

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810024553.5

[51] Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01)  
G01B 11/255 (2006.01)  
G01M 11/02 (2006.01)  
G02B 3/00 (2006.01)  
G02B 1/10 (2006.01)

[43] 公开日 2009年9月30日

[11] 公开号 CN 101545760A

[22] 申请日 2008.3.26

[21] 申请号 200810024553.5

[71] 申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

[72] 发明人 高志山 朱日宏 陈磊 王青  
何勇

[74] 专利代理机构 南京理工大学专利中心  
代理人 张骏鸣

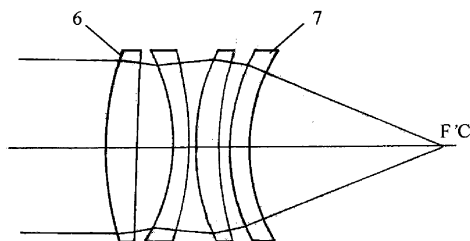
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## [54] 发明名称

光学透射球面检测装置

## [57] 摘要

本发明公开了一种用于透镜凸凹球面面形质量检验的光学透射球面检测装置，其特征是采用球面非接触干涉的方法，通过一组正透镜构成的标准透射球面器具得到曲率半径在一定范围内连续变化的标准球面波，实现对不同曲率半径凸凹球面的检测，被测件的相对孔径检测覆盖范围可达  $F/0.75 \sim 11$ ，具有一具多用、不损伤被检球面表面光洁度以及测试精度高等特点，克服了现有球面样板接触测量的缺点；如果与测量长度的光栅尺、测长干涉仪等配套使用，还可以精确测量球面的曲率半径。可广泛用于光学加工行业中对各种透镜凸凹球面面形质量的检验。



1、一种光学透射球面检测装置，它是由数字波面干涉仪 [1]、透射球面器具 [2]、干涉图监视器 [4] 和计算机 [5] 组成，透射球面器具 [2] 位于数字波面干涉仪 [1] 的出射光路上，数字波面干涉仪 [1] 同时接收透射球面器具 [2] 获取的图像，经数字波面干涉仪 [1] 处理后的图像输出信号分别接干涉图监视器 [4] 和计算机 [5]，本发明的特征在于透射球面器具 [2] 是由 2~4 片光学正透镜组合构成，组合后的球面标准器具 [2] 的焦点与透射球面标准器具 [2] 中末尾正透镜 [7] 球面的球心重合；经球面标准器具 [2] 后的球面波，正入射被检凸凹球面 [3]。

2、根据权利要求 1 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的光学正透镜由球面组成。

3、根据权利要求 1 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的光学正透镜由非球面与球面组成。

4、根据权利要求 1 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的光学正透镜由衍射光学面与球面组成。

5、根据权利要求 1 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的光学正透镜由非球面、衍射光学面和球面组成。

6、根据权利要求 1~5 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的首个光学正透镜 [6] 为双凸透镜或平凸透镜。

7、根据权利要求 1~5 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的末尾正透镜 [7] 采用膨胀系数小的光学材料制作，球面镀制增透膜或未镀制增透膜。

8、根据权利要求 6 所述光学透射球面检测装置，其特征是构成上述透射球面器具 [2] 的末尾正透镜 [7] 采用膨胀系数小的光学材料制作，球面镀制增透膜或未镀制增透膜。

## 光学透射球面检测装置

### 技术领域

本发明涉及一种斐索型光干涉测量装置，特别是一种用于透镜凸凹球面面形质量检验的光学透射球面检测装置。

### 背景技术

现有光学加工行业对透镜凸凹球面面形质量的检验通常是采用样板法，即通过不同的光学样板与对应的被测凸凹球面接触，再用肉眼观察由于面形偏差出现的不同光圈，来对球面面形质量进行判断。检测时，一个曲率半径需要凸凹一对样板，当样板面与被检球面接触后，被检球面与样板面之间如出现空气间隙就会形成等厚条纹，它反映的是被检球面相对于样板的光圈和局部光圈，然后依据国标 GB2831-81 要求辨认光圈，检测得出透镜凸凹球面面形质量。这种传统的样板检测方法存在的问题是：1、由于每一个曲率半径值都需要至少一块样板，而且需要曲率半径相同的凸凹对样板，因此样板的面形与曲率半径按等级都有着不同的质量要求，所以球面加工厂家都要有大量的样板库，造成了很高的固定资产类型成本，并且每对样板的加工也具有一定的难度；2、样板法测量是将样板与被检球面接触，属接触式测量方法，容易造成被检球面表面的损伤，出现划痕等表面疵病，影响被检球面的表面光洁度；3、样板法检验球面面形的数据是仅以光圈数来描述，不但方法落后，而且精度较低，样板自身的误差无法定量扣除。

