



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113514426 B

(45) 授权公告日 2021.12.14

(21) 申请号 202111072337.X

审查员 王琴

(22) 申请日 2021.09.14

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113514426 A

(43) 申请公布日 2021.10.19

(73) 专利权人 苏州高视半导体技术有限公司

地址 215000 江苏省苏州市高新区嘉陵江路198号11幢9层903室、904室

(72) 发明人 不公告发明人

(74) 专利代理机构 北京远大卓悦知识产权代理

有限公司 11369

代理人 贺杰

(51) Int. Cl.

G01N 21/41 (2006.01)

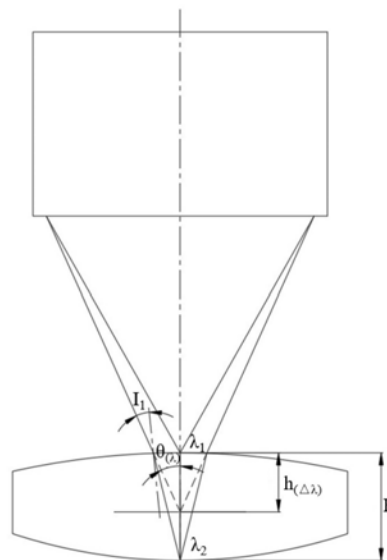
权利要求书4页 说明书20页 附图7页

(54) 发明名称

一种球面元件介质折射率的测量装置及测量方法

(57) 摘要

本申请的实施例公开了一种球面元件介质折射率的测量装置及测量方法,测量装置包括光谱共焦传感器、光谱仪及调距机构,所述光谱共焦传感器包括白光点光源、半透半反射镜及色散物镜;所述半透半反射镜和色散物镜在白光点光源和被测球面元件介质之间沿光轴依次设置;所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器与被测球面元件介质两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜与被测球面元件介质的距离沿着光轴变化4次;所述光谱仪与所述半透半反射镜的反射面相对,用于检测在被测球面元件介质上聚焦并反射回的上下两个表面的波长;根据检测得到的5个不同波长计算出被测球面元件介质的折射率曲线。根据本发明,其具有检测效率高、误差小的优点。



1. 一种球面元件介质折射率的测量装置,包括光谱共焦传感器(11)及光谱仪(14),其特征在于,还包括调距机构,其中,所述光谱共焦传感器(11)包括白光点光源(S)、半透半反射镜(X)及色散物镜(L);所述半透半反射镜(X)和色散物镜(L)在白光点光源(S)和被测球面元件介质(13)之间沿光轴依次设置,所述半透半反射镜(X)靠近白光点光源(S),所述色散物镜(L)靠近被测球面元件介质(13)侧;所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器(11)与被测球面元件介质(13)两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)的距离沿着光轴变化4次;所述光谱仪(14)与所述半透半反射镜(X)的反射面相对,用于检测在被测球面元件介质(13)上聚焦并反射回的单色光的波长;若被测球面元件介质(13)的上下两面均为球面,则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})}$$

中计算出被测球面元件介质(13)在5个波长下的折射率;若被测球面元件介质(13)与色散物镜(L)相对侧表面是平面,则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})}$$

中计算出被测球面元件介质(13)在5个波长下的折射率;定义:

球面元件介质的中心厚度为H;

被所述色散物镜(L)分解后的多条单色光由至少一个单色光子集构成,每个单色光子集包括一条上单色光与一条下单色光;每个单色光子集中的上单色光聚焦于被测球面元件介质(13)的上表面,每个单色光子集中的下单色光聚焦于被测球面元件介质(13)的下表面;

每个单色光子集中的下单色光的波长为 λ ;

每个单色光子集中的下单色光的入射角度为 $\theta_{(\lambda)}$;

每个单色光子集中的上单色光与下单色光的焦点距离为 $h_{(\Delta\lambda)}$;

其中, $\theta_{(\lambda)}$ 和 $h_{(\Delta\lambda)}$ 是光谱共焦传感器(11)中色散物镜(L)的已知参数; r_1 是被测球面元件介质(13)与色散物镜(L)相对侧表面的曲率半径;

色散物镜(L)的边缘光线出射角度与波长的关系为:

$$\theta_{(\lambda)} = A_{\theta} + \frac{B_{\theta}}{\lambda^2} + \frac{C_{\theta}}{\lambda^5} + D_{\theta} \cdot \lambda,$$

色散物镜(L)的后截距与波长的关系为:

$$l_{(\lambda)} = A_l + \frac{B_l}{\lambda^2} + \frac{C_l}{\lambda^5} + D_l \cdot \lambda,$$

每个单色光子集中上单色光与下单色光的距离为：

$$h_{(\Delta\lambda)} = l_{(\lambda_{2i})} - l_{(\lambda_{2i-1})} = \left(A_l + \frac{B_l}{\lambda_{2i}^2} + \frac{C_l}{\lambda_{2i}^5} + D_l \cdot \lambda_{2i} \right) - \left(A_l + \frac{B_l}{\lambda_{2i-1}^2} + \frac{C_l}{\lambda_{2i-1}^5} + D_l \cdot \lambda_{2i-1} \right);$$

