6]中的任一项中记载的检查方法,其特征在于,使圆柱状蜂窝结构体以100~1000mm/秒的平均圆周速度进行旋转,同时进行利用线阵传感器相机对来自所述侧面的反射光进行反复拍摄的工序。

[0034] [8]根据[1]~[7]中的任一项中记载的检查方法,其特征在于,所述被照射光的圆柱状蜂窝结构体的侧面的照度为50万lx以上。

[0035] [9]根据[1]~[8]中的任一项中记载的检查方法,其特征在于,向圆柱状蜂窝结构体的侧面照射的光通过长度方向沿与圆柱状蜂窝结构体的中心轴方向平行的方向延伸的线状照明进行照射。

[0036] [10]一种检查装置,其用于实施[1]~[9]中的任一项中记载的检查方法,

[0037] 所述检查装置的特征在于,具备:

[0038] 旋转工作台,该旋转工作台能够沿xyz方向移动;

[0039] 光照射器,该光照射器用于向圆柱状蜂窝结构体的侧面照射光;

[0040] 线阵传感器相机,该线阵传感器相机用于对来自圆柱状蜂窝结构体的侧面的反射光进行拍摄;以及

[0041] 显示部件,该显示部件能够显示检查图像。

[0042] 发明效果

[0043] 根据本发明的一个实施方式,能够迅速地检查陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的侧面有无微细的缺陷(例:宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 左右的裂纹)。

## 附图说明

[0044] 图1是示意性地表示贯通型的柱状蜂窝结构体的立体图。

[0045] 图2是在与隔壁延伸的方向平行的截面观察贯通型的柱状蜂窝结构体时的示意性的截面图。

[0046] 图3是示意性地表示壁流型的柱状蜂窝结构体的立体图。

[0047] 图4是在与隔壁延伸的方向平行的截面观察壁流型的柱状蜂窝结构体时的示意性的截面图。

[0048] 图5是用于说明本发明的一个实施方式所涉及检查装置的构成的示意性的侧视图。

[0049] 图6A是表示基于由面阵相机得到的第一底面的拍摄结果来计量第一底面的重心O的位置的情形的示意图。

[0050] 图6B是表示基于所计量的第一底面的重心O的位置而使旋转工作台的旋转轴A移动到第一底面的重心O的位置的正下方时的情形的示意图。

[0051] 图6C是表示旋转工作台相对于圆柱状蜂窝结构体进行相对上升并从第二底面侧将圆柱状蜂窝结构体抬起的情形的示意图。

[0052] 图6D是表示被旋转工作台抬起的圆柱状蜂窝结构体移动至规定的检查中心C时的情形示意图。

[0053] 图7是宽度为10 $\mu\text{m}$ 左右的微细裂纹的显微镜照片的示意图。

[0054] 附图标记说明

[0055] 100…圆柱状蜂窝结构体,102…外周侧壁,103…侧面,104…第一底面,106…第二底面,108…隔室,112…隔壁,200…圆柱状蜂窝结构体,202…外周侧壁,203…侧面,204…第一底面,206…第二底面,208a…第一隔室,208b…第二隔室,212…隔壁,500…检查装置,510…旋转工作台,510a… $\theta$ 工作台,510b…X工作台,510c…Y工作台,510d…Z工作台,512…载放面,520…光照射器,530…线阵传感器相机,532…X工作台,540…显示部件,550…圆柱状蜂窝结构体,551…第一底面,552…第二底面,553…侧面,560…面阵相机,570…控制装置,572…输入部,580…光照射器,585…位移计,590…基座,591…载放面,592…开口部。

### 具体实施方式

[0056] 接下来,参照附图,对本发明的实施方式详细地进行说明。本发明并不限于以下的实施方式,应当理解:可以在不脱离本发明的主旨的范围内,基于本领域技术人员的通常知识,加以适当设计的变更、改良等。

[0057] (1.圆柱状蜂窝结构体)

[0058] 对于本发明所涉及的检查方法,在一个实施方式中,以具有第一底面、第二底面及侧面的陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体为检查对象。作为构成圆柱状蜂窝结构体的陶瓷,没有限定,例如优选为选自由堇青石、多铝红柱石、锆石、钛酸铝、碳化硅、硅—碳化硅复合材料、氮化硅、氧化锆、尖晶石、印度石、假蓝宝石、刚玉、二氧化钛构成的组中的至少1种的陶瓷。并且,这些陶瓷可以单独含有1种,也可以同时含有2种以上。

[0059] 在图1及图2中分别例示了:能够作为贯通型的汽车用废气过滤器和/或催化剂载体应用的圆柱状蜂窝结构体(100)的示意性的立体图及截面图。该圆柱状蜂窝结构体(100)具备:外周侧壁(102)和隔壁(112),该隔壁(112)配设于外周侧壁(102)的内周侧,且区划形成从第一底面(104)至第二底面(106)而形成流体的流路的多个隔室(108)。外周侧壁(102)的外表面形成圆柱状蜂窝结构体(100)的侧面(103)。该圆柱状蜂窝结构体(100)中,各隔室(108)的两端呈开口,从第一底面(104)流入至一个隔室(108)的废气在通过该隔室期间被净化,从第二底面(106)流出。此外,此处将第一底面(104)设为废气的上游侧,将第二底面(106)设为废气的下游侧,不过,将第一底面及第二底面区别开是为了方便,也可以将第二底面(106)设为废气的上游侧,将第一底面(104)设为废气的下游侧。

[0060] 在图3及图4中分别例示了:能够作为壁流型的汽车用废气过滤器和/或催化剂载体应用的圆柱状蜂窝结构体(200)的示意性的立体图及截面图。该圆柱状蜂窝结构体(200)具备:外周侧壁(202)和隔壁(212),该隔壁(212)配设于外周侧壁(202)的内周侧,且区划形成从第一底面(204)至第二底面(206)而形成流体的流路的多个隔室(208a、208b)。外周侧壁(202)的外表面形成圆柱状蜂窝结构体(200)的侧面(203)。

[0061] 圆柱状蜂窝结构体(200)中,多个隔室(208a、208b)可以分为:多个第一隔室(208a),它们配设于外周侧壁(202)的内侧,从第一底面(204)延伸至第二底面(206),且第一底面(204)呈开口而第二底面(206)被封孔;以及多个第二隔室(208b),它们配设于外周

侧壁(202)的内侧,从第一底面(204)延伸至第二底面(206),且第一底面(204)被封孔而第二底面(206)呈开口。并且,在该圆柱状蜂窝结构体(200)中,第一隔室(208a)及第二隔室(208b)夹着隔壁(212)而交替地相邻配置。

[0062] 如果向圆柱状蜂窝结构体(200)的上游侧的第一底面(204)供给包含烟灰等粒子状物质的废气,则废气被导入于第一隔室(208a),并在第一隔室(208a)内朝向下游前进。由于第一隔室(208a)的下游侧的第二底面(206)被封孔,所以,废气从将第一隔室(208a)和第二隔室(208b)区划开的多孔质的隔壁(212)透过而向第二隔室(208b)流入。粒子状物质无法通过隔壁(212),因此,在第一隔室(208a)内被捕集,进行堆积。粒子状物质被除去后流入至第二隔室(208b)的清洁废气在第二隔室(208b)内朝向下游前进,从下游侧的第二底面(206)流出。此外,此处将第一底面(204)设为废气的上游侧,将第二底面(206)设为废气的下游侧,不过,将第一底面及第二底面区别开是为了方便,也可以将第二底面(206)设为废气的上游侧,将第一底面(204)设为废气的下游侧。

