



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106197312 B

(45)授权公告日 2018.09.28

(21)申请号 201610524255.7

(22)申请日 2016.07.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106197312 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(73)专利权人 江苏鑫晨光技术有限公司

地址 224000 江苏省盐城市经济技术开发区漓江路66号

(72)发明人 游思梁 孙楠 沈平 马军

(51)Int.Cl.

G01B 11/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 1403783 A,2003.03.19,

CN 104502409 A,2015.04.08,

CN 101303270 A,2008.11.12,

CN 104111053 A,2014.10.22,

CN 105241395 A,2016.01.13,

JP 昭57-187604,1982.11.18,

许文斌等.定日镜面形精度检测中的三坐标扫描系统的精度分析.《光学技术》.2009,第35卷(第5期),

许文斌.踏实太阳能定日镜子镜面形精度和聚光性能评价的新方法.《仪器仪表学报》.2011,第32卷(第6期),

审查员 路晓明

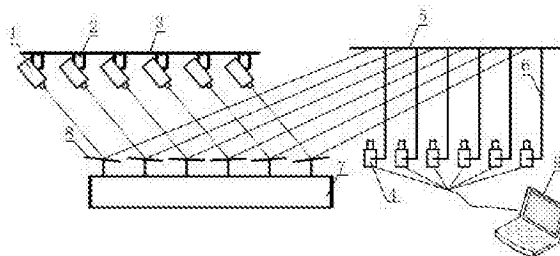
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种定日镜面形快速检测系统及其方法

(57)摘要

本发明涉及一种定日镜面形快速检测系统及其方法,包括激光器阵列和图像采集器阵列,激光器阵列通过可调角度机构安装在水平支撑平面上,接收标靶与水平面平行;图像采集器阵列通过固定支架安装在接收标靶上,将采集的图像数据通过数据线发送到计算机;待测定日镜由多个子镜组成,子镜组成了一个离散化的汇聚曲面,即为待测定日镜的镜面面形,并通过子镜的滚转角和俯仰角描述其三维姿态。本发明基于光线的反射定律通过图像采集器阵列直接拍摄接收标靶上的定日镜镜面反射光斑计算各个子镜的三维空间反射角,实现对连续型镜面和分离型镜面的高精度面形检测,由于激光光斑的能量密度较高,不易受到环境光的干扰,所以可在普通的室内环境完成面形检测。



1. 一种定日镜面形快速检测系统, 其特征在于: 包括激光器阵列、图像采集器阵列、接收标靶、待测定日镜和计算机, 所述激光器阵列通过可调角度机构安装在水平支撑平面上, 接收标靶与水平面平行; 所述图像采集器阵列通过固定支架安装在接收标靶上, 将采集的图像数据通过数据线发送到计算机; 其中所述待测定日镜处于水平面和接收标靶的下方, 并由多个子镜组成, 多个子镜组成了一个离散化的汇聚曲面, 即为待测定日镜的镜面面形, 并通过子镜的滚转角和俯仰角描述其三维姿态。

2. 一种定日镜面形快速检测方法, 其特征在于: 包括如下步骤:

(1)、将定日镜摆放在激光器阵列下方的测量区域, 并调节至待测状态;

(2)、根据定日镜的姿态调节水平支撑平面上的可调角度机构, 使得激光器阵列出射的准直激光束经过子镜的反射最终落在接收标靶;

(3)、图像采集器阵列拍摄接收标靶上反射光斑后将图像信息传输给计算机;

(4)、对于每一个子镜, 计算机先根据图像信息计算获得子镜与大地水平面平行(俯仰角 θ 与滚转角 Φ 均为零度)条件下的参考位置, 并以参考位置为原点建立子坐标系; 再通过图像识别算法获得实际反射光斑在子坐标系中的位置; 最后计算获得反射光斑位置与参考位置的相对偏移量, 即俯仰角 θ 引起的位置偏移量 dx 和滚转角 Φ 引起的位置偏移量 dy ;