定义：

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离未变化时,上单色光的波长为 λ_1 ,下单色光的波长为 λ_2 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第一次变化时,上单色光的波长为 λ_3 ,下单色光的波长为 λ_4 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第二次变化时,上单色光的波长为 λ_5 ,下单色光的波长为 λ_6 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_7 ,下单色光的波长为 λ_8 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_9 ,下单色光的波长为 λ_{10} ;则可获得各下单色光的入射角度 $\theta_{(\lambda)}$,并有：

$$\begin{cases} h_{(\Delta\lambda_2)} = h_{(\lambda_2-\lambda_1)} \\ h_{(\Delta\lambda_4)} = h_{(\lambda_4-\lambda_3)} \\ h_{(\Delta\lambda_6)} = h_{(\lambda_6-\lambda_5)} \\ h_{(\Delta\lambda_8)} = h_{(\lambda_8-\lambda_7)} \\ h_{(\Delta\lambda_{10})} = h_{(\lambda_{10}-\lambda_9)} \end{cases},$$

根据折射率 $n_{(\lambda)}$ 的公式并且结合公式 $n_{(\lambda)} = A + \frac{B}{\lambda^{X_1}} + \frac{C}{\lambda^{X_2}} + \frac{D}{\lambda^{X_3}} + E\lambda^{X_4}$ 计算出被测球面元件介质(13)的折射率曲线；

其中, X_1, X_2, X_3, X_4 为波长项系数,并有 $3.5 \leq X_1 \leq 4$, $4.5 \leq X_2 \leq 5$, $5.5 \leq X_3 \leq 6$, $0.1 \leq X_4 \leq 0.5$;A、B、C、D、E为待求解常数；

被测球面元件介质(13)的折射率曲线的波长范围为400~1100nm。

2. 一种球面元件介质折射率的测量方法,其特征在于,包括以下步骤：

提供一测量装置,所述测量装置包括光谱共焦传感器(11)、光谱仪(14)及调距机构,其中,所述光谱共焦传感器(11)包括白光点光源(S)、半透半反射镜(X)及色散物镜(L);所述半透半反射镜(X)和色散物镜(L)在白光点光源(S)和被测球面元件介质(13)之间沿光轴依次设置,所述半透半反射镜(X)靠近白光点光源(S),所述色散物镜(L)靠近被测球面元件介质(13)侧；

所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器(11)与被测球面元件介质(13)两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)的距离沿着光轴变化4次；

将所述光谱仪(14)与所述半透半反射镜(X)的反射面相对设置,所述光谱仪(14)用于检测在被测球面元件介质(13)上聚焦并反射回的单色光的波长；

若被测球面元件介质(13)的上下两面均为球面,则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})}$$

中计算出被测球面元件介质(13)在5个波长下的折射率;

若被测球面元件介质(13)与色散物镜(L)相对侧表面是平面,则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})}$$

中计算出被测球面元件介质(13)在5个波长下的折射率;定义:

球面元件介质的中心厚度为H;

被所述色散物镜(L)分解后的多条单色光由至少一个单色光子集构成,每个单色光子集包括一条上单色光与一条下单色光;每个单色光子集中的上单色光聚焦于被测球面元件介质(13)的上表面,每个单色光子集中的下单色光聚焦于被测球面元件介质(13)的下表面;

每个单色光子集中的下单色光的波长为 λ ;

每个单色光子集中的下单色光的入射角度为 $\theta_{(\lambda)}$;

每个单色光子集中的上单色光与下单色光的焦点距离为 $h_{(\Delta\lambda)}$;

其中, $\theta_{(\lambda)}$ 和 $h_{(\Delta\lambda)}$ 是光谱共焦传感器(11)中色散物镜(L)的已知参数; r_1 是被测球面元件介质(13)与色散物镜(L)相对侧表面的曲率半径;

色散物镜(L)的边缘光线出射角度与波长的关系为:

$$\theta_{(\lambda)} = A_{\theta} + \frac{B_{\theta}}{\lambda^2} + \frac{C_{\theta}}{\lambda^5} + D_{\theta} \cdot \lambda,$$

色散物镜(L)的后截距与波长的关系为:

$$l_{(\lambda)} = A_l + \frac{B_l}{\lambda^2} + \frac{C_l}{\lambda^5} + D_l \cdot \lambda,$$

每个单色光子集中上单色光与下单色光的距离为:

$$h_{(\Delta\lambda)} = l_{(\lambda_{2i})} - l_{(\lambda_{2i-1})} = (A_l + \frac{B_l}{\lambda_{2i}^2} + \frac{C_l}{\lambda_{2i}^5} + D_l \cdot \lambda_{2i}) - (A_l + \frac{B_l}{\lambda_{2i-1}^2} + \frac{C_l}{\lambda_{2i-1}^5} + D_l \cdot \lambda_{2i-1});$$

定义:

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离未变化时,上单色光的波长为 λ_1 ,下单色光的波长为 λ_2 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第一次变化时,上单色光的波长为 λ_3 ,下单色光的波长为 λ_4 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第二次变化时,上单色光的波长为 λ_5 ,下单色光的波长为 λ_6 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_7 ,下单色光的波长为 λ_8 ;

所述色散物镜(L)与被测球面元件介质(13)间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_9 ,下单色光的波长为 λ_{10} ;则可获得各下单色光的入射角度 $\theta_{(\lambda)}$,并有:

$$\begin{cases} h_{(\Delta\lambda_2)} = h_{(\lambda_2-\lambda_1)} \\ h_{(\Delta\lambda_4)} = h_{(\lambda_4-\lambda_3)} \\ h_{(\Delta\lambda_6)} = h_{(\lambda_6-\lambda_5)} \\ h_{(\Delta\lambda_8)} = h_{(\lambda_8-\lambda_7)} \\ h_{(\Delta\lambda_{10})} = h_{(\lambda_{10}-\lambda_9)} \end{cases},$$

根据折射率 $n_{(\lambda)}$ 的公式并且结合公式 $n_{(\lambda)} = A + \frac{B}{\lambda^{X_1}} + \frac{C}{\lambda^{X_2}} + \frac{D}{\lambda^{X_3}} + E\lambda^{X_4}$ 计算出被测球面元件介质(13)的折射率曲线;