[0063] 圆柱状蜂窝结构体的各底面为圆形,其直径没有特别限制,例如可以为50~400mm,典型的可以为50~200mm。

[0064] 与隔室的流路方向垂直的截面中的隔室的形状没有限制,优选为四边形、六边形、八边形或它们的组合。其中,优选为正方形及六边形。通过使隔室形状为这样的形状,使得流体向蜂窝结构体流动时的压力损失减小,催化剂的净化性能优异。

[0065] 隔室密度(每单位截面积的隔室数)也没有特别限制,例如可以为6~2000隔室/平方英寸(0.9~311隔室/cm<sup>2</sup>)。此处,通过一个底面中的隔室数(被封孔的隔室也计算在内)除以除了外周侧壁以外的该底面的面积,计算出隔室密度。

[0066] 隔壁(112)的厚度也没有特别限制,例如可以为50 $\mu$ m~330 $\mu$ m。

[0067] 圆柱状蜂窝结构体的高度(第一底面至第二底面的长度)也没有特别限制,例如可以为40mm~300mm。

[0068] 圆柱状蜂窝结构体可以利用公知的制作方法进行制作,以下,例示性地进行说明。首先,对含有陶瓷原料、分散介质、造孔材料及粘合剂的原料组合物进行混炼,形成坯土后,将坯土挤出成型,由此制作出所期望的圆柱状蜂窝成型体。然后,对圆柱状蜂窝成型体实施干燥、脱脂及烧成,由此制作出圆柱状蜂窝结构体。在形成封孔部的情况下,将圆柱状蜂窝成型体干燥后,在圆柱状蜂窝成型体的两个底面形成规定的封孔部,之后,将封孔部干燥。然后,对形成有封孔部的圆柱状蜂窝成型体实施脱脂及烧成,由此制作出圆柱状蜂窝结构体。

[0069] 圆柱状蜂窝结构体的用途没有特别限制。例如使用于散热器、过滤器(例:GPF、DPF)、催化剂载体、滑动部件、喷嘴、热交换器、电绝缘用部件及半导体制造装置用部件等各种产业用途。

[0070] (2. 检查方法及检查装置)

[0071] 根据本发明的一个实施方式,提供具有第一底面、第二底面及侧面的陶瓷制的圆柱状蜂窝结构体的检查方法。另外,根据本发明的一个实施方式,提供适合实施该检查方法的检查装置。

[0072] 2-1. 检查装置的概要

[0073] 图5中示出用于说明适合实施本发明的一个实施方式所涉及的检查方法的检查装

置(500)的构成的示意性的侧视图。在一个实施方式中,检查装置(500)可以具备:旋转工作台(510),其供圆柱状蜂窝结构体(550)载放且能够沿xyz方向移动;光照射器(520),其用于向圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)照射光;线阵传感器相机(530),其用于对来自圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的反射光进行拍摄;以及显示部件(540),其能够显示检查图像。

[0074] 在一个实施方式中,检查装置(500)可以具备光照射器(520),该光照射器(520)能够向载放于旋转工作台(510)的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)照射光。

[0075] 在一个实施方式中,检查装置(500)可以具备面阵相机(560),该面阵相机(560)能够从上方对载放于旋转工作台(510)的圆柱状蜂窝结构体(550)的第一底面(551)进行拍摄。

[0076] 在一个实施方式中,检查装置(500)可以具备光照射器(580),该光照射器(580)能够从上方向载放于旋转工作台(510)的圆柱状蜂窝结构体(550)的第一底面(551)照射光。

[0077] 在一个实施方式中,检查装置(500)可以具备位移计(585),该位移计(585)能够对载放于旋转工作台(510)的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)中的任一位置的法线方向上的该位置与位移计(585)之间的距离进行计量。

[0078] 在一个实施方式中,检查装置(500)可以具有X工作台(532),该X工作台(532)供线阵传感器相机(530)载放且能够沿x方向移动。

[0079] 在一个实施方式中,检查装置(500)可以具备控制装置(570)。控制装置(570)构成为:能够对构成检查装置(500)的各设备的动作进行控制。以下,例示控制装置(570)能够进行的控制的内容。

[0080] 控制装置(570)可以构成为:对线阵传感器相机(530)的操作条件(相机的各种条件设定、拍摄的开始及停止等)进行控制。

[0081] 控制装置(570)可以构成为:能够基于利用线阵传感器相机(530)得到的图像数据而将检查图像显示于显示部件(540)。

[0082] 控制装置(570)可以构成为:能够对利用线阵传感器相机(530)得到的图像进行图像处理,基于其处理结果,判定有无缺陷。

[0083] 控制装置(570)可以构成为:能够对旋转工作台(510)的各种操作条件(旋转的开始、停止、旋转速度等)进行控制。

[0084] 控制装置(570)可以构成为:能够基于面阵相机(560)的拍摄结果来计量旋转工作台(510)的位置,对旋转工作台(510)的xyz方向上的移动进行控制。

[0085] 控制装置(570)可以构成为:能够对光照射器(520、580)的各种操作条件(ON/OFF及输出等)进行控制。

[0086] 控制装置(570)可以构成为:能够对位移计(585)的各种操作条件(ON/OFF等)进行控制。

[0087] 控制装置(570)可以构成为:能够对X工作台(532)的x方向上的移动进行控制。

[0088] 检查装置(500)可以具有输入部(572),该输入部(572)用于输入用于进行由控制装置(570)执行的各种控制的指示和/或条件。输入部(572)可以由例如键盘、触摸面板、数字键及鼠标等构成。还可以构成为:由输入部(572)输入的指示和/或条件显示于显示部件(540)。

[0089] 2-2. 圆柱状蜂窝结构体的载放工序

[0090] 本发明的一个实施方式所涉及的检查方法中,实施将圆柱状蜂窝结构体(550)载放于旋转工作台(510)的工序。将圆柱状蜂窝结构体(550)以其一个底面与旋转工作台(510)的载放面(512)接触的方式进行载放。在将圆柱状蜂窝结构体(550)载放于旋转工作台(510)时,当将上侧的底面设为第一底面(551)时,优选以第一底面(551)的重心O与旋转工作台(510)的旋转轴A之间的距离为0.5mm以下、优选为0.2mm以下、更优选为0.1mm以下的方式进行载放。据此,能得到如下优点,即,圆柱状蜂窝结构体(550)在旋转工作台(510)之上进行旋转时,偏心减少,被拍摄体距离稳定,因此,即便不使景深过度增大,也能够利用线阵传感器相机(530)对侧面(553)进行拍摄时实现对焦。

[0091] 旋转工作台(510)具有能够载放圆柱状蜂窝结构体(550)的水平的载放面(512)。旋转工作台(510)的载放面(512)优选小于圆柱状蜂窝结构体(550)的底面(551、552)的尺寸。这是为了在利用线阵传感器相机(530)进行拍摄时旋转工作台(510)的图像不会拍入。

[0092] 旋转工作台(510)具有 $\theta$ 工作台(510a), $\theta$ 工作台(510a)具有沿竖直方向延伸的旋转轴A。旋转工作台(510)构成为:能够通过伺服马达等驱动单元而以规定的旋转速度进行旋转。伺服马达可以搭载有用于对旋转工作台(510)的旋转角度等位移量进行检测的编码器。