(5)、由计算获得的俯仰角 θ 和滚转角 Φ 确定每个子镜的法线方向, 然后获得每个子镜测量时的三维姿态, 最后根据定日镜的尺寸信息重建其三维面形; 由于激光器阵列同时照射单台定日镜上的所有子镜, 并通过图像采集器阵列在接收标靶可以同时获得各个子镜的反射光斑图像, 所以每个子镜的各个子镜的俯仰角 θ 和滚转角 Φ 也是同时获得的, 最终实现单台定日镜的面形分布的快速测量;

(6)、对于多台同型号定日镜的检测, 只需要将待测定日镜摆放到固定测量区域并调节成待测状态, 重复步骤(3)至步骤(5)就能够实现多台定日镜的批量快速测量, 无需再调节激光器阵列。

3. 根据权利要求2所述的一种定日镜面形快速检测方法, 其特征在于: 所述步骤(4)中的单个子镜的俯仰角 θ 满足如下关系:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{d_x}{(h_0 + h_1)} - \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_x \right) \right] - \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_x}{2}$$

式中 α_x 为激光器1出射光轴在X-Z平面内与X轴的夹角, h_0 为激光器阵列1出射点到激光入射点的垂直距离, h_1 为接收标靶5到激光器阵列1的垂直距离, d_x 为反射光斑位置与参考位置 d_{x0} 的相对偏差;

所述单个子镜的滚转角 Φ 满足如下关系:

$$\phi = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{d_y}{(h_0 + h_1)} - \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_y \right) \right] - \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_y}{2}$$

式中 α_y 为激光器1出射光轴在Y-Z平面内与Y轴的夹角, h_0 为激光器阵列1出射点到激光入射点的垂直距离, h_1 为接收标靶5到激光器阵列1的垂直距离, d_y 为反射光斑位置与参考

位置 d_{j0} 的相对偏差。

一种定日镜面形快速检测系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种定日镜面形快速检测系统及其方法,属于定日境面形检测技术领域。

背景技术

[0002] 作为塔式太阳能热发电技术的核心组成部分,定日镜可将接收到的太阳光反射到特定接收目标。具有汇聚特性的定日镜在完成上述工作的同时,能够按照特定策略实现反射太阳光光斑尺寸的缩小,从而减小接收面的尺寸,提高空间利用率和发电效率。由于在实际制造过程中存在多种误差的影响,定日镜的面形精度会降低,可能导致反射的光斑产生巨大变形,影响接收目标获得的有效能量,因此需要对定日镜面形进行精确测量以保证发电效率。

[0003] 目前的面形技术主要可以分为接触式和非接触式。接触式的方法不适用于精密的光学镜面,且受限于探针、采样间隔等因素,难以实现高精度的实时检测,而非接触式检测方法主要是通过光学检测方法实现对镜面的无损测量。现有的技术方案中,先通过黑白棋盘标定CCD相机、白屏、待测单元镜的空间几何映射参数,再在将多幅条纹图像投影至白屏,通过CCD相机采集单元镜反射的变形条纹图像获取单元镜镜面的相位分布,通过建立虚拟平面计算获得单元镜镜面的条纹相位偏移量,结合CCD相机与虚拟平面的距离、白屏上的条纹周期和单元镜条纹相位偏移量计算单元镜面形的斜率分布,通过斜率积分的方法获得单元镜面形信息。

[0004] 现有的定日镜面形检测技术在检测每台定日镜前都需要对整个系统进行标定,特别是对于面形曲率变化较大的定日镜,还需要改变CCD相机与待测定日镜间的相对位置,以便于获得完整的条纹图像,同时对检测环境较高,具有高反射率的定日镜镜面易受到杂散光的干扰,影响条纹图像的对比度和正确性,从而减低面形检测精度。此外现有检测技术系统复杂程度高,面形检测精度受条纹间距、CCD相机的内部参数和外部参数等因素影响,仅适用于由子镜相连组成的连续型镜面,而对子镜间隔一定距离的分离型镜面进行面形检测需要进行额外的处理(如单个子镜的镜面区域识别等),并且容易引入更多误差,需要较大的空间摆放检测设备,空间利用率低。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于:针对目前技术不能满足现有的需要,提供一种定日镜面形快速检测系统及其方法,通过图像采集器阵列直接拍摄接收标靶上的定日镜镜面反射光斑,由于激光光斑的能量密度较高,所以不易受到环境光的干扰,可以保证面形检测的稳定性,并可在普通的室内环境实现面形检测,同时通过图像处理技术的实现高精度的相对位置偏移距离测量,获得高精度的角度测量值,从而实现高精度的定日镜面形重建,根据光线的反射定律计算各个子镜的三维空间反射角,对连续型镜面和分离型镜面均能实现高精度的面形检测,也不需要复杂的目标识别算法,适用范围广。