其中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 为波长项系数,并有 $3.5 \leq X_1 \leq 4$, $4.5 \leq X_2 \leq 5$, $5.5 \leq X_3 \leq 6$, $0.1 \leq X_4 \leq 0.5$;A、B、C、D、E为待求解常数;

被测球面元件介质(13)的折射率曲线的波长范围为400~1100nm。

一种球面元件介质折射率的测量装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及透明材料折射率测量领域,特别涉及一种球面元件介质折射率的测量装置及测量方法。

背景技术

[0002] 折射率是光学材料基本参数之一,介质的折射率随入射光波长的增大而减小,不同波长折射率的差值称为色散。介质的折射率和色散的研究对于了解介质材料的性质有重要意义,同时也是光学系统设计中必不可少的参数,它的大小直接影响着系统的成像质量。准确获得光学材料在可见光和近红外波段的折射率值对光学材料的生产、使用以及光学设计都非常重要。

[0003] 高精密的折射率测量仪都采用精密测角法,利用大型测角仪实现折射角的测量,从而计算出折射率值。通常折射率测量方法有最小偏向角法、自准直法等。但这些方法需要操作复杂,并且有些方法需要将材料加工成特定形状和尺寸。而在实际光学系统和光学镜头中需要使用大量的球面元件,这些加工好的球面元件在组成镜头或光学系统前有时需要精度测量折射率进行复检,或者购买库存球面元件需要对折射率进行测量或标定。因此常规的检测方法无法有效对其进行检测。同时目前一些常用的检测折射率方法需要用到10个以上的波长数据,需要耗费大量的测量时间,而且现有的方法对球面元件介质的折射率曲线测量是一个难题。

[0004] 有鉴于此,实有必要开发一种球面元件介质折射率的测量装置及测量方法,用以解决上述问题。

发明内容

[0005] 本申请的实施例提供一种球面元件介质折射率的测量装置及测量方法,其能够测量出一定厚度的球面元件介质在不同波长下的折射率,具有检测效率高、误差小的优点。

[0006] 为了解决上述技术问题,本申请的实施例公开了如下技术方案:

[0007] 一方面,提供了一种球面元件介质折射率的测量装置,包括光谱共焦传感器、光谱仪及调距机构,其中,所述光谱共焦传感器包括白光点光源、半透半反射镜及色散物镜;所述半透半反射镜和色散物镜在白光点光源和被测球面元件介质之间沿光轴依次设置,所述半透半反射镜靠近白光点光源,所述色散物镜靠近被测球面元件介质侧;所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器与被测球面元件介质两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜与被测球面元件介质的距离沿着光轴变化4次;所述光谱仪与所述半透半反射镜的反射面相对,用于检测在被测球面元件介质上聚焦并反射回的单色光的波长;若被测球面元件介质的上下两面均为球面,则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$[0008] \quad H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})}$$

[0009] 中计算出被测球面元件介质在5个波长下的折射率;若被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面是平面,则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$[0010] \quad n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})}$$

[0011] 中计算出被测球面元件介质在5个波长下的折射率;定义:

[0012] 球面元件介质的中心厚度为H;

[0013] 被所述色散物镜分解后的多条单色光由至少一个单色光子集构成,每个单色光子集包括一条上单色光与一条下单色光;每个单色光子集中的上单色光聚焦于被测球面元件介质的上表面,每个单色光子集中的下单色光聚焦于被测球面元件介质的下表面;

[0014] 每个单色光子集中的下单色光的波长为 λ ;

[0015] 每个单色光子集中的下单色光的入射角度为 $\theta_{(\lambda)}$;

[0016] 每个单色光子集中的上单色光与下单色光的焦点距离为 $h_{(\Delta\lambda)}$;

[0017] 其中, $\theta_{(\lambda)}$ 和 $h_{(\Delta\lambda)}$ 是光谱共焦传感器中色散物镜的已知参数; r_1 是被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面的曲率半径。

[0018] 可选的,定义:

[0019] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离未变化时,上单色光的波长为 λ_1 ,下单色光的波长为 λ_2 ;

[0020] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第一次变化时,上单色光的波长为 λ_3 ,下单色光的波长为 λ_4 ;

[0021] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第二次变化时,上单色光的波长为 λ_5 ,下单色光的波长为 λ_6 ;

[0022] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_7 ,下单色光的波长为 λ_8 ;

[0023] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_9 ,下单色光的波长为 λ_{10} ;则可获得各下单色光的入射角度 $\theta_{(\lambda)}$,并有:

$$[0024] \quad \begin{cases} h_{(\Delta\lambda_2)} = h_{(\lambda_2-\lambda_1)} \\ h_{(\Delta\lambda_4)} = h_{(\lambda_4-\lambda_3)} \\ h_{(\Delta\lambda_6)} = h_{(\lambda_6-\lambda_5)} \\ h_{(\Delta\lambda_8)} = h_{(\lambda_8-\lambda_7)} \\ h_{(\Delta\lambda_{10})} = h_{(\lambda_{10}-\lambda_9)} \end{cases},$$

[0025] 根据折射率 $n_{(\lambda)}$ 的公式并且结合公式 $n_{(\lambda)} = A + \frac{B}{\lambda^{x_1}} + \frac{C}{\lambda^{x_2}} + \frac{D}{\lambda^{x_3}} + E\lambda^{x_4}$ 计

算出被测球面元件介质的折射率曲线；

[0026] 其中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 为波长项系数; A、B、C、D、E为待求解常数。