### 发明内容

本发明目的是提供一种适用于各种透镜凸凹球面面形质量的检验、一具多用、精度高且成本低的斐索型光学透射球面检测装置。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的，光学透射球面检测装置，它是由数字波面干涉仪、透射球面器具、干涉图监视器和计算机组成，透射球面器具位于数字波面干涉仪的出射光路上，数字波面干涉仪同时接收透射球面器具获取的图像，经数字波面干涉仪处理后的图像输出信号分别接干涉图监视器和计算机，本发明的特征在于透射球面器具是由 2~4 片光学正透镜组合构成，组合后的球面标准器具的焦点与透射

球面标准器具中末尾正透镜球面的球心重合；经透射球面标准器具后的球面波，正入射被检凸凹球面。

本发明采用球面非接触干涉的方法，产生超过衍射极限的球面波，当该球面波在各向同性均匀介质中传输时，波面仍为球面，而曲率半径都不一样，相当于不同曲率的球面样板，只要透射球面标准器具的 F 数(相对孔径的倒数)一定，它就能测试曲率半径变化范围很大的凸凹球面，克服了现有球面样板与半径一一对应的缺点。其具体工作原理为：由数字波面干涉仪出射平面波，透过透射球面标准器具后，出射超过衍射极限的标准球面波，其曲率中心均在透过透射球面标准器具中末尾正透镜球面曲率中心处，也与被检球面的曲率中心重合，末尾正透镜球面面形作为参考球面。经透射球面标准器具出射的球面波，非接触正入射被检球面，返回带有被检球面面形偏差信息的变形球面波，与末尾正透镜球面反射回的参考球面波干涉，形成干涉条纹图像。通过集成在数字波面干涉仪内部的图像探测器对图像进行数字化，送图像监视器显示和计算机处理，最后得到被检球面面形的三维波差图和二维等值图。其中，末尾球面以前光路传输特征相同，透镜系统材料缺陷和光线传输误差等误差源属于干涉系统的公共部分，干涉时自动抵消。

本发明与现有技术相比其显著的优点是：(1) 本发明采用球面非接触干涉的方法，通过标准透射球面器具得到曲率半径在一定范围内连续变化的标准球面波，实现对不同曲率半径凸凹球面的检测，被测件的相对孔径检测覆盖范围可达  $F/0.75\sim 11$ ，一具多用，克服了现有球面样板法检测的缺点；(2) 由于透射球面标准器具测量球面面形的误差属非接触测量，不会损伤被检球面表面的光洁度，克服了现有球面样板接触测量的缺点；(3) 为了保证本发明作为标准器具的稳定性，其末尾正透镜的球面可用膨胀系数小的光学材料制作，如光学融石英材料，同时如数字波面干涉仪选用移相式斐索型数字波面干涉仪，可使测量过程自动化，便于实施球面绝对检验，且球面面形的测试精度很高，如果与测量长度的光栅尺、测长干涉仪等配套使用，还可以精确测量球面的曲率半径。可广泛用于光学加工行业中对各种透镜凸凹球面面形质量的检验。