[0006] 本发明所采用的技术方案是：一种定日镜面形快速检测系统，包括激光器阵列、图像采集器阵列、接收标靶、待测定日镜和计算机，所述激光器阵列通过可调角度机构安装在水平支撑平面上，接收标靶与水平面平行；所述图像采集器阵列通过固定支架安装在接收标靶上，将采集的图像数据通过数据线发送到计算机；其中所述待测定日镜处于水平面和接收标靶的下方，并由多个子镜组成，多个子镜组成了一个离散化的汇聚曲面，即为待测定日镜的镜面面形，并通过子镜的滚转角和俯仰角描述其三维姿态。

[0007] 一种定日镜面形快速检测方法，包括如下步骤：

[0008] (1)、将定日镜摆放在激光器阵列下方的测量区域，并调节至待测状态；

[0009] (2)、根据定日镜的姿态调节水平支撑平面上的可调角度机构，使得激光器阵列出射的准直激光束经过子镜的反射最终落在接收标靶；

[0010] (3)、图像采集器阵列拍摄接收标靶上反射光斑后将图像信息传输给计算机；

[0011] (4)、对于每一个子镜，计算机先根据图像信息计算获得子镜与大地水平面平行（俯仰角 θ 与滚转角 Φ 均为零度）条件下的参考位置，并以参考位置为原点建立子坐标系；再通过图像识别算法获得实际反射光斑在子坐标系中的位置；最后计算获得反射光斑位置与参考位置的相对偏移量，即俯仰角 θ 引起的位置偏移量 dx 和滚转角 Φ 引起的位置偏移量 dy ；

[0012] (5)、由计算获得的俯仰角 θ 和滚转角 Φ 确定每个子镜的法线方向，然后获得每个子镜测量时的三维姿态，最后根据定日镜的尺寸信息重建其三维面形；由于激光器阵列同时照射单台定日镜上的所有子镜，并通过图像采集器阵列在接收标靶可以同时获得各个子镜的反射光斑图像，所以每个子镜的各个子镜的俯仰角 θ 和滚转角 Φ 也是同时获得的，最终实现单台定日镜的面形分布的快速测量；

[0013] (6)、对于多台同型号定日镜的检测，只需要将待测定日镜摆放到固定测量区域并调节成待测状态，重复步骤(3)至步骤(5)就能够实现多台定日镜的批量快速测量，无需再调节激光器阵列。

[0014] 在本发明中：所述步骤(4)中的单个子镜的俯仰角 θ 满足如下关系：

$$[0015] \quad \theta = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{d_x}{(h_0 + h_1)} - \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_x \right) \right] - \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_x}{2}$$

[0016] 式中 α_x 为激光器1出射光轴在X-Z平面内与X轴的夹角， h_0 为激光器阵列1出射点到激光入射点的垂直距离， h_1 为接收标靶5到激光器阵列1的垂直距离， d_x 为反射光斑位置与参考位置 d_{x0} 的相对偏差；

[0017] 所述单个子镜的滚转角 Φ 满足如下关系：

$$[0018] \quad \phi = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{d_y}{(h_0 + h_1)} - \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_y \right) \right] - \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_y}{2}$$

[0019] 式中 α_y 为激光器1出射光轴在Y-Z平面内与Y轴的夹角， h_0 为激光器阵列1出射点到激光入射点的垂直距离， h_1 为接收标靶5到激光器阵列1的垂直距离， d_y 为反射光斑位置与参考位置 d_{y0} 的相对偏差。