[0093] 另外,旋转工作台(510)构成为:能够通过马达等驱动单元而沿xy方向(通常为水平方向)及z方向(通常为竖直方向)进行移动。更具体而言,旋转工作台(510)具有:能够实现水平移动的X工作台(510b)及Y工作台(510c)、以及能够实现竖直移动的Z工作台(510d)。X工作台、Y工作台及Z工作台可以分别独立地利用马达等驱动单元进行移动。例如,X工作台、Y工作台及Z工作台可以构成为分别采用电动缸(robocylinder)等电动致动器。电动致动器可以由直线导轨、滚珠丝杠及伺服马达等构成。伺服马达可以搭载有用于对各工作台的位移量进行检测的编码器。

[0094] 为了准确地实施将圆柱状蜂窝结构体(550)载放于旋转工作台(510)时的定位,在将圆柱状蜂窝结构体(550)载放于旋转工作台(510)的工序中,优选使用在圆柱状蜂窝结构体(550)的第一底面(551)的上方所设置的面阵相机(560)来实施以下的定位操作。

[0095] 在一个实施方式中,定位操作包括以下工序:

[0096] 采用面阵相机(560)来计量第一底面(551)的重心O的位置;

[0097] 基于所计量的第一底面(551)的重心O的位置,使旋转工作台(510)的旋转轴A向所述第一底面的重心O的位置的正下方移动;以及

[0098] 使旋转工作台(510)相对于圆柱状蜂窝结构体(550)进行相对上升,从第二底面(552)侧将圆柱状蜂窝结构体(550)抬起。

[0099] 在图6A~图6D中示意性地示出了定位操作的顺序的例子。首先,将圆柱状蜂窝结构体(550)载放于基座(590)。基座(590)具有能够载放圆柱状蜂窝结构体(550)的水平的载放面(591)。载放面(591)具有开口部(592),在开口部(592)的下方配置有旋转工作台(510)。

[0100] 利用在第一底面(551)的上方所设置的面阵相机(560),对载放于基座(590)的圆柱状蜂窝结构体(550)的上侧的底面、即第一底面(551)进行拍摄。控制装置(570)基于面阵相机(560)对第一底面(551)进行拍摄的拍摄结果,计量第一底面(551)的重心O的位置(典

型的为xy坐标的值) (图6A)。第一底面(551)的重心O的位置可以通过如下方法求出,即,例如求出构成第一底面(551)的全部像素的坐标值的算数平均来确定重心的方法、以及对第一底面(551)的外周轮廓进行圆拟合并将该圆的中心作为重心来确定重心O的方法等。

[0101] 控制装置(570)构成为:能够对旋转工作台(510)的旋转轴A的位置(典型的为xy坐标的值)进行计量。控制装置(570)能够基于所计量的第一底面(551)的重心O的位置而使旋转工作台(510)的旋转轴A向所述第一底面的重心O的位置的正下方移动(图6B)。

[0102] 控制装置(570)能够使旋转轴A移动到第一底面(551)的重心O的位置的正下方的旋转工作台(510)沿z方向移动。因此,能够使旋转工作台(510)相对于圆柱状蜂窝结构体(550)进行相对上升,据此,能够从第二底面(552)侧将圆柱状蜂窝结构体(550)抬起(图6C)。利用该操作,能够使第一底面(551)的重心O和旋转工作台(510)的旋转轴A的位置高精度地一致。

[0103] 此外,对于被旋转工作台(510)抬起的圆柱状蜂窝结构体(550),优选使圆柱状蜂窝结构体(550)移动至规定的检查中心C,以使得旋转轴A及重心O落到线阵传感器相机(530)的光轴中心上(图6D)。例如,当将检查中心C设为预先确定的xy坐标系中的 $(x,y) = (0,0)$ 的坐标值时,控制装置(570)可以使圆柱状蜂窝结构体(550)进行移动,使得第一底面(551)的重心O在该xy坐标系中落在 $(x,y) = (0,0)$ 的位置。

[0104] 面阵相机(560)优选设置成:旋转工作台(510)的载放面(512)的法线方向与拍摄方向平行,以便提高定位精度。作为面阵相机(560),没有限定,例如可以使用具有单色的200万像素以上的性能的面阵相机。

[0105] 为了提高定位精度,优选从在第一底面(551)的上方设置的光照射器向第一底面(551)的上方照射光,同时利用面阵相机(560)实施第一底面(551)的拍摄。此外,为了提高定位精度,优选来自光照射器(580)的光被各向同性地照射于由面阵相机(560)拍摄的第一底面(551)。例如,优选如下方法,即,作为光照射器(580)使用环型照明或同轴照明等,从第一底面(551)的正上方照射光。

[0106] 作为光照射器(580)的光源,没有特别限制,可以举出:LED、白炽灯、卤素灯等。待照射的光的波长为面阵相机(560)具有受光感光度的波长即可,也没有特别限制。因此,也可以照射白色光。对待照射的光的输出也没有特别限制,但是,为了提高定位精度,可以以第一底面(551)的照度为 $20001x$ 以上、优选为 $50001x$ 以上的输出来照射光。

[0107] 2-3. 向侧面照射光的照射工序

[0108] 本发明的一个实施方式所涉及检查方法中,实施向载放于旋转工作台(510)的圆柱状蜂窝结构体(550)、优选为定位操作完成后的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)照射波长为 $300 \sim 500\text{nm}$ 的光的工序。通过将这样的短波长的光照射于侧面(553),能够使利用线阵传感器相机(530)对来自侧面(553)的反射光进行拍摄时的爱里斑直径减小。向侧面(553)照射的光的波长的上限优选为 $500\text{nm}$ 以下,更优选为 $450\text{nm}$ 以下,进一步优选为 $400\text{nm}$ 以下。但是,如果向侧面(553)照射的光的波长过短,则线阵传感器相机的感光度不足而无法得到足够亮度的图像。因此,向侧面(553)照射的光的波长的下限优选为 $300\text{nm}$ 以上,更优选为 $350\text{nm}$ 以上,进一步优选为 $400\text{nm}$ 以上。

[0109] 在一个实施方式中,检查装置(500)具备光照射器(520),该光照射器(520)能够向载放于旋转工作台(510)的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)照射上述短波长的光。作

为光照射器(520)的光源,没有特别限制,例如可以举出LED、卤素灯等。

[0110] 从容易检测出微细的缺陷(例:宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 左右的裂纹)的观点考虑,光照射器(520)优选以较高的照度照射利用线阵传感器相机(530)进行拍摄的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的部分。具体而言,优选调节待照射的光的强度,以使圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的照度为50万1x以上,优选为55万1x以上,更优选为60万1x以上。照射了照射光的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的照度没有特别的上限,从经济性的观点考虑,圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的照度优选为100万1x以下。

[0111] 圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)利用线阵传感器相机(530)进行拍摄。因此,在利用线阵传感器相机(530)对圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)进行拍摄时,以一次拍摄而能够拍摄到的范围通常为在圆柱状蜂窝结构体(550)的中心轴方向上呈直线状延伸的细长范围。因此,使光照射器(520)为线状照明在提高照度方面有效,较为理想。具体而言,向圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)照射的光优选利用长度方向沿与圆柱状蜂窝结构体(550)的中心轴方向平行的方向延伸的线状照明进行照射。并且,线状照明优选以照射线阵传感器相机(530)的拍摄范围的方式设定光的照射方向。

