



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111968187 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 20

(21) 申请号 202011130039.7

(22) 申请日 2020.10.21

(71) 申请人 三代光学科技(天津)有限公司

地址 300000 天津市滨海新区滨海高新区
滨海科技园日新道188号1号楼1126号

(72) 发明人 张效栋 董禹初 闫宁 李泽晓
焦凡苇

(74) 专利代理机构 北京沁优知识产权代理有限公司 11684

代理人 周庆路

(51) Int. Cl.

G06T 7/80 (2017.01)

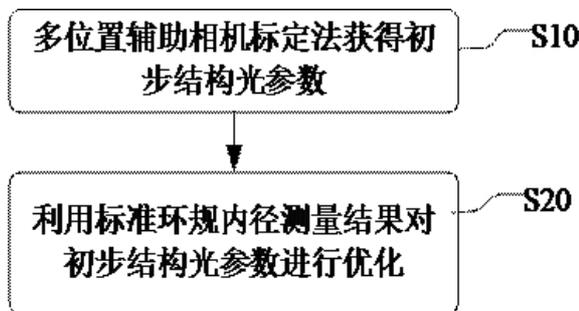
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种环形结构光参数标定方法

(57) 摘要

本发明提供一种环形结构光参数标定方法,包括:S10:辅助相机在多个位置上与系统相机组成双目测量系统,获得初步结构光参数;以及S20:利用标准环规内径测量结果对初步结构光参数进行优化。本发明的多位置辅助相机标定法在辅助相机标定法的基础上进行改进,继承了其标定操作简单的优点,扩展了标定实验中结构光的观测范围,排除了装置结构的干扰,提升了参数标定精度;同时在标定过程中加入结构光参数优化,使用测量装置对标准环规进行测量,利用内径测量结果对多位置辅助相机标定法的参数标定初步结果进行优化。



1. 一种环形结构光参数标定方法,其特征在于:包括:
 - S10: 辅助相机在多个位置上与系统相机组成双目测量系统,获得初步结构光参数;以及
 - S20: 利用标准环规内径测量结果对初步结构光参数进行优化。
2. 根据权利要求1所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:多位置辅助相机标定法获得初步结构光参数包括:
 - S101: 确定多处辅助相机固定位置;
 - S102: 在每个确定的辅助相机固定位置上,利用形成的双目测量系统拍摄多组环形结构光与辅助平板相交形成的光条;
 - S103: 通过拍摄的多组光条,获取初步结构光参数。
3. 根据权利要求2所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S101中确定多处辅助相机固定位置,确保系统相机与辅助相机组成的双目测量系统且在该位置能够对结构光进行全范围观测。
4. 根据权利要求2所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S102包括:
 - S1021: 在其中一处确定的辅助相机固定位置上固定辅助相机,进行双目标定,确定双目测量系统的外参;
 - S1022: 摆放辅助平板,使其与环形结构光相交产生清晰的光条,且通过双目测量系统拍摄该光条;
 - S1023: 多次改变辅助平板的摆放位置以及摆放角度,测量多组辅助平板与环形结构光相交形成的光条;
 - S1024: 重复步骤S1021至S1023,完成在确定的多处辅助相机固定位置上对辅助平板与环形结构光形成的光条的拍摄。
5. 根据权利要求2所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S103包括:
 - S1031: 对获得的多组光条图片进行处理,计算光条的中心空间坐标;
 - S1032: 使用光条的中心空间坐标,通过最小二乘法拟合初步结构光参数。
6. 根据权利要求2所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:确定多处辅助相机固定位置之前还包括:S100: 标定系统相机以及辅助相机的内参。
7. 根据权利要求1所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S20包括:
 - S201: 拍摄多组标准环规在测量装置的测量范围内的环形光条图片;
 - S202: 对每张环形光条图片,提取环形光条中心坐标,得到该张图片下环形光条中心点的像素坐标;
 - S203: 计算得到标准环规测量内径,将其与标准环规的标称内径一起,对结构光参数初步标定结果进行优化,得到最终结构光参数。
8. 根据权利要求7所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S201中,拍摄每组环形光条图片过程中,标准环规的摆放位置以及摆放角度不同。
9. 根据权利要求7或8所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S203中,像素坐标通过激光三角法计算环形光条中心点空间坐标,使用空间坐标拟合圆柱方程,得到各次测量的标准环规内径测量结果。
10. 根据权利要求7所述的环形结构光参数标定方法,其特征在于:步骤S203中,通过非