[0020] 本发明的有益效果:

[0021] 1.只需要在每次检测开始前进行一次标定,无需针对每台定日镜进行标定,可以提高检测效率,降低操作的复杂性;

[0022] 2.通过图像采集器阵列直接拍摄接收标靶上的定日镜镜面反射光斑,不易受到环境光的干扰,保证面形检测的稳定性;

[0023] 3.通过基于图像处理技术的实现高精度的相对位置偏移距离测量,获得高精度的角度测量值,从而实现高精度的定日镜面形重建;

[0024] 4.根据光线的反射定律分别获得各个子镜的三维空间反射角来解算定日镜面形,对连续型镜面和分离型镜面均能实现高精度的面形检测,适用范围广;

[0025] 5.激光器阵列、图像采集器阵列和接收标靶均可安装在定日镜镜面的上方,能有效提高空间利用率,便于定日镜的移动,提高检测效率。

附图说明

[0026] 图1是本发明的系统示意图;

[0027] 图2是本发明中单个子镜转动示意图;

[0028] 图3是本发明中子镜俯仰角和滚转角示意图;

[0029] 图4是本发明中反射光斑相对位置示意图;

[0030] 图5是本发明中反射光路示意图(俯仰角)。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细描述。

[0032] 如图1所示,一种定日镜面形快速检测系统,包括激光器阵列1、图像采集器阵列4、接收标靶5和计算机9,所述激光器阵列1通过可调角度机构2安装在水平支撑平面3上,接收标靶5与水平面3平行;所述图像采集器阵列4通过固定支架6安装在接收标靶5上,将采集的图像数据通过数据线发送到计算机9;其中待测定日镜7处于水平面3和接收标靶5的下方,并由多个子镜8组成。当每个子镜8间均存在特定的三维姿态偏差时,这些子镜8组成了一个离散化的汇聚曲面,即为待测定日镜7的镜面面形。因为每个子镜8的安装位置相对固定,所以通过子镜8的滚转角和俯仰角可以描述其三维姿态。

[0033] 如图2所示,以单个子镜8的镜面中心为原点建立与大地轴平行的坐标系,绕Y轴转动即为俯仰角转动,绕X轴转动即为滚转角转动。

[0034] 如图3所示,子镜8的镜面法线10在X-Z平面的投影与Z轴正方向的夹角 θ 为俯仰角,法线10在Y-Z平面的投影与Z轴正方向的夹角 Φ 为滚转角。

[0035] 一种定日镜面形快速检测方法,通过测量每个子镜的俯仰角和滚转角重建待测定日镜的三维面形,包括如下步骤:

[0036] (1)、将定日镜7摆放在激光器阵列下方的测量区域,并调节至待测状态;

[0037] (2)、根据定日镜7的姿态调节水平支撑平面3上的可调角度机构2,使得激光器阵列1出射的准直激光束经过子镜8的反射最终落在接收标靶5;

[0038] (3)、图像采集器阵列4拍摄接收标靶5上反射光斑后将图像信息传输给计算机9;

[0039] (4)、对于每一个子镜8,计算机9先根据图像信息计算获得子镜8与大地水平面平

行(俯仰角 θ 与滚转角 Φ 均为零度)条件下的参考位置,并以参考位置为原点建立子坐标系;再通过图像识别算法获得实际反射光斑在子坐标系中的位置;最后计算获得反射光斑位置与参考位置的相对偏移量,即俯仰角 θ 引起的位置偏移量 dx 和滚转角 Φ 引起的位置偏移量 dy ;

[0040] 所述上述步骤中的单个子镜的俯仰角 θ 满足如下关系:

$$[0041] \quad \theta = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{d_x}{(h_0 + h_1)} - \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_x \right) \right] - \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_x}{2}$$

[0042] 式中 α_x 为激光器1出射光轴在X-Z平面内与X轴的夹角, h_0 为激光器阵列1出射点到激光入射点的垂直距离, h_1 为接收标靶5到激光器阵列1的垂直距离, d_x 为反射光斑位置与参考位置 d_{x0} 的相对偏差;