[0112] 作为光照射器(520)使用线状照明的情况下,如图5所示,优选在相对于利用线阵传感器相机(530)对圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)进行拍摄时的拍摄范围的中心呈对称的位置(典型的为左右位置)配置一对以上的光照射器(520),向拍摄范围同时照射光。即,各对光照射器(520)优选以照射角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ (照明光的光轴中心相对于位于拍摄范围的中心的侧面位置的法线N的角度)为相同的角度( $\theta_1 = \theta_2$ )或相近的角度( $|\theta_1 - \theta_2| = 0^\circ \sim 10^\circ$ )的方式相对于侧面(553)的法线N对称配置。这是因为通过向侧面均匀地照射光能够提高检查精度。照射角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 没有限定,例如可以为 $5^\circ \sim 30^\circ$ 的范围。此外,各对光照射器(520)的照射距离及光的强度也优选为相同程度(例:构成对的一个光照射器的照射距离相对于另一个光照射器的照射距离的比值为0.9~1.1,构成对的一个光照射器的光的强度相对于另一个光照射器的光的强度的比值为0.9~1.1)。

[0113] 2-4. 拍摄工序

[0114] 本发明的一个实施方式所涉及的检查方法中,实施如下工序,即,在来自光照射器(520)的光被照射于圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的状态下,使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转工作台(510)的旋转轴A进行旋转,同时利用线阵传感器相机(530)对来自侧面(553)的反射光进行反复拍摄。

[0115] 通过利用线阵传感器相机(530)进行反复拍摄得到的图像数据可以与被拍摄了该图像数据的侧面(553)的部分的位置数据相关联地存储于控制装置(570)内的存储装置。例如,当旋转工作台(510)的旋转动作开始时,搭载于旋转工作台(510)的编码器以规定的时间间隔发出脉冲(编码器脉冲)。该编码器脉冲交给控制装置(570)。控制装置(570)对线阵传感器相机(530)给出拍摄指示,以使线阵传感器相机(530)与接受该编码器脉冲的时机同步地执行拍摄。通过像这样在发出编码器脉冲的时机进行拍摄,能够生成各拍摄时的图像数据与编码器脉冲的脉冲值的数据组。基于脉冲值,能够确定与图像数据相对应的侧面(553)的部分的位置,因此,能够将图像数据和位置数据相关联。

[0116] 线阵传感器相机(530)的拍摄方向D没有限定,从提高检查精度的观点考虑,优选设为侧面(553)所在位置的法线N的方向或法线N的方向附近。例如,位于以一次快门开闭而

拍摄的拍摄范围的中心的侧面位置的法线N和拍摄方向D所成的角度可以为 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ,优选为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。

[0117] 作为线阵传感器相机(530),可以为一系列像素呈直线状排列的单线阵相机,从高检查精度、高感光度及检查的迅速性的观点考虑,优选使用多列像素呈直线状排列的多线阵相机或TDI线阵相机。另外,作为线阵传感器相机(530),可以为彩色相机及单色相机中的任一相机,不过,从可得到高感光度的观点考虑,优选为单色相机。

[0118] 线阵传感器相机(530)中,一系列或多列像素呈直线状排列。因此,通过使像素排列的长度方向与圆柱状蜂窝结构体(550)的中心轴延伸的方向平行来进行拍摄,使得拍摄范围中进行对焦的位置容易均匀化。因此,通过使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转工作台(510)的旋转轴A进行旋转,同时利用线阵传感器相机(530)进行反复拍摄,容易生成对焦的整个侧面的图像。

[0119] 从检查的迅速性考虑,优选使利用线阵传感器相机(530)以一次快门开闭而进行拍摄的侧面(553)的范围为圆柱状蜂窝结构体(550)的整个高度。如果利用线阵传感器相机(530)拍摄一次的侧面(553)的范围为圆柱状蜂窝结构体(550)的整个高度,则只要使圆柱状蜂窝结构体(550)旋转一周,就能够生成整个侧面的检查图像。

[0120] 使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转工作台(510)的旋转轴A进行旋转、同时利用线阵传感器相机(530)对来自侧面(553)的反射光进行反复拍摄的工序中,优选设定侧面(553)的圆周速度,以使得检查图像不会模糊,并且,能够迅速地进行检查。虽然没有限定,不过,在一个实施方式中,可以使圆柱状蜂窝结构体(550)以 $100 \sim 1000\text{mm/秒}$ 的平均圆周速度进行旋转,同时进行该拍摄工序。鉴于检查的迅速性,平均圆周速度的下限优选为 $100\text{mm/秒}$ 以上,更优选为 $200\text{mm/秒}$ 以上,进一步优选为 $314\text{mm/秒}$ 以上。另一方面,线阵传感器相机(530)的快门速度可以设定为例如 $10\text{微秒} \sim 100\text{毫秒}$ ,此时,如果平均圆周速度过高,则快门速度相对于圆周速度变慢,检查图像容易模糊。因此,平均圆周速度的上限优选为 $1000\text{mm/秒}$ 以下,更优选为 $800\text{mm/秒}$ 以下,进一步优选为 $700\text{mm/秒}$ 以下。

[0121] 另外,为了高精度地检测出微细的缺陷,优选使用像素分辨率细的相机,此时,具有如下优点,即,线阵传感器相机能够得到高解像度、高清的检查图像。具体而言,优选使用像素分辨率为 $1 \sim 25\mu\text{m/pix}$ 的线阵传感器相机。此处,利用下式求解线阵传感器相机的像素分辨率。

[0122] 像素分辨率 = (以一次快门开闭而拍摄的视野的长度方向上的长度)  $\div$  (线阵传感器相机的长度方向上的像素数)

[0123] 从提高检查精度的观点考虑,像素分辨率优选为 $25\mu\text{m/pix}$ 以下( $25\mu\text{m/pix}$ 或者比 $25\mu\text{m/pix}$ 还细),更优选为 $20\mu\text{m/pix}$ 以下( $20\mu\text{m/pix}$ 或者比 $20\mu\text{m/pix}$ 还细),进一步优选为 $15\mu\text{m/pix}$ 以下( $15\mu\text{m/pix}$ 或者比 $15\mu\text{m/pix}$ 还细),更进一步优选为 $10\mu\text{m/pix}$ 以下( $10\mu\text{m/pix}$ 或者比 $10\mu\text{m/pix}$ 还细)。像素分辨率的下限没有特别设定,从与利用容易获得的线阵传感器得到的视野之间的平衡考虑,通常为 $1\mu\text{m/pix}$ 以上( $1\mu\text{m/pix}$ 或者比 $1\mu\text{m/pix}$ 还粗),典型的为 $5\mu\text{m/pix}$ 以上( $5\mu\text{m/pix}$ 或者比 $5\mu\text{m/pix}$ 还粗)。

[0124] 但是,如上所述,由于圆柱状蜂窝结构体存在尺寸误差,所以,当使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转工作台(510)的旋转轴A进行旋转时,线阵传感器相机(530)与侧面(553)之间的距离会微妙地发生变化。为了高精度地检测出微细的缺陷(例:宽度为 $5 \sim 25\mu\text{m}$