线性优化方法对结构光参数初步标定结果进行优化。

一种环形结构光参数标定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环形结构光内壁测量技术领域,特别涉及一种环形结构光参数标定方法。

背景技术

[0002] 随着制造业技术的进步,大量筒管型零件被加工应用于能源,化工,航天等领域,为满足特定的功能需要,其内壁往往包含凹槽,凸台,曲面,开孔等结构。这类零件形状和尺寸的加工精度对其最终的使用效果有着直接的影响,所以需要寻找一种可靠,高精度的套筒零件内壁三维形貌测量方法,测量仪器既要能够在狭窄的工作空间中进行测量,又要保证仪器的测量效率和测量精度。

[0003] 其中基于环形结构光的内壁三维测量形貌技术具有仪器结构简单、测量精度高、测量效率高等优点,且测量过程不易受到外界光源的干扰,得到了研究者的广泛研究。该方法主要是通过激光器与锥反射镜组成结构光发生器生成环形结构光,结构光与待检测的内壁表面相交形成环形光条。装置中的相机对环形光条进行拍摄并提取图片中环形光条的中心点,利用激光三角法原理计算环形光条上点的空间坐标。位移机构带动测量装置对内壁全貌进行扫描测量,通过位移机构的运动定位,沿运动方向重构内壁面型。其中,结构光参数的标定精度直接影响着最终测量结果的准确性。

[0004] 对于环形结构光内壁测量装置,常见的标定方法为辅助相机标定法:辅助相机标定法使用一台额外的标定辅助相机与一平板进行标定,辅助相机与装置中的相机构成双目测量系统,平板摆放在任意几个位置,与结构光相交在表面产生光条。双目测量系统对光条进行拍摄,通过双目测量原理计算图片中光条中心点的空间坐标,拟合得到结构光参数。存在问题:由于结构光测量装置本身的结构易对双目测量造成干扰,结构光观测范围有限,影响结构光方程的标定精度。同时,双目测量自身的测量精度有限,影响结构光参数的标定精度。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供一种环形结构光参数标定方法,以解决现有技术中存在的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种环形结构光参数标定方法,包括:

S10:辅助相机在多个位置上与系统相机组成双目测量系统,获得初步结构光参数;以及

S20:利用标准环规内径测量结果对初步结构光参数进行优化。

[0007] 优选地,辅助相机在多个位置上与系统相机组成双目测量系统,获得初步结构光参数包括:

S101:确定多处辅助相机固定位置;

S102:在每个确定的辅助相机固定位置上,利用形成的双目测量系统拍摄多组环形结构光与辅助平板相交形成的光条;

S103:通过拍摄的多组光条,获取初步结构光参数。

[0008] 优选地,步骤S101中确定多处辅助相机固定位置,确保系统相机与辅助相机组成的双目测量系统且在该位置能够对结构光进行全范围观测。

[0009] 优选地,步骤S102包括:

S1021:在其中一处确定的辅助相机固定位置上固定辅助相机,进行双目标定,确定双目测量系统的外参;

S1022:摆放辅助平板,使其与环形结构光相交产生清晰的光条,且通过双目测量系统拍摄该光条;

S1023:多次改变辅助平板的摆放位置以及摆放角度,测量多组辅助平板与环形结构光相交形成的光条;

S1024:重复步骤S1021至S1023,完成在确定的多处辅助相机固定位置上对辅助平板与环形结构光形成的光条的拍摄。

[0010] 优选地,步骤S103包括:

S1031:对获得的多组光条图片进行处理,计算光条的中心空间坐标;

S1032:使用光条的中心空间坐标,通过最小二乘法拟合初步结构光参数。

[0011] 优选地,确定多处辅助相机固定位置之前还包括:S100:标定系统相机以及辅助相机的内参。

[0012] 优选地,步骤S20包括:

S201:拍摄多组标准环规在测量装置的测量范围内的环形光条图片;

S202:对每张环形光条图片,提取环形光条中心坐标,得到该张图片下环形光条中心点的像素坐标;