[0043] 所述单个子镜的滚转角 Φ 满足如下关系:

$$[0044] \quad \phi = \frac{1}{2} \arctan \left[\frac{d_y}{(h_0 + h_1)} - \tan \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_y \right) \right] - \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_y}{2}$$

[0045] 式中 α_y 为激光器1出射光轴在Y-Z平面内与Y轴的夹角, h_0 为激光器阵列1出射点到激光入射点的垂直距离, h_1 为接收标靶5到激光器阵列1的垂直距离, d_y 为反射光斑位置与参考位置 d_{y0} 的相对偏差;

[0046] (5)、由计算获得的俯仰角 θ 和滚转角 Φ 确定每个子镜8的法线方向,然后获得每个子镜8测量时的三维姿态,最后根据定日镜7的尺寸信息重建其三维面形;由于激光器阵列1同时照射单台定日镜7上的所有子镜8,并通过图像采集器阵列4在接收标靶5可以同时获得各个子镜8的反射光斑图像,所以每个子镜8的各个子镜8的俯仰角 θ 和滚转角 Φ 也是同时获得的,最终实现单台定日镜7的面形分布的快速测量;

[0047] (6)、对于多台同型号定日镜7的检测,只需要将待测定日镜7摆放到固定测量区域并调节成待测状态,重复步骤(3)至步骤(5)就能够实现多台定日镜的批量快速测量,无需再调节激光器阵列1。

[0048] 以上对本发明的具体实施方式进行了描述,但本发明并不限于以上描述。对于本领域的技术人员而言,任何对本技术方案的同等修改和替代都是在本发明的范围之内。因此,在不脱离本发明的精神和范围下所作的均等变换和修改,都应涵盖在本发明的范围内。