左右的裂纹),需要考虑该距离的变化。

[0125] 考虑到工业上生产的圆柱状蜂窝结构体的尺寸误差,优选将景深调整为0.5~5mm进行拍摄。如果景深在该范围内,则通过使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转工作台(510)的旋转轴A进行旋转,同时利用线阵传感器相机(530)进行反复拍摄,容易得到对焦的整个侧面的图像。考虑到尺寸误差,景深的下限优选为0.5mm以上,更优选为1mm以上,进一步优选为3mm以上。不过,如果想要增大景深,则需要降低倍率或者大幅缩小光圈等,无法得到所期望的图像。因此,景深的上限优选为5mm以下,更优选为3mm以下,进一步优选为2mm以下。

[0126] 景深利用下式求解。

[0127] 【数学式1】

$$[0128] \quad \text{前景深 (mm)} = \frac{\text{容许弥散圆直径(mm)} \times \text{F值} \times \text{被拍摄体距离(mm)}^2}{\text{焦距 (mm)}^2 + \text{容许弥散圆直径(mm)} \times \text{F值} \times \text{被拍摄体距离(mm)}}$$

$$[0129] \quad \text{后景深 (mm)} = \frac{\text{容许弥散圆直径(mm)} \times \text{F值} \times \text{被拍摄体距离(mm)}^2}{\text{焦距 (mm)}^2 - \text{容许弥散圆直径(mm)} \times \text{F值} \times \text{被拍摄体距离(mm)}}$$

[0130] 景深=前景深+后景深

[0131] 式中,容许弥散圆直径是指“像素间距”或“爱里斑直径”较大的一方。光圈值也称为F值,其是镜头的焦距除以有效口径得到的值。因此,为了增大景深,只要增大F值(光圈值)即可。然而,爱里斑直径以爱里斑直径=1.22×λ×F值(式中,λ是指光的波长。)表示,因此,如果使F值(光圈值)增大,则存在如下问题,即,爱里斑直径增大,点像模糊,导致检查精度降低。因此,将如上所述的短波长的光向圆柱状蜂窝结构体的侧面照射,对其反射光进行拍摄,由此能够使景深增大且使爱里斑直径减小。

[0132] 从与波长为300~500nm的光结合而得到适当的景深的观点考虑,线阵传感器相机的光圈值F优选设定为8~16的范围。线阵传感器相机的光圈值F更优选设定为8~11的范围,进一步优选设定为10~11的范围。

[0133] 景深还受焦距的影响。由上式可知,焦距短能够使景深增大。能够不对爱里斑直径带来影响地调整焦距,这一点是有利的。焦距没有限定,例如可以为50~200mm,优选为100~150mm。

[0134] 景深还受被拍摄体距离的影响。由上式可知,被拍摄体距离长能够使景深增大,不过,如果被拍摄体距离变长,则检查图像的解像度降低。因此,优选将通过调整被拍摄体距离来控制景深设为最小限度。例如,被拍摄体距离可以为200mm~400mm,典型的可以为250~300mm。

[0135] 参照图5,通过使供线阵传感器相机(530)载放的X工作台(532)移动来调整被拍摄体距离(镜头的前侧主点至被拍摄体的距离)和/或拍摄距离(被拍摄体至相机的拍摄元件的距离)。以下,对被拍摄体距离及拍摄距离的调节顺序例示性地进行说明。首先,采用位移计(585),对从定位操作结束后的旋转工作台(510)上的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)所在的位置至该位置的法线方向上的位移计(585)为止的距离进行测定。由于圆柱状蜂窝结构体(550)的第一底面(551)的重心O的位置的坐标值已经计量,所以,控制装置(570)基于该距离和第一底面(551)的重心O的位置的坐标值,计算圆柱状蜂窝结构体(550)的测定位置处的直径或半径。进而,控制装置(570)基于线阵传感器相机(530)的镜头的前

侧主点和/或拍摄面的位置的坐标值、圆柱状蜂窝结构体(550)的直径或半径的值、以及第一底面(551)的重心O的位置,计算出当前被拍摄体距离和/或拍摄距离。控制装置(570)基于计算结果,利用控制装置(570)使X工作台(532)移动,以得到所期望的被拍摄体距离和/或拍摄距离。X工作台(532)的移动方向优选为圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的法线方向。例如,用户可以借助输入部(572)而输入规定的被拍摄体距离和/或拍摄距离。得到规定的被拍摄体距离和/或拍摄距离后,优选以相对于该被拍摄体距离和/或拍摄距离进行对焦的方式实施线阵传感器相机(530)的拍摄工序。

[0136] 对线阵传感器相机(530)的条件设定方法例示性地进行说明。例如,为了检测出宽度 $10\mu\text{m}$ 的裂纹,需要像素分辨率为约 $10\mu\text{m}/\text{pix}$ 的检查图像的条件。此时,考虑将景深设定为 $1\text{mm}$ 左右的情形。为了得到像素分辨率为约 $10\mu\text{m}/\text{pix}$ 的检查图像,需要像素间距为约 $5\mu\text{m}/\text{pix}$ 且倍率为 $0.5$ 倍的镜头。并且,由于容许弥散圆直径是指“像素间距”或“爱里斑直径”较大一方,所以,可知:在使用像素间距足够小的相机的情况下,调整爱里斑直径即可。考虑到对宽度 $10\mu\text{m}$ 的裂纹进行检测,则例如将容许弥散圆直径、即爱里斑直径设定为 $5\mu\text{m}$ ,即可精度良好地检测出裂纹。如上所述,爱里斑直径以爱里斑直径 $=1.22 \times \lambda \times F$ 值进行表示,因此,可知:例如使用波长为 $380\text{nm}$ 的光的情况下,如果F值选择 $11$ ,则爱里斑直径为约 $5\mu\text{m}$ 。此时,可知:例如,如果使焦距为 $100\text{mm}$ 且使被拍摄体距离为 $300\text{mm}$ ,则能够使景深为 $1\text{mm}$ 左右。

[0137] 如上所述,圆柱状蜂窝结构体(550)可能产生尺寸误差。因此,如果使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转工作台(510)的旋转轴A旋转一周,则被拍摄体距离有可能发生变化。即便设定景深以使其能够应对圆柱状蜂窝结构体(550)的通常的尺寸误差,有时被拍摄体距离的变化也会变大,可能还有时该距离的变化量超过景深。这种情况下,在检查图像中产生失焦部分。因此,这种情况下,在实施利用线阵传感器相机(530)对来自圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的反射光进行反复拍摄的工序中,优选进行利用了位移计(585)的以下工序。

[0138] 在一个实施方式中,本发明所涉及的圆柱状蜂窝结构体的检查方法包括以下工序:

[0139] 在实施利用线阵传感器相机(530)对来自圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的反射光进行反复拍摄的工序中,采用位移计(585),连续地计量所述侧面(553)中的任一位置的法线方向上的该位置与位移计之间的距离,判定圆柱状蜂窝结构体(550)旋转一周期间的该距离的变化量是否超过景深;以及

[0140] 在超过景深的情况下,调整拍摄距离,使得以超过景深的状态拍摄到的所述侧面(553)的部分的至少一部分进入景深的范围内,然后,使圆柱状蜂窝结构体(550)再次绕着旋转轴A进行旋转,同时利用线阵传感器相机(530)至少对该部分进行拍摄。