[0027] 可选的, $3.5 \leq X_1 \leq 4$, $4.5 \leq X_2 \leq 5$, $5.5 \leq X_3 \leq 6$, $0.1 \leq X_4 \leq 0.5$ 。

[0028] 另一方面, 提供了一种球面元件介质折射率的测量方法, 包括以下步骤:

[0029] 提供一测量装置, 所述测量装置包括光谱共焦传感器、光谱仪及调距机构, 其中, 所述光谱共焦传感器包括白光点光源、半透半反射镜及色散物镜; 所述半透半反射镜和色散物镜在白光点光源和被测球面元件介质之间沿光轴依次设置, 所述半透半反射镜靠近白光点光源, 所述色散物镜靠近被测球面元件介质侧;

[0030] 所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器与被测球面元件介质两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜与被测球面元件介质的距离沿着光轴变化4次;

[0031] 将所述光谱仪与所述半透半反射镜的反射面相对设置, 所述光谱仪用于检测在被测球面元件介质上聚焦并反射回的单色光的波长;

[0032] 若被测球面元件介质的上下两面均为球面, 则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$[0033] \quad H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})}$$

[0034] 中计算出被测球面元件介质在5个波长下的折射率; 若被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面是平面, 则将检测得到的5个不同波长代入公式:

$$[0035] \quad n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})}$$

[0036] 中计算出被测球面元件介质在5个波长下的折射率; 定义:

[0037] 球面元件介质的中心厚度为H;

[0038] 被所述色散物镜分解后的多条单色光由至少一个单色光子集构成, 每个单色光子集包括一条上单色光与一条下单色光; 每个单色光子集中的上单色光聚焦于被测球面元件介质的上表面, 每个单色光子集中的下单色光聚焦于被测球面元件介质的下表面;

[0039] 每个单色光子集中的下单色光的波长为 λ ;

[0040] 每个单色光子集中的下单色光的入射角度为 $\theta_{(\lambda)}$;

[0041] 每个单色光子集中的上单色光与下单色光的焦点距离为 $h_{(\Delta\lambda)}$;

[0042] 其中, $\theta_{(\lambda)}$ 和 $h_{(\Delta\lambda)}$ 是光谱共焦传感器中色散物镜的已知参数; r_1 是被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面的曲率半径。

[0043] 可选的, 定义:

[0044] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离未变化时, 上单色光的波长为 λ_1 , 下单色光的波长为 λ_2 ;

[0045] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第一次变化时, 上单色光的波长为

λ_3 , 下单色光的波长为 λ_4 ;

[0046] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第二次变化时, 上单色光的波长为 λ_5 , 下单色光的波长为 λ_6 ;

[0047] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第三次变化时, 上单色光的波长为 λ_7 , 下单色光的波长为 λ_8 ;

[0048] 所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第三次变化时, 上单色光的波长为 λ_9 , 下单色光的波长为 λ_{10} ; 则可获得各下单色光的入射角度 $\theta_{(\lambda)}$, 并有:

$$[0049] \quad \begin{cases} h_{(\Delta\lambda_2)} = h_{(\lambda_2-\lambda_1)} \\ h_{(\Delta\lambda_4)} = h_{(\lambda_4-\lambda_3)} \\ h_{(\Delta\lambda_6)} = h_{(\lambda_6-\lambda_5)} \\ h_{(\Delta\lambda_8)} = h_{(\lambda_8-\lambda_7)} \\ h_{(\Delta\lambda_{10})} = h_{(\lambda_{10}-\lambda_9)} \end{cases},$$

[0050] 根据折射率 $n_{(\lambda)}$ 的公式并且结合公式 $n_{(\lambda)} = A + \frac{B}{\lambda^{X_1}} + \frac{C}{\lambda^{X_2}} + \frac{D}{\lambda^{X_3}} + E\lambda^{X_4}$ 计算

出被测球面元件介质的折射率曲线;

[0051] 其中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 为波长项系数;A、B、C、D、E为待求解常数。

[0052] 可选的, $3.5 \leq X_1 \leq 4$, $4.5 \leq X_2 \leq 5$, $5.5 \leq X_3 \leq 6$, $0.1 \leq X_4 \leq 0.5$ 。

[0053] 上述技术方案中的一个技术方案具有如下优点或有益效果:其能够测量出一定厚度的球面元件介质在不同波长下的折射率,并且仅需将所述色散物镜与被测球面元件介质的距离沿着光轴变化4次即可快速地实现5个不同波长下的折射率测量,从而解决了球面元件折射率曲线难测量的问题。

[0054] 上述技术方案中的一个技术方案具有如下优点或有益效果:其仅利用5个不同波长下获得的折射率即可计算出被测球面元件介质的折射率曲线,具有检测效率高、误差小的优点。

附图说明

[0055] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例的附图作简单介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅涉及本发明的一些实施例,而非对本发明的限制,其中:

[0056] 图1为根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量装置的正视图;

[0057] 图2为根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量装置的光路结构和原理图;

[0058] 图3为根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量装置中的光谱共焦传感器的色散原理示意图;

- [0059] 图4为六种类型的球面元件；
- [0060] 图5为根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量装置中的光谱共焦传感器来测量当前波长下的双凸面元件介质折射率的原理示意图；
- [0061] 图6为根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量装置中的光谱共焦传感器来测量当前波长下的双凹面元件介质折射率的原理示意图；
- [0062] 图7为根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量装置中的光谱共焦传感器来测量当前波长下的平凸面元件介质折射率的原理示意图；
- [0063] 图8示出了本实施所设计的色散物镜L从350~1100nm的焦距变化示意图；
- [0064] 图9为使用公式计算的色散镜头光线出射角度与波长曲线与采集数据对比图；
- [0065] 图10为使用公式计算的色散镜头后截距位置与波长曲线与采集数据对比图；
- [0066] 图11为使用本发明中折射率公式计算BAM23材料折射率曲线误差图；
- [0067] 图12为使用本发明中折射率公式计算PBH55材料折射率曲线误差图；
- [0068] 图13示出了根据本发明一个实施方式提出的球面元件介质折射率的测量方法的流程示意图。