S203:计算得到标准环规测量内径,将其与标准环规的标称内径一起,对结构光参数初步标定结果进行优化,得到最终结构光参数。

[0013] 优选地,步骤S201中,拍摄每组环形光条图片过程中,标准环规的摆放位置以及摆放角度不同。

[0014] 优选地,步骤S203中,像素坐标通过激光三角法计算环形光条中心点空间坐标,使用空间坐标拟合圆柱方程,得到各次测量的标准环规内径测量结果。

[0015] 优选得,步骤S203中,通过非线性优化方法对结构光参数初步标定结果进行优化。

[0016] 本发明具有的优点和积极效果是:本发明的多位置辅助相机标定法在辅助相机标定法的基础上进行改进,继承了其标定操作简单的优点,扩展了标定实验中结构光的观测范围,排除了装置结构的干扰,提升了参数标定精度;同时在标定过程中加入结构光参数优化,使用测量装置对标准环规进行测量,利用内径测量结果对多位置辅助相机标定法的参数标定初步结果进行优化。参数优化操作中对标准环规摆放位置基本无特殊要求,操作简单快速,可与装置试运行同步进行,节约时间。能够修正多位置辅助相机标定过程中双目测量误差对结构光参数标定精度的影响,进一步提高参数标定精度;本发明使用的辅助相机、标准环规、平板等标定实验设备,易于获得,降低实验成本。

附图说明

[0017] 图1是本发明的环形结构光测量装置的结构示意图；

图2是本发明的环形结构光参数标定方法的流程框图；

图3是本发明的辅助标定系统的结构示意图；

图4是本发明的多位置辅助相机标定法的工作原理示意图；

图5是本发明的多位置辅助相机标定法获得初步结构光参数步骤的流程框图；

图6是本发明的在每个确定的辅助相机固定位置上,利用形成的双目测量系统拍摄多组环形结构光与辅助平板相交形成的光条过程的流程框图；

图7是本发明的利用标准环规测量标准环规的工作原理图；

图8是本发明的利用标准环规内径测量结果对初步结构光参数进行优化过程的流程框图。

具体实施方式

[0018] 为了更好的理解本发明,下面结合具体实施例和附图对本发明进行进一步的描述。

[0019] 如图1所示,环形结构光测量装置10包括一环形结构光发生器102以及一系统相机101;环形结构光发生器102由激光器1021与锥反射镜1022共同组成,其布置在测量装置中系统相机101的正前方。激光器1021发射激光,经锥反射镜1022反射产生环形结构光103照射到被测内壁20之上,环形结构光103与被测内壁20相交形成环形光条;系统相机101拍摄该环形光条,提取环形光条中心点,结合待标定的结构光参数通过激光三角法原理,计算光条中心点空间坐标,完成被测内壁20的测量。其中结构光参数通过测量前的标定获得,参数标定结果的准确性将直接影响最终的测量精度。

[0020] 本发明提供一种环形结构光参数标定方法,精确的获得环形结构光参数,实现管道、筒形零件的内壁面形轮廓的高精度测量,从而提高该类零件的检测精度;如图2所示,该环形结构光参数标定方法包括:S10:多位置辅助相机标定法获得初步结构光参数;以及S20:利用标准环规内径测量结果对初步结构光参数进行优化。

[0021] 本发明的多位置辅助相机标定法在辅助相机标定法的基础上进行改进,继承了其标定操作简单的优点,扩展了标定实验中结构光的观测范围,排除了装置结构的干扰,提升了参数标定精度;同时在标定过程中加入结构光参数优化,使用测量装置对标准环规进行测量,利用内径测量结果对多位置辅助相机标定法的参数标定初步结果进行优化。参数优化操作中对标准环规摆放位置基本无特殊要求,操作简单快速,可与装置试运行同步进行,节约时间。能够修正多位置辅助相机标定过程中双目测量误差对结构光参数标定精度的影响,进一步提高参数标定精度;本发明使用的辅助相机、标准环规、平板等标定实验设备,易于获得,降低实验成本。