[0141] 判定工序可以采用检查装置(500)如下这样进行实施。

[0142] 首先,检查装置(500)的控制装置(570)基于实施拍摄工序的各种条件,计算出前景深及后景深。可以预先计算出各种条件与景深之间的关系,并将计算结果登记到控制装置(570)的存储部中。

[0143] 接下来,控制装置(570)在实施利用线阵传感器相机(530)对来自圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的反射光进行反复拍摄的工序中,将采用位移计(585)而计量出的侧面(553)相对于焦平面向前方的位移及向后方的位移与计量了该位移的侧面(553)的位置

进行相关联,并分别进行存储。可以采用编码器来检测计量了位移的侧面(553)的位置。不过,也可以不确定计量了位移的侧面(553)的位置,而仅存储位移。

[0144] 接下来,控制装置(570)将前景深和侧面(553)相对于焦平面向前方的位移进行对比,由此实施判定,确定以向前方的位移超过前景深的状态拍摄到的所述侧面(553)的部分。同样地,控制装置(570)将后景深和侧面(553)相对于焦平面向后方的位移进行对比,由此实施判定,确定以向后方的位移超过后景深的状态拍摄到的所述侧面(553)的部分。不过,也可以不必确定超过景深的所述侧面(553)的部分。

[0145] 判定工序中,采用位移计(585),求解从圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)所在的位置至该位置的法线方向上的位移计(585)为止的距离时,作为计量距离的基准的侧面(553)的该位置优选为圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的下半部分中的任一位置。其理由如下。

[0146] 如上所述,基于采用在圆柱状蜂窝结构体(550)的上侧的第一底面(551)的上方所设置的光照射器(580)而确定的第一底面(551)的重心,进行圆柱状蜂窝结构体(550)的定位操作。因此,圆柱状蜂窝结构体(550)的直角度较大的情况下,圆柱状蜂窝结构体(550)的下半部分相对于旋转工作台(510)的旋转轴A的偏离增大。所以,如果使圆柱状蜂窝结构体(550)进行旋转,则下半部分大幅偏心而导致位移计的测定值增大。因此,通过对从位移计的测定值容易增大的圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的下半部分中的任一位置至位移计(585)为止的距离进行计量,能够提高判定工序的精度。

[0147] 判定工序中,采用位移计(585),求解从圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)所在的位置至该位置的法线方向上的位移计(585)为止的距离时,若使圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)的下端(第二底面(552))为高度0,使上端(第一底面(551))为高度H,则作为计量距离的基准的侧面(553)的该位置优选为 $0 \sim 0.2H$ 的范围中的任一位置,更优选为 $0 \sim 0.1H$ 的范围中的任一位置。

[0148] 再次的拍摄工序可以采用检查装置(500)如下进行实施。

[0149] 检查装置(500)的控制装置(570)调整拍摄距离,使得以超过景深、即超过前景深和/或后景深的状态拍摄到的所述侧面(553)的部分的至少一部分进入景深的范围内。接下来,控制装置(570)对检查装置(500)进行操作,以使圆柱状蜂窝结构体(550)绕着旋转轴A再次进行旋转,同时利用线阵传感器相机(530)至少对该部分进行拍摄。此时,拍摄范围可以为整个所述侧面(553)。在确定了以超过景深的状态拍摄到的所述侧面(553)的部分时,也可以将包含该部分在内作为条件来限制拍摄范围。控制装置(570)优选对检查装置(500)进行操作,以使其反复进行拍摄距离的调整及拍摄,直至以所有圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)整体均进入景深的范围内的状态进行拍摄为止。

[0150] 2-5. 图像生成工序

[0151] 本发明的一个实施方式所涉及的检查方法中,实施如下工序,即,基于利用线阵传感器相机(530)对来自所述侧面(553)的反射光进行拍摄的工序的结果,生成整个所述侧面(553)的检查图像。例如,可以构成为:控制装置(570)基于通过利用线阵传感器相机(530)进行拍摄的工序的结果而得到的图像数据,进行检查图像的生成。检查图像可以显示于LCD、有机EL显示器等显示装置的显示部件(540)。

[0152] 针对检查图像,可以根据需要执行过滤处理等图像处理,以使下个工序中的缺陷

判别变得容易。作为过滤处理,可以举出二值化处理、阴影校正、收缩膨胀处理等。图像处理可以构成为由控制装置(570)进行。

[0153] 通过按照时间序列配置在拍摄开始至结束的时机之间取得的大量图像数据,能够生成圆柱状蜂窝结构体的整个侧面的检查图像。通过利用线阵传感器相机对圆柱状蜂窝结构体拍摄一周而得到的图像数据的容量较大。因此,如果在拍摄工序结束后实施图像处理,则图像处理花费时间,检查速度降低。因此,优选针对每个规定的图像数据量(例如、针对每个对圆柱状蜂窝结构体进行拍摄一周的图像数据量的5%~30%),与拍摄工序并行地执行图像处理。可以对分割进行的图像处理后的多个图像数据进行整合处理。

[0154] 2-6. 缺陷判别工序

[0155] 本发明的一个实施方式所涉及的检查方法中,实施如下工序,即,基于检查图像,判别圆柱状蜂窝结构体(550)的侧面(553)有无缺陷。检查人员可以通过肉眼观察来实施判别有无缺陷的工序,不过,也可以使控制装置(570)基于预先设定的基准进行。在一个实施方式中,基于检查图像来判别所述侧面(553)有无缺陷的工序包括:判别有无宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 的裂纹。此处,裂纹的宽度是指:在一个裂纹中,与裂纹的长度方向正交的方向上的长度的最大值。例如,将宽度为10 $\mu\text{m}$ 左右的微细裂纹的显微镜照片的示意图示于图7。

[0156] 在通过控制装置(570)来判别有无宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 的裂纹的情况下,例如可以举出如下方法,即,对检查图像进行二值化处理,以便能够将存在裂纹等缺陷的部分和除此以外的部分区别开,采用二值化处理后的检查图像,判别有无宽度为5~25 $\mu\text{m}$ 的裂纹。