具体实施方式

[0069] 下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施方式仅仅是本发明一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0070] 在附图中，为清晰起见，可对形状和尺寸进行放大，并将在所有图中使用相同的附图标记来指示相同或相似的部件。

[0071] 除非另作定义，此处使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。同样，“一个”、“一”或者“该”等类似词语也不表示数量限制，而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同，并不排除其他元件或者物件。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0072] 在下列描述中，诸如中心、厚度、高度、长度、前部、背部、后部、左边、右边、顶部、底部、上部、下部等用词是相对于各附图中所示的构造进行定义的，特别地，“高度”相当于从顶部到底部的尺寸，“宽度”相当于从左边到右边的尺寸，“深度”相当于从前到后的尺寸，它们是相对的概念，因此有可能会根据其所处不同位置、不同使用状态而进行相应地变化，所以，也不应当将这些或者其他的方位用于解释为限制性用语。

[0073] 涉及附接、联接等的术语（例如，“连接”和“附接”）是指这些结构通过中间结构彼此直接或间接固定或附接的关系、以及可动或刚性附接或关系，除非以其他方式明确地说明。

[0074] 实施例1

[0075] 图1~图13示出了本发明的实施例1,结合图1~图8的示出,可以看出,球面元件介质折射率的测量装置1包括光谱共焦传感器11、光谱仪14及调距机构,其中,所述光谱共焦传感器11包括白光点光源S、半透半反射镜X及色散物镜L;所述半透半反射镜X和色散物镜L在白光点光源S和被测球面元件介质13之间沿光轴依次设置,所述半透半反射镜X靠近白光点光源S,所述色散物镜L靠近被测球面元件介质13侧;所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器11与被测球面元件介质13两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜L与被测球面元件介质13的距离沿着光轴变化4次;所述光谱仪14与所述半透半反射镜X的反射面相对,用于检测在被测球面元件介质13上聚焦并反射回的单色光的波长;根据检测得到的5个不同波长计算出被测球面元件介质13的折射率曲线。在本实施例中,被测球面元件介质13被置于色散物镜L下方的置物平台12上,可以通过升降置物平台12或光谱共焦传感器11来调节所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离。参照图2,图2示出了光谱共焦传感器11的光路原理图,光谱共焦传感器是一种光学系统,光学系统在介质的表面上产生点光源S的图像S',反向散射光由相同的光学系统收集,该光学系统在针孔S'处成像。

[0076] 针孔S'被置于光谱仪14的前面,使得介质表面反射回的特定波长的光线能够通过,并且挡住其他位置波长的光线,因此它也被称为“空间滤波器”。光谱共焦传感器的特点是具有特殊的信噪比。按照光谱共焦原理,光学系统是色散镜头。光谱仪信号与已收集光的光谱再分配相对应,呈现出一个光谱峰值。当介质在测量范围内位移时,光谱仪上的光谱峰值则随之发生变化。本实施例中被测球面元件介质13可以是该特性下的玻璃材料、水晶材料、透明薄膜材料、液晶材料、透明液体材料或透明塑料材料。

[0077] 再次参照图4,球面元件一共可以分为6种,分别为平凸、平凹、双凸、正弯月、负弯月和双凹。

[0078] 再次参照图5~图6,如果被测球面元件介质为双凸、正弯月、负弯月和双凹,定义:

[0079] 球面元件介质的中心厚度为H;

[0080] 被所述色散物镜L分解后的多条单色光由至少一个单色光子集构成,每个单色光子集包括一条上单色光与一条下单色光;每个单色光子集中的上单色光聚焦于被测球面元件介质13的上表面,每个单色光子集中的下单色光聚焦于被测球面元件介质13的下表面;

[0081] 每个单色光子集中的下单色光的波长为 λ ;

[0082] 每个单色光子集中的下单色光的入射角度为 $\theta_{(\lambda)}$;

[0083] 每个单色光子集中的上单色光与下单色光的焦点距离为 $h_{(\Delta\lambda)}$;则波长 λ 下的被测球面元件介质13的折射率 $n_{(\lambda)}$ 由下式得出:

$$[0084] \quad H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})},$$

[0085] 其中, $\theta_{(\lambda)}$ 和 $h_{(\Delta\lambda)}$ 是光谱共焦传感器11中色散物镜L的已知参数; r_1 是被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面的曲率半径。

[0086] 公式中仅有 $n_{(\lambda)}$ 是未知量,其它量均为已知量或测量量,因此可以计算出 $n_{(\lambda)}$ 。

[0087] 再次参照图7,如果被测球面元件介质为平凸、平凹,则波长 λ 下的被测球面元件介质13的折射率 $n_{(\lambda)}$ 由下式得出:

$$[0088] \quad n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})}。$$

[0089] 光谱共焦传感器中的色散物镜L是其核心光学元器件,色散物镜中一个重要的指标是色散度,即不同波长的焦点的距离,本实施例中设计的色散物镜的可用波长为350~1100nm这一步骤需要配合光谱仪进行,本实施例中设计的色散物镜L在350~1100nm波段的色散距离为108mm。图9示出了本实施例所设计的色散物镜L从350~1100nm的焦距变化示意图,其中最左端的焦距是350nm,最右端的焦距是1100nm。表1给出了色散物镜具体参数,表2给出了色散物镜L的波长与后截距位置关系数据,后截距指镜头最后一个表面到焦点的距离:

[0090] 表1 色散物镜参数

-369.618	15	SF5
797.370	7	
-488.393	18	LASFN31
-149.540	1.5	
286.893	20	LASFN31
-312.027	2	
173.887	18	SF5
612.929	10	
-2516.018	12	LASFN31
215.297	11.23	
81.443	16	SF5
72.519	201.089	

[0091] 表2. 色散物镜波长与后截距位置(单位:mm)

波长 (nm)	350	400	500	600	700	800	900	1000	1100
后截距 (mm)	201.09	225	255.64	273.85	285.67	293.94	300.12	305	309.07

[0092] 进一步地,色散物镜L为大色散大NA的镜头,由于不同波长焦点位置不一样,对应的角度也不一样,但可以用复消色差特性公式(ACF公式)表示。给出色散物镜L边缘光线射出角度与波长的公式:

$$[0093] \quad \theta_{(\lambda)} = A_{\theta} + \frac{B_{\theta}}{\lambda^2} + \frac{C_{\theta}}{\lambda^5} + D_{\theta} \cdot \lambda \quad (1),$$

[0094] 在本实施例中,限定:

[0095] $A_{\theta}=5.80125181;$

[0096] $B_{\theta}=259436.175;$

[0097] $C_0=2482754578937$;

[0098] $D_0=-0.0001707953$;

[0099] 代入公式(1)得出:

$$[0100] \quad \theta_{(\lambda)} = 5.80125181 + \frac{259436.175}{\lambda^2} + \frac{2482754578937}{\lambda^5} + (-0.0001707953) \cdot \lambda,$$

[0101] 图9为色散镜头光线出射角度曲线,其中圆圈是采集数据,实线是使用500nm、600nm、700nm和800nm通过求解公式(1)计算得到的曲线,采集数据与计算曲线吻合度较好,说明可以用ACF公式计算350~1100nm内任意波长下的光线出射角度 $\theta_{(\lambda)}$ 。

[0102] 同理给出后截距与波长的公式:

$$[0103] \quad l_{(\lambda)} = A_1 + \frac{B_1}{\lambda^2} + \frac{C_1}{\lambda^5} + D_1 \cdot \lambda$$

[0104] 本实例中给出:

[0105] $A_1=305.31355503$;

[0106] $B_1=-14679661.111$;

[0107] $C_1=60295422216018.2$;

[0108] $D_1=0.0142284985130074$;

[0109] 进而得出:

$$[0110] \quad l_{(\lambda)} = 305.31355503 + \frac{-14679661.111}{\lambda^2} + \frac{60295422216018.2}{\lambda^5} + 0.0142284985130074 \cdot \lambda,$$

[0111] 同理,图10为后截距位置与波长曲线,其中圆圈是采集数据,实线是使用500nm、600nm、700nm和800nm通过求解ACF公式计算得到的曲线,采集数据与计算曲线吻合度较好,说明可以用ACF公式计算350~1100nm内任意波长下的后截距 $l_{(\lambda)}$ 。

[0112] 那么返回光谱共焦系统中任意两个波长之间的距离可以由下面的公式得到:

$$[0113] \quad h_{(\Delta\lambda)} = l_{(\lambda_{2i})} - l_{(\lambda_{2i-1})} = (A_1 + \frac{B_1}{\lambda_{2i}^2} + \frac{C_1}{\lambda_{2i}^5} + D_1 \cdot \lambda_{2i}) - (A_1 + \frac{B_1}{\lambda_{2i-1}^2} + \frac{C_1}{\lambda_{2i-1}^5} + D_1 \cdot \lambda_{2i-1}) \quad (2),$$

[0114] 当球面元件介质的中心厚度H,且第一面为球面半径 r_1 是已知时,根据

$$[0115] \quad H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})} \quad (3),$$

[0116] 公式(3)计算得到 $n_{(\lambda_2)}$ 、 $n_{(\lambda_4)}$ 、 $n_{(\lambda_6)}$ 、 $n_{(\lambda_8)}$ 和 $n_{(\lambda_{10})}$ 。

[0117] 或球面元件介质的中心厚度H,且第一面为平面,根据

$$[0118] \quad n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})} \quad (4),$$

[0119] 公式(4)计算得到 $n_{(\lambda_2)}$ 、 $n_{(\lambda_4)}$ 、 $n_{(\lambda_6)}$ 、 $n_{(\lambda_8)}$ 和 $n_{(\lambda_{10})}$ 。

[0120] 具体地,参照图5~图7,定义:

[0121] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离未变化时,上单色光的波长为 λ_1 ,下单色光的波长为 λ_2 ;

[0122] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第一次变化时,上单色光的波长为 λ_3 ,下单色光的波长为 λ_4 ;

[0123] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第二次变化时,上单色光的波长为 λ_5 ,下单色光的波长为 λ_6 ;

[0124] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_7 ,下单色光的波长为 λ_8 ;所述色散物镜与被测球面元件介质间的距离第三次变化时,上单色光的波长为 λ_9 ,下单色光的波长为 λ_{10} ;则可获得各下单色光的入射角度 $\theta_{(\lambda)}$,并有:

$$[0125] \quad \begin{cases} h_{(\Delta\lambda_2)} = h_{(\lambda_2-\lambda_1)} \\ h_{(\Delta\lambda_4)} = h_{(\lambda_4-\lambda_3)} \\ h_{(\Delta\lambda_6)} = h_{(\lambda_6-\lambda_5)} \\ h_{(\Delta\lambda_8)} = h_{(\lambda_8-\lambda_7)} \\ h_{(\Delta\lambda_{10})} = h_{(\lambda_{10}-\lambda_9)} \end{cases},$$