[0022] 进一步地,如图3所示,在本发明通过多位置辅助相机标定法获得初步结构光参数的过程中,需要用到辅助标定系统30,该辅助标定系统包括一台或者多台额外的标定辅助相机301与一辅助平板302定,辅助相机301与环形结构光测量装置10中的系统相机101构成双目测量系统,辅助平板302摆放在任意几个位置,与结构光相交在表面产生光条;双目测量系统对光条进行拍摄,通过双目测量原理计算图片中光条中心点的空间坐标,拟合得到

结构光参数。

[0023] 标定过程移动辅助相机301至两处以上的位置,使系统相机101与辅助相机301组成的双目测量系统在多个视野处对环形结构光进行全范围观测,在多位置辅助相机标定法排除仪器结构对标定观测的干扰。

[0024] 具体地,多位置辅助相机标定法基本原理如图3和图4所示,环形结构光发生器102生成环形结构光103,环形结构光103与一个辅助平板302相交,在辅助平板302上产生被结构光打亮的光条50。系统相机101与辅助相机301构成的双目测量系统对光条50进行拍摄,系统相机像面1011、辅助相机像面3011上采集到的图片中,分别含有系统相机像面1011的第一光条501、辅助相机像面3011的第二光条502。对两相机采集到的光条图片进行极线校正,对极线校正后得到的两图片进行处理,得到两图片中同一行或同一列上的两个光条中心像素坐标。而后,通过双目测量原理代入两个光条中心像素坐标进行计算得到光条中心点的空间坐标 P_{ic} 。

[0025] 环形结构光的空间方程通过下式进行表示,式中 x_{ic} 、 y_{ic} 、 z_{ic} 为空间坐标 P_{ic} 的坐标值, a 、 b 、 c 、 d 为环形结构光参数。

$$[0026] \quad ax_{ic} + by_{ic} + cz_{ic} + d = 0$$

将空间坐标根据极线校正的变换关系整理到系统相机坐标系下,使用空间坐标通过最小二乘法拟合求解初步环形结构光参数 a 、 b 、 c 、 d 。

[0027] 进一步地,如图5所示,多位置辅助相机标定法获得初步结构光参数包括:

S100:标定系统相机101和辅助相机301的内参;具体的,可以使用张氏标定法对系统相机101和辅助相机301进行标定。

[0028] S101:确定多处辅助相机301的固定位置,确保系统相机101与辅助相机301组成的双目测量系统在多处位置能够对结构光进行全范围观测;具体地,通过观察确定 N 处辅助相机固定位置,其中 N 表示大于等于2的整数,确保系统相机101与辅助相机301组成的双目测量系统在 N 处位置的视野能够对结构光进行全范围观测;

S102:在每个确定的辅助相机301固定位置上,利用辅助相机301与系统相机101形成的双目测量系统拍摄多组环形结构光与辅助平板302相交形成的光条50;如图6所示,该过程具体包括:

S1021:在其中一处确定的辅助相机固定位置上固定辅助相机,进行双目标定,确定双目测量系统的外参;

S1022:摆放辅助平板,使其与环形结构光相交产生清晰的光条,且通过双目测量系统拍摄该光条;在该步骤中,辅助平板302放置在双目测量系统观察不受遮挡的位置上,该位置同时保证环形结构光与平板相交在平板上产生清晰的光条,除此以外对平板摆放位置与角度无额外要求;然后固定辅助平板302保持不动,双目测量系统拍摄平板上的光条;

S1023:多次改变辅助平板302的摆放位置以及摆放角度,测量多组辅助平板302与环形结构光相交形成的光条50;在一个具体的实施例中,改变辅助平板302摆放位置和角度,重复该步骤10-15次;

S1024:重复步骤S1021至S1023,完成在确定的多处辅助相机固定位置上对辅助平板与环形结构光形成的光条的拍摄。

[0029] S103:通过拍摄的多组光条,获取初步结构光参数。

[0030] 具体,步骤S103包括:

S1031:对获得的多组光条图片进行处理,计算光条的中心空间坐标;

S1032:使用光条的中心空间坐标,通过最小二乘法拟合初步结构光参数。

[0031] 本发明中多位置辅助相机标定法通过在多个位置对环形结构光测量装置10进行标定,使系统相机与辅助相机组成的双目测量系统在多个视野处对环形结构光进行全范围观测,排除仪器结构对标定观测的干扰;在辅助相机标定法的基础上进行改进,继承了其标定操作简单的优点,扩展了标定实验中结构光的观测范围,排除了装置结构的干扰,提升了参数标定精度。