本发明的具体结构由以下的附图和实施例给出。

## 附图说明

图 1 是根据本发明所述光学透射球面检测装置的总体结构示意图。

图 2 是本发明光学透射球面检测装置中透射球面标准器具[2]的组成原理示意图。

图 3 是本发明应用非球面或衍射光学元件的透射球面器具[2]组成光学原理示意图。

图 4 是本发明透射球面器具[2]用于测试凸面的光路布置示意图。

图 5 是本发明透射球面器具[2]结合零位补偿器干涉测量非球面面形光路布置示意图。

图 6 是本发明透射球面器具[2]用于测量长曲率半径的凹球面光路示意图。

## 具体实施方式

下面结合附图，对本发明作进一步详细描述。

参见图 1，根据本发明制作的透射球面检测装置，它是由数字波面干涉仪 1、透射球面器具 2、干涉图监视器 4 和计算机 5 组成，数字波面干涉仪 1 是基于单幅干涉图处理的数字波面干涉仪或是基于相移技术的移相式数字波面干涉仪，干涉图监视器 4 用于显示反映被检球面面形的干涉图，计算机 5 内嵌入数字图像采集系统和干涉图处理软件，透射球面器具 2 位于数字波面干涉仪 1 的出射光路上，它由 2~4 片光学正透镜组合构成，其中从左向右边首个光学正透镜 6 采用双凸透镜或平凸透镜，最后一片正透镜 7 采用温度稳定性好的透射光学材料如光学融石英制作，球面镀制增透膜或未镀制增透膜，整个透镜组的焦点与末尾球面球心重合。透镜组焦点为实焦点，光路方案为平面波入射、会聚球面波出射。按其 F 数区分，一套透射球面标准器具可以覆盖  $F/0.75$ 、 $F/1.5$ 、 $F/3.3$ 、 $F/7$ 、 $F/11$ 。选用时可依据  $F$  数  $<$  曲率半径  $R$  / 测量口径  $\phi$  的原则。透射球面标准器具可以由球面构成，也可以由非球面与球面组成，或衍射光学面与球面组成，或非球面、衍射光学面和球面组成。它是根据允许的制造成本和器具的体积、重量来确定。如完全用球面构成不同  $F$  数的透射球面标准器具，当  $F$  数在 1.5 以下，采用 4 片球面透镜组成，见图 2 所示； $F$  数在 2.0~5.0 用三片球面透镜组成； $F$  数 7.0~11.0 用两片球面透镜组成。如用便于消除球差和高级球差的非球面或衍射光

学面和球面组成，可缩短了透镜组的重量和体积。见图 3 所示。被测球面 3 位于透射球面器具 2 的焦点  $F'$  后的出射球面波上，被测球面 3 的曲率中心应与透镜组的焦点和末尾球面球心重合，经球面标准器具 2 后的球面波，应正入射被检凸凹球面 3。上述组合主要适用于测量凹球面面形，它可根据被测球面口径与其曲率半径比值的大小，通过选择合适  $F$  数的透射球面器具，实现对其的检测。

本发明在测量凸球面面形时，被检凸球面是置于透射球面标准器具 2 焦点  $F'$  之前，见图 4 所示，其曲率中心与透射球面标准器具 2 焦点  $F'$  重合。测量凸球面选用透射球面标准器具时，由于需要避免被测凸面接触到透射球面标准器具的末尾球面，除应满足  $F$  数  $<$  曲率半径  $R$  / 测量口径  $\phi$  的原则外，还应满足曲率半径  $R <$  透射球面标准器具的顶焦距  $S_{r'}$ 。

本发明在测量非球面面形时，可通过在透射球面标准器具 2 和被测球面 3 之间加零位补偿器 8 来实现，见图 5 所示，零位补偿器 8 可以由球面透镜组成，也可以用二元光学器件组成。测量时，经射球面标准器具 2 出射标准球面波，进入零位补偿器 8，转化成非球面波，正入射被检非球面 3，反射回波面再次透过零位补偿器 8，变成携带非球面面形信息的准球面波，与参考波面干涉，得到含有非球面面形质量信息的干涉图样。

本发明在测量长曲率半径球面面形时，透射球面标准器具 2 为产生虚焦点的透射球面标准器具，见图 6 所示，由数字波面干涉仪 1 出射的平行光，转化成发散形标准球面波，正入射被检长曲率半径凹球面 3，反射回光波与参考反射光波干涉，缩短了干涉腔长，避免空气扰动对干涉测量的影响。