[0126] 根据折射率 $n_{(\lambda)}$ 的公式计算得到 $n_{(\lambda_2)}$ 、 $n_{(\lambda_4)}$ 、 $n_{(\lambda_6)}$ 、 $n_{(\lambda_8)}$ 和 $n_{(\lambda_{10})}$ 并且结合公式:

$$[0127] \quad n_{(\lambda)} = A + \frac{B}{\lambda^{X_1}} + \frac{C}{\lambda^{X_2}} + \frac{D}{\lambda^{X_3}} + E\lambda^{X_4} \quad (5),$$

[0128] 计算出被测球面元件介质13的折射率曲线,其中, $3.5 \leq X_1 \leq 4$, $4.5 \leq X_2 \leq 5$, $5.5 \leq X_3 \leq 6$, $0.1 \leq X_4 \leq 0.5$ 。

[0129] 进一步地,使用公式(5)验证OHARA玻璃库材料的误差,其中 $X_1=4$, $X_2=5$, $X_3=6$, $X_4=0.2$,使用波长为400nm、560nm、680nm、800nm、1100nm求解曲线,在400~1100nm波段范围内最大及最小误差数据见表3,图11和图12为使用公式(5)计算BAM23和PBH55材料折射率曲线误差图(与表3相对应)。

[0130] 表3 使用公式(5)计算400~1100nm折射率误差

材料	最大误差(%)	最小误差(%)
APL1	0.001626	-0.00879
BAH13	0.000809	-0.00077
BAH22	0.002685	-3.4E-05
BAH26	0.000839	-6.3E-05
BAH30	0.001901	-3.6E-05
BAH32	0.002246	-4.1E-05

BAH54	0.000898	-0.00071
BAH71	0.001069	-5.7E-05
BAH77	0.00073	-0.00011
BAH78	0.000939	-6.7E-05
BAL15	0.001358	-0.00606
BAL15Y	0.001318	-0.00493
BAL35Y	0.001495	-0.00622
BAL42	0.001338	-0.00585
BAL5	0.001068	-0.00342
BAL50	0.001481	-0.00704
BAL7	0.000924	-0.00261
BAM21	0.000738	-0.0003
BAM23	0.000827	-6.8E-05
BAM3	0.000815	-0.0009
BAM5	0.000908	-0.00193
BAM8	0.000986	-0.00242
BAM9	0.000835	-0.00107
BPH35	0.001413	-0.00457
BPH40	0.00127	-0.00342
BPH45	0.001397	-7.5E-05
BPH5	0.001441	-0.00403
BPH50	0.002192	-4.7E-05
BPH8	0.001014	-0.0005
BPM4	0.001601	-0.00646
BPM51	0.001653	-0.00607
BSL1	0.001437	-0.0066
BSL21	0.001629	-0.0084
BSL22	0.001264	-0.00463
BSL3	0.001807	-0.00971
BSL7	0.001486	-0.00688
BSL7Y	0.001758	-0.00855
BSM16C	0.001515	-0.00707
BSM18	0.001295	-0.00514
BSM22	0.000926	-0.00187
BSM23	0.001091	-0.00371
BSM24	0.000791	-0.00091
BSM36	0.001683	-0.00795
BSM51Y	0.001447	-0.0059
BSM6	0.00105	-0.00331

BSM7	0.001289	-0.00545
BSM71	0.000822	-0.00098
BSM81	0.002055	-0.01077
BSM9	0.000994	-0.00247
FPL51	0.00086	-0.00349
FPL52	0.000909	-0.00461
FPL53	0.000637	-0.00215
FSL3	0.001559	-0.00788
FSL5	0.001804	-0.01033
FTL8	0.001667	-0.00937
FTM16	0.001118	-0.00371
FTM8	0.001234	-0.00495
LAH51	0.001205	-0.00282
LAH52	0.001278	-0.00281
LAH53	0.001111	-0.00172
LAH54	0.001219	-0.00259
LAH55	0.001102	-0.00155
LAH58	0.001795	-6.3E-05
LAH59	0.001098	-0.00202
LAH60	0.001024	-0.00094
LAH63	0.001069	-0.0013
LAH64	0.00133	-0.00355
LAH65	0.001306	-0.00343
LAH66	0.001419	-0.00456
LAH67	0.001361	-0.00376
LAH71	0.002044	-4.8E-05
LAH75	0.000913	-0.00032
LAH78	0.003223	-3.8E-05
LAL10	0.001148	-0.00318
LAL11	0.001418	-0.00607
LAL12	0.002351	-4.3E-05
LAL13	0.001557	-0.00642
LAL14	0.001722	-0.00746
LAL18	0.001723	-0.00742
LAL52	0.001559	-0.00703
LAL54	0.001281	-0.00486
LAL56	0.001051	-0.0031
LAL58	0.000912	-0.00126
LAL59	0.001598	-0.0065