[0032] 进一步地,如图7所示,在步骤S20中,需要用到标准环规60;其具体过程为:

S201:拍摄多组标准环规在测量装置的测量范围内的环形光条图片;

S202:对每张环形光条图片,提取环形光条中心坐标,得到该张图片下环形光条中心点的像素坐标;

S203:计算得到标准环规测量内径,将其与标准环规的标称内径一起,对结构光参数初步标定结果进行优化,得到最终结构光参数。

[0033] 其中,步骤S201中,拍摄每组环形光条图片过程中,标准环规的摆放位置以及摆放角度不同;测量中,环形结构光103与标准环规60内壁相交,产生标准环规内部环形光条601,系统相机101拍摄环形光条图片。每次测量需要对标准环规摆放位置与角度进行调整,使每次测量中标准环规的位置与角度均有所不同,但对两者均无其他特殊要求,无需满足与测量装置同轴等条件。

[0034] 具体的,在本发明的一个具体的实施例中,一共进行K次测量,得到K张环形光条图片;进一步地,对每张环形光条图片,提取环形光条中心坐标,得到该张图片下环形光条中心像素坐标集 P_i ,其中 $i = 1, 2, \dots, K$ 。

[0035] 将环形光条中心像素坐标集 P_i 与结构光参数 a, b, c, d 代入激光三角法计算关系式 $P_i = f(p_i, a, b, c, d)$ 中,计算得到该组测量的环形光条中心的空间点坐标集 P_i 。使用该张图片解得的空间坐标集计算该次测量得到的标准环规内径 R_i ,这里将求解内径的计算过程记作

$$R_i = G[f(p_i, a, b, c, d)]$$

其中, $G[]$ 代表根据环形光条中心的空间点坐标集 P_i 计算标准环规内径测量结果的运算过程,该过程使用最小二乘法圆柱拟合方法进行计算,得到标准环规的内径测量结果。以标准环规的标称内径 R 作为参考量和内径测量结果 R_i ,使用LM(Levenberg-Marquardt)优化算法对结构光参数进行优化 a, b, c, d 。优化计算中使用的优化误差量如下式所示。

$$[0036] \quad E = \sum_{i=1}^K (G[f(p_i, a, b, c, d)] - R)^2$$

按照上述步骤,通过简单的标定操作对结构光参数进行优化得到更加精确的参数,消除多位置辅助相机标定过程中双目测量误差对结构光参数标定精度的影响,提高系统最终的测量精度。

[0037] 本发明中,多位置辅助相机标定法本在辅助相机标定法的基础上进行改进,继承了其标定操作简单的优点,扩展了标定实验中结构光的观测范围,排除了装置结构的干扰,

提升了参数标定精度;同时在标定过程中加入结构光参数优化,使用测量装置对标准环规进行测量,利用内径测量结果对多位置辅助相机标定法的参数标定初步结果进行优化。参数优化操作中对标准环规摆放位置基本无特殊要求,操作简单快速,可与装置试运行同步进行,节约时间。能够修正多位置辅助相机标定过程中双目测量误差对结构光参数标定精度的影响,进一步提高参数标定精度;本发明使用的辅助相机、标准环规、平板等标定实验设备,易于获得,降低实验成本。

[0038] 以上对本发明的实施例进行了详细说明,但所述内容仅为本发明的较佳实施例,不能被认为用于限定本发明的实施范围。凡依本发明范围所作的均等变化与改进等,均应仍归属于本专利涵盖范围之内。