[0157] 根据本发明所涉及的检查方法的一个实施方式,得到的检查图像能够具有适合检测微细裂纹的高解像度,因此,能够以高检查精度检测出上述微细裂纹等缺陷。

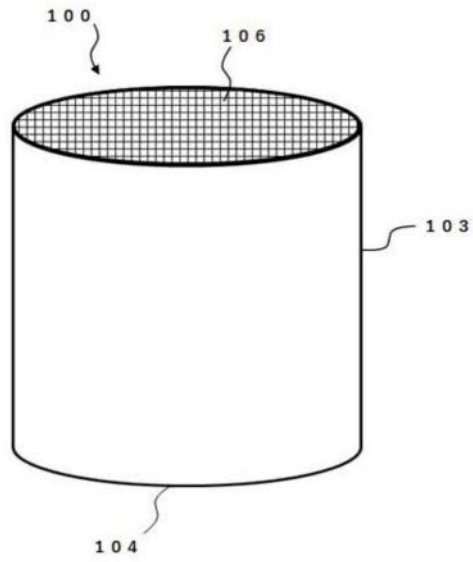


图1

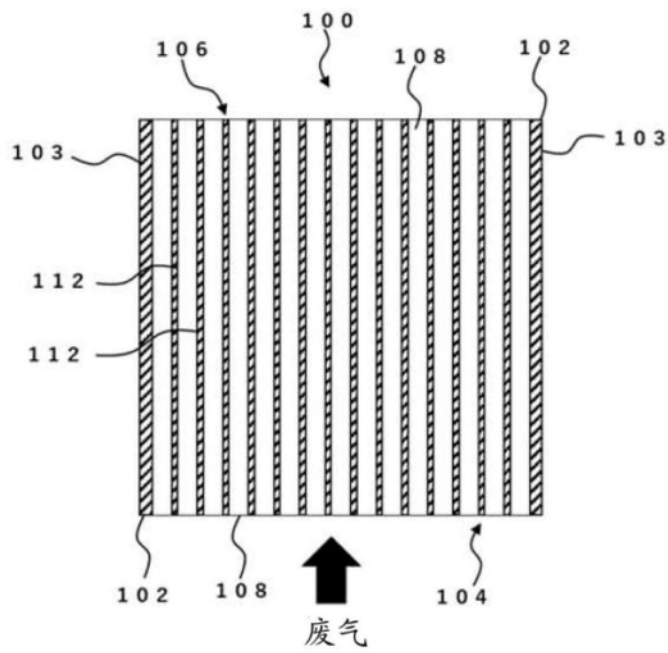


图2

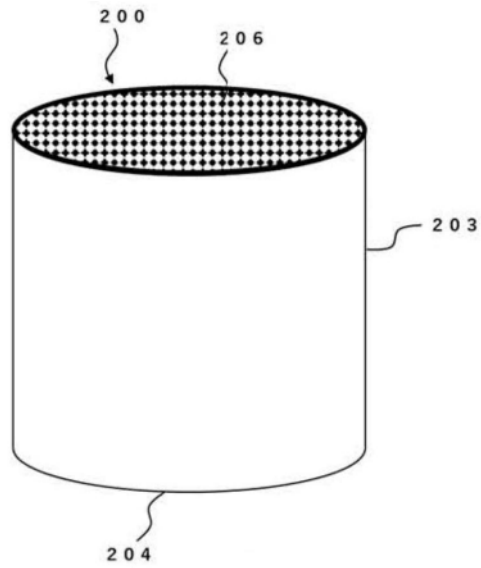


图3

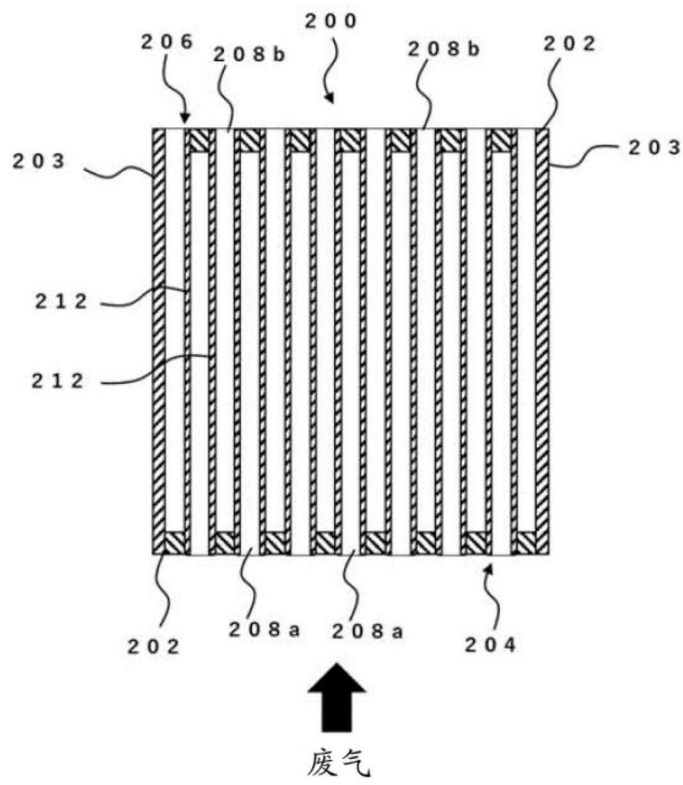


图4