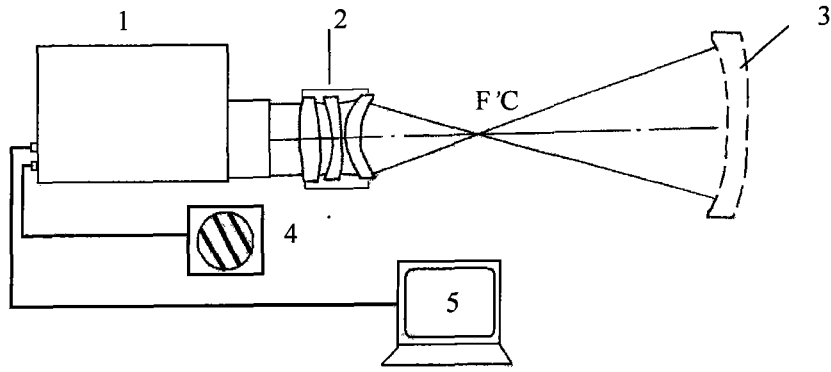


图 1

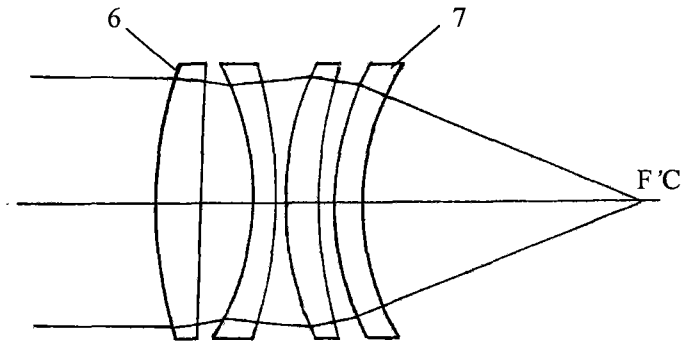


图 2

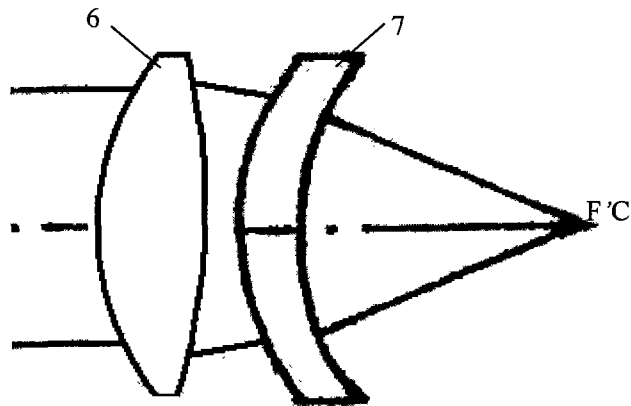


图 3

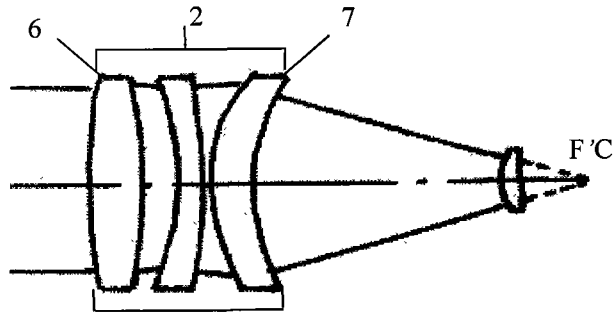


图 4

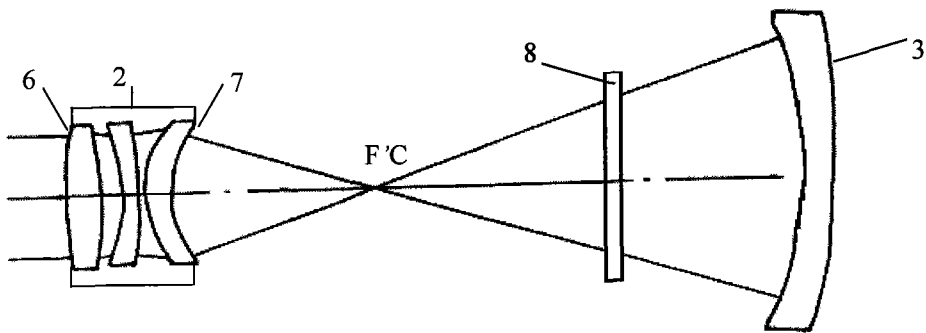


图 5

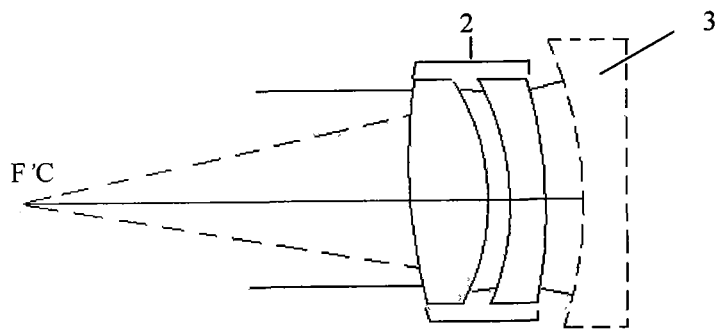


图 6