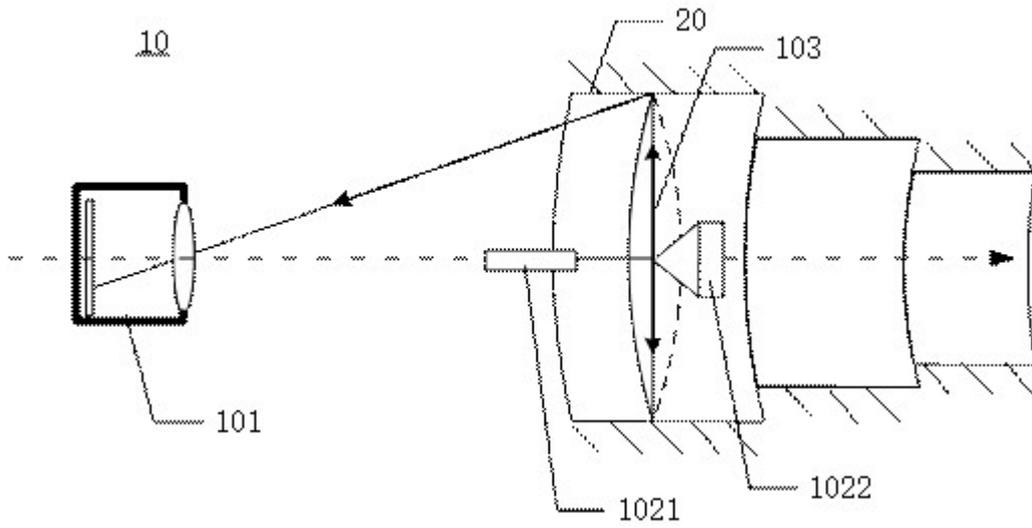


图1

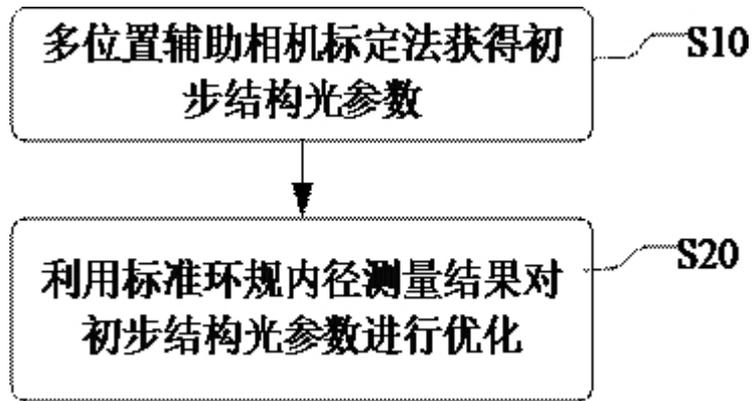


图2

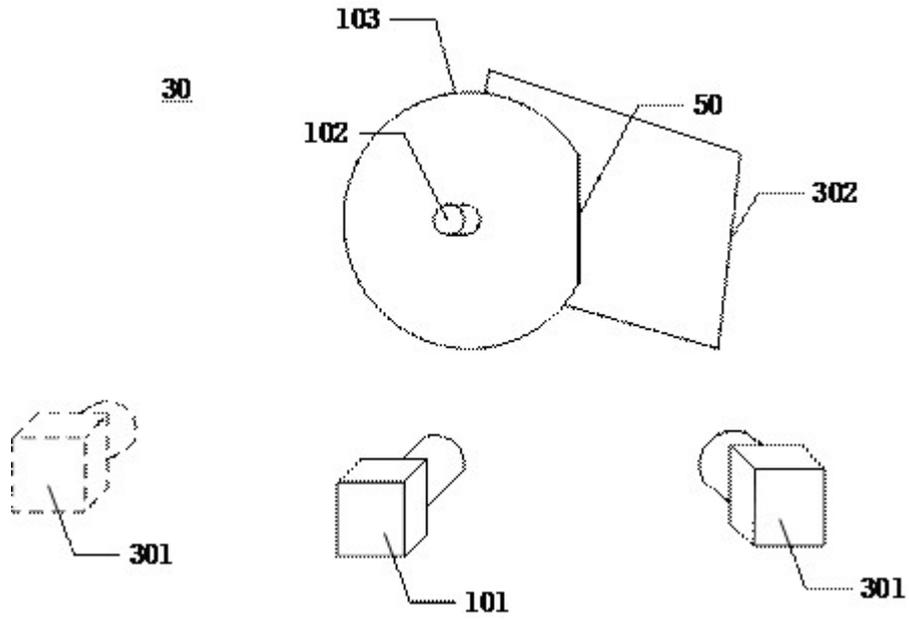