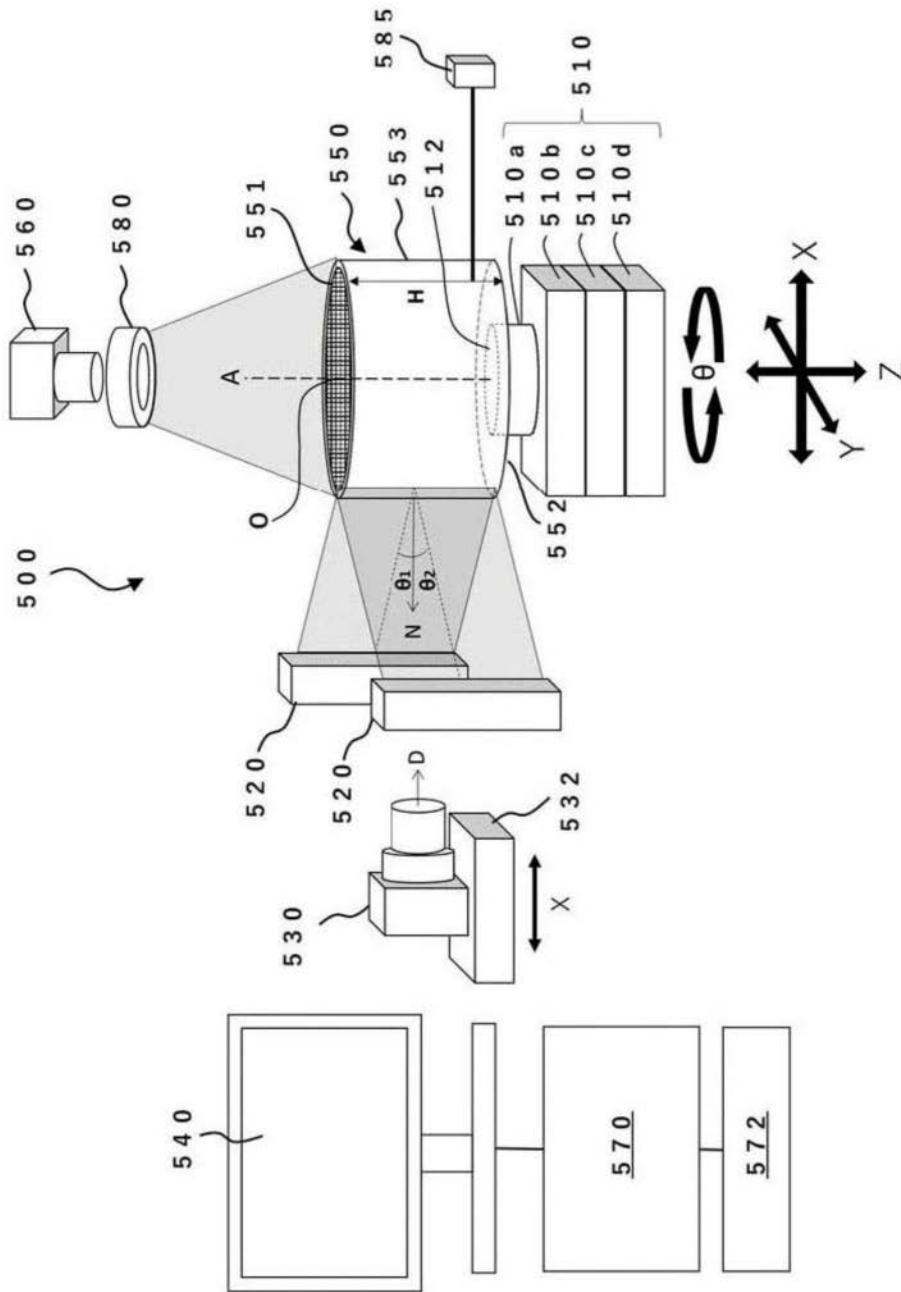


图5

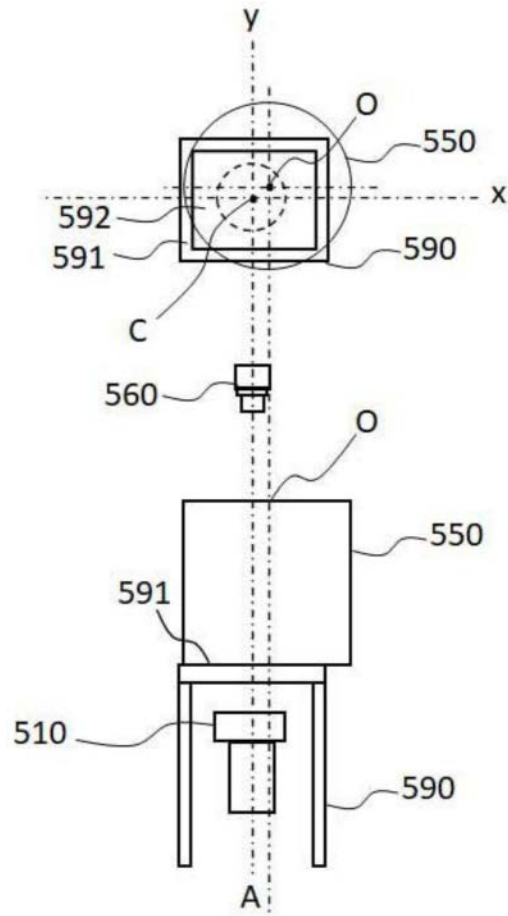


图6A

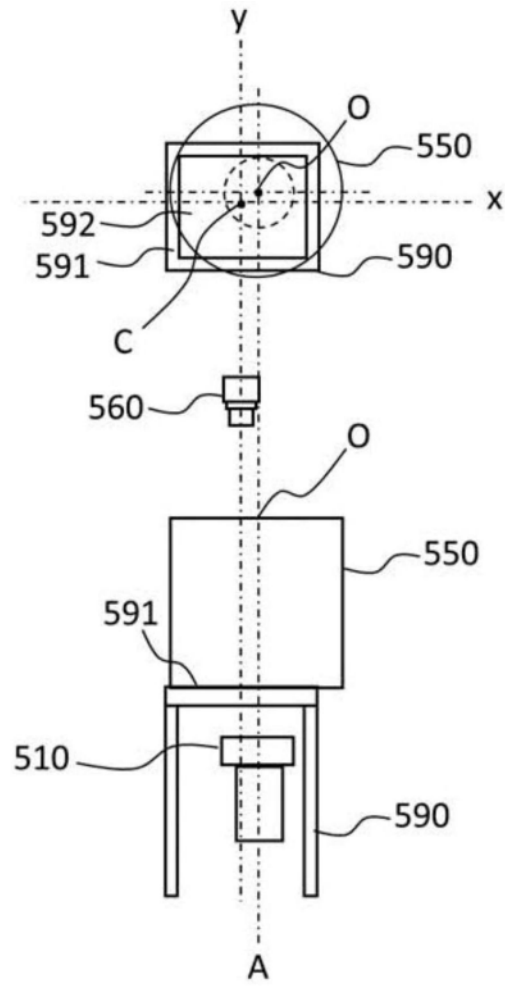


图6B

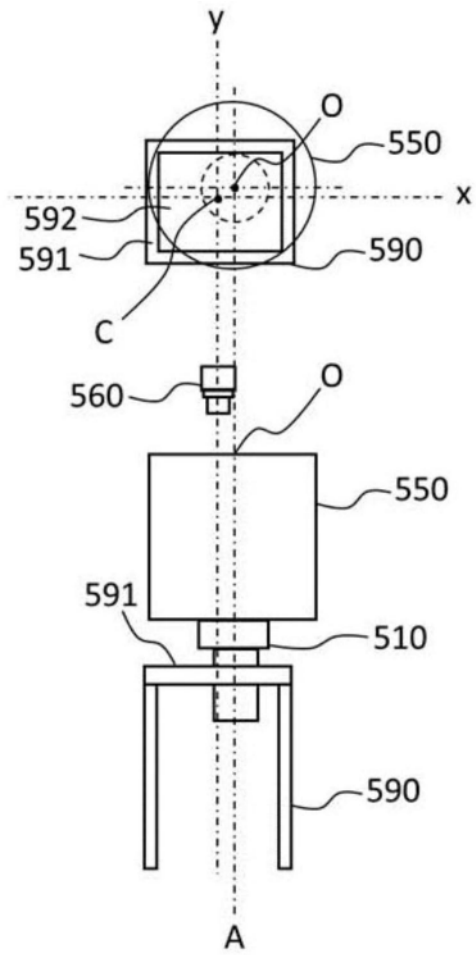


图6C

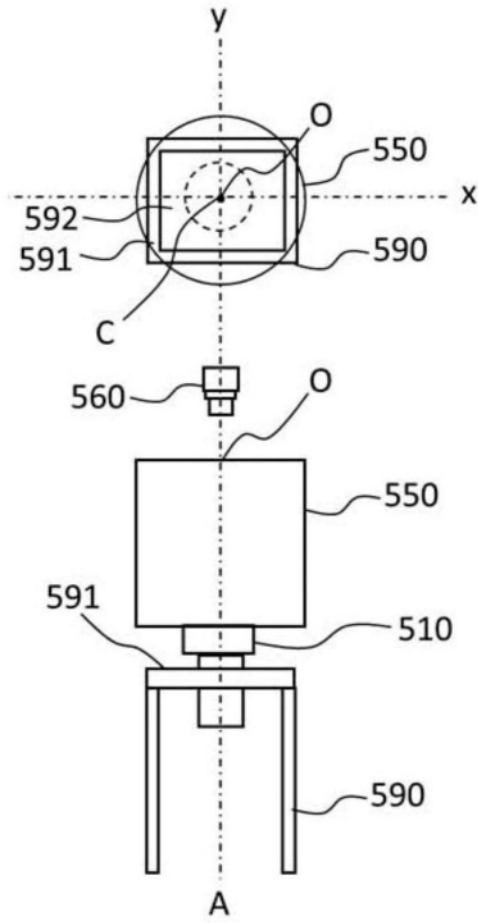


图6D

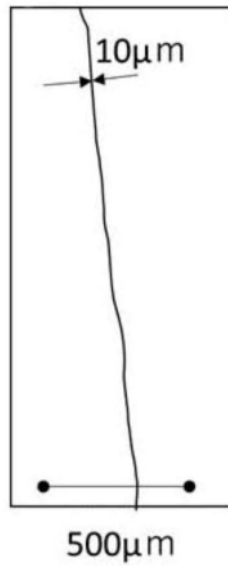


图7