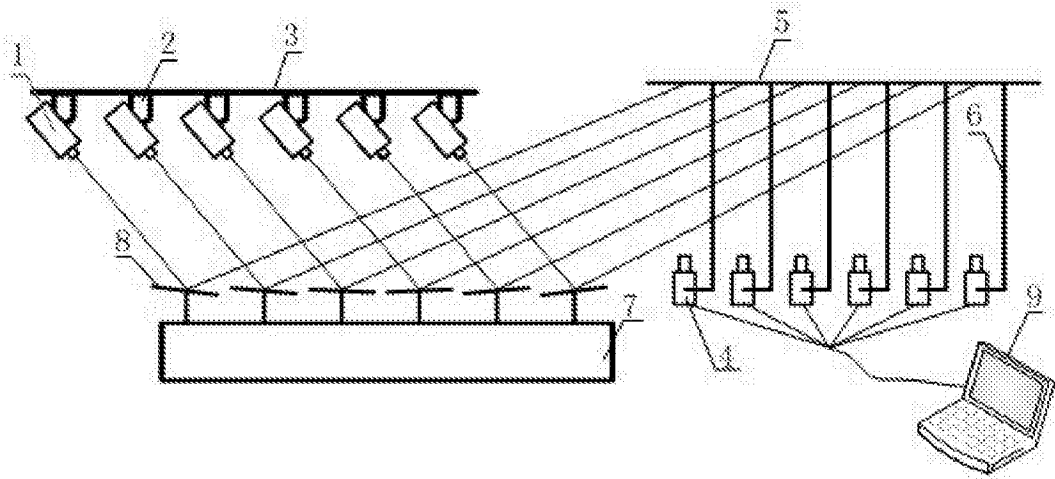


图1

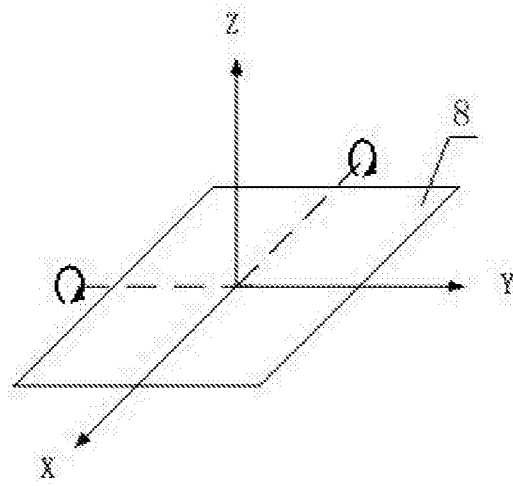


图2

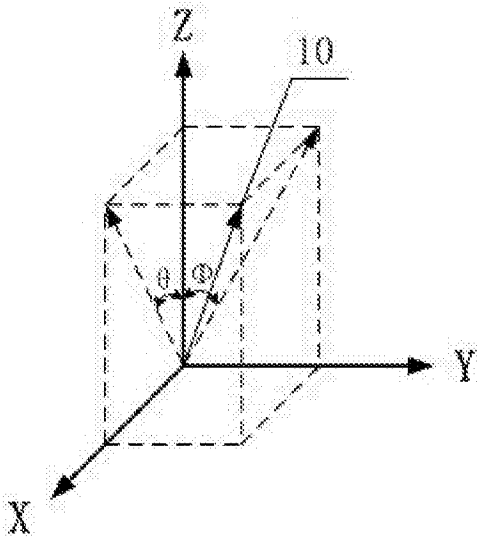


图3

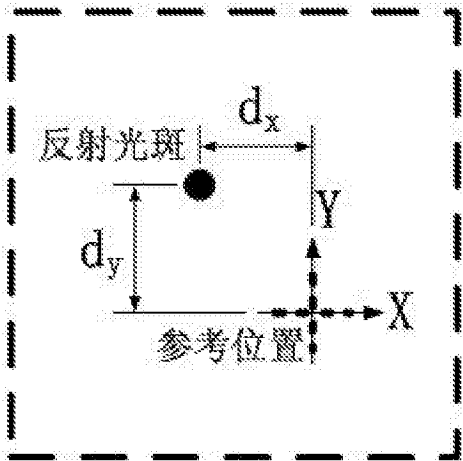


图4

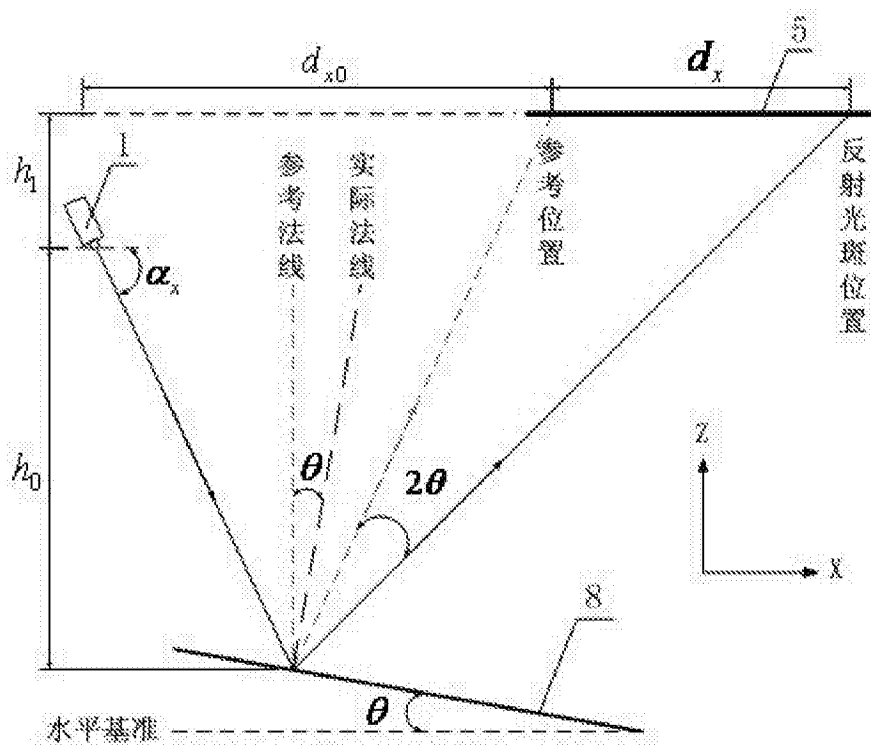


图5