图3

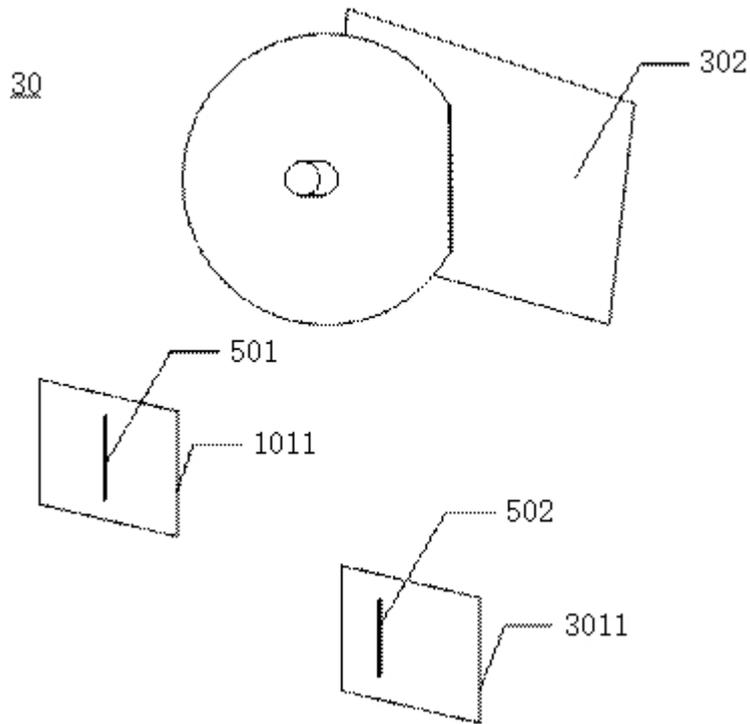


图4

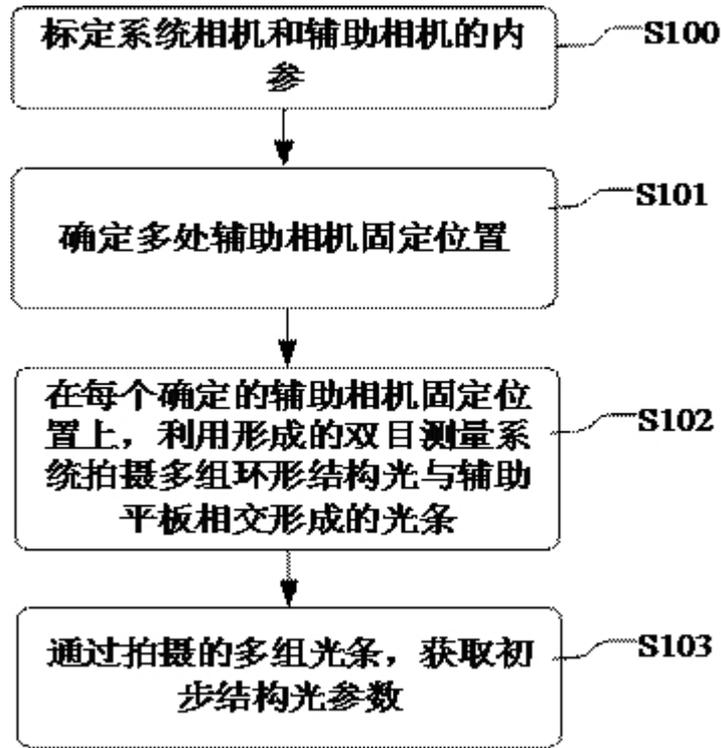


图5

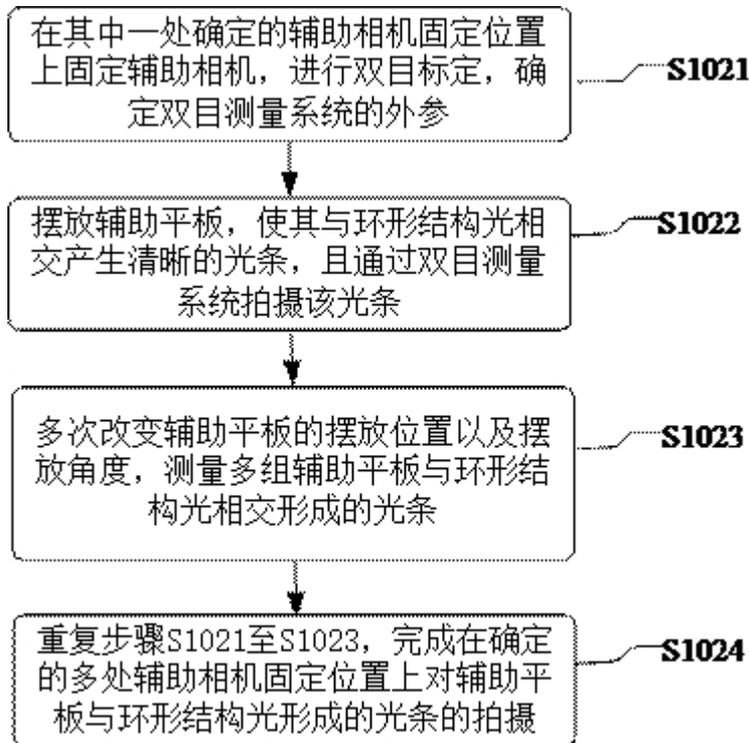


图6

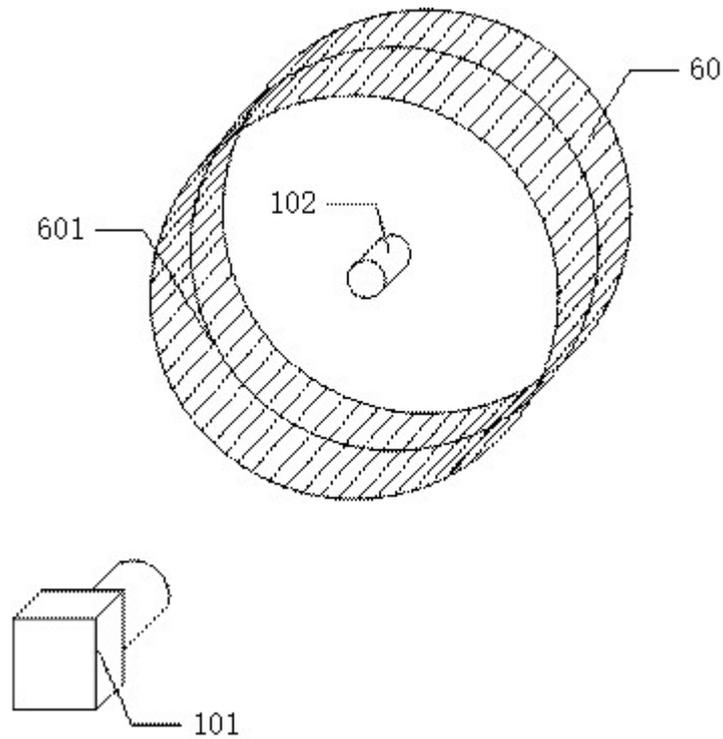


图7

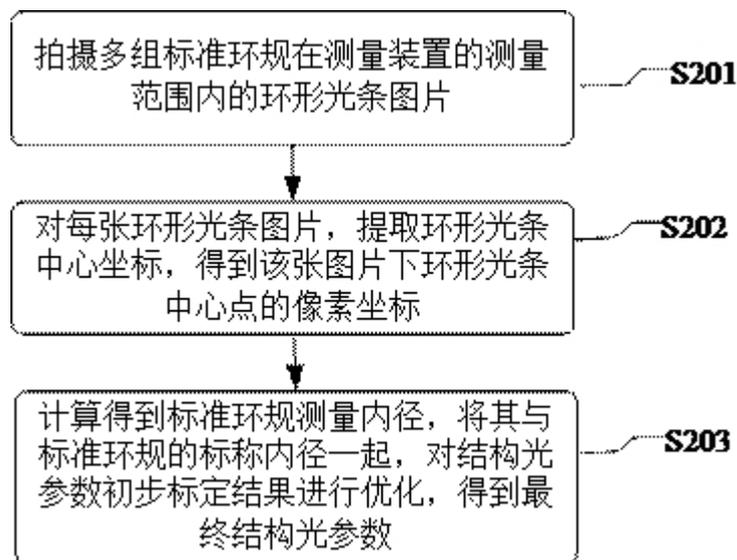


图8