LAL60	0.001717	-0.00725
LAL61	0.001579	-0.00592
LAL7	0.001541	-0.00682
LAL8	0.001682	-0.00728
LAL9	0.00144	-0.00507
LAM2	0.000787	-0.00031
LAM3	0.000807	-0.00061
LAM54	0.001647	-0.00664
LAM55	0.000854	-0.00056
LAM58	0.002684	-3E-05
LAM59	0.000904	-0.00105
LAM60	0.001539	-0.00589
LAM61	0.001526	-5.1E-05
LAM66	0.001184	-0.00243
LAM7	0.005136	-0.00015
L-BAL35	0.001676	-0.00766
L-BAL35P	0.001678	-0.00761
L-BAL42	0.001341	-0.00527
L-BAL42P	0.001321	-0.00506
L-BAL43	0.001376	-0.00549
L-BBH1	0.004225	-0.00162
L-BBH2	0.008222	-0.001
L-BSL7	0.001734	-0.00852
L-LAH53	0.000942	-0.00035
L-LAH81	0.000886	-0.00017
L-LAH83	0.002582	-5E-05
L-LAH84	0.00148	-7.3E-05
L-LAH84P	0.00177	-6.2E-05
L-LAH85	0.001466	-7.9E-05
L-LAH86	0.004278	-9E-05
L-LAH87	0.000848	-0.00034
L-LAH90	0.001335	-7.6E-05
L-LAH91	0.001226	-0.00278
L-LAL12	0.001432	-0.00511
L-LAL13	0.001345	-0.00427
L-LAL15	0.001634	-0.00623
L-LAM60	0.001194	-0.00271
L-LAM69	0.001101	-0.00165
L-LAM72	0.001358	-0.00381

L-NBH54	0.006268	-0.00021
L-PHL1	0.000939	-0.00261
L-PHL2	0.001055	-0.00353
NSL33	0.001026	-0.00333
NSL7	0.001265	-0.00533
PBH1	0.007143	-0.00025
PBH10	0.004774	-0.00013
PBH11	0.005801	-0.0002
PBH11W	0.005801	-0.0002
PBH13	0.005002	-0.00015
PBH13W	0.005002	-0.00015
PBH14	0.00121	-4.2E-05
PBH14W	0.00121	-4.2E-05
PBH18	0.003724	-9.1E-05
PBH23	0.004669	-0.00015
PBH23W	0.004669	-0.00015
PBH25	0.0046	-0.00014
PBH3	0.008126	-0.0003
PBH3W	0.004738	-0.00014
PBH4	0.006539	-0.00022
PBH4W	0.006539	-0.00022
PBH53	0.009512	-0.00037
PBH53W	0.009512	-0.00037
PBH55	0.012253	-0.00064
PBH56	0.011837	-0.00057
PBH6	0.004783	-0.00015
PBH6W	0.004783	-0.00015
PBH71	0.01459	-0.00104
PBH72	0.010948	-0.00058
PBL1	0.000653	-0.00015
PBL1Y	0.000956	-0.00177
PBL2	0.000995	-0.0029
PBL21	0.001108	-0.00383
PBL22	0.002637	-3E-05
PBL25	0.001072	-0.00316
PBL25Y	0.000865	-0.0005
PBL26	0.000785	-0.00064
PBL26Y	0.000925	-0.00109
PBL27	0.000906	-0.00192

PBL35Y	0.000817	-0.0003
PBL6	0.000793	-0.00119
PBL6Y	0.001127	-0.0032
PBL7	0.001069	-0.00355
PBM1	0.00086	-0.00124
PBM11	0.001336	-0.0052
PBM18Y	0.000813	-0.00015
PBM2	0.000816	-0.00095
PBM22	0.002805	-4E-05
PBM25	0.003361	-6.6E-05
PBM27	0.00326	-5.8E-05
PBM28	0.005886	-0.00018
PBM28W	0.005886	-0.00018
PBM2Y	0.002237	-4.1E-05
PBM3	0.002131	-4E-05
PBM35	0.000942	-0.00229
PBM39	0.001174	-5.7E-05
PBM4	0.000733	-0.00029
PBM5	0.000707	-0.00025
PBM6	0.002122	-3.5E-05
PBM8	0.001425	-4.9E-05
PBM8Y	0.00089	-0.00032
PBM9	0.000765	-0.00039
PHM51	0.001338	-0.00557
PHM52	0.001013	-0.00331
PHM53	0.001208	-0.005
S-APL1	0.001626	-0.00879
S-BAH10	0.000951	-0.00137
S-BAH11	0.000886	-0.00108
S-BAH27	0.000903	-0.00083
S-BAH32	0.000909	-0.00091
S-BAH54	0.000898	-0.00071
S-BAL11	0.001247	-0.00456
S-BAL12	0.001191	-0.00445
S-BAL14	0.001182	-0.00405
S-BAL2	0.00095	-0.00212
S-BAL22	0.001612	-0.00737
S-BAL3	0.000932	-0.00215
S-BAL35	0.001425	-0.00587

S-BAL41	0.001403	-0.00581
S-BAL42	0.001254	-0.00467
S-BAL50	0.001481	-0.00704
S-BAM12	0.000988	-0.00171
S-BAM3	0.000957	-0.00202
S-BAM4	0.0008	-0.0007
S-BSL7	0.001623	-0.00784
S-BSM10	0.001145	-0.00355
S-BSM14	0.001407	-0.00567
S-BSM15	0.001279	-0.00461
S-BSM16	0.001406	-0.00562
S-BSM18	0.001065	-0.00283
S-BSM2	0.001022	-0.00284
S-BSM21	0.001096	-0.00307
S-BSM22	0.001059	-0.0028
S-BSM25	0.00094	-0.00158
S-BSM28	0.000982	-0.00207
S-BSM4	0.001168	-0.00387
S-BSM71	0.001065	-0.00275
S-BSM81	0.001977	-0.00941
S-BSM9	0.001091	-0.00312
S-BSM93	0.001424	-0.00608
S-FPL51	0.00075	-0.00254
S-FPL51Y	0.000692	-0.0021
S-FPL52	0.000763	-0.00299
S-FPL53	0.000645	-0.0024
S-FPL55	0.000675	-0.00261
S-FPM2	0.0007	-0.00126
S-FPM3	0.000839	-0.00272
S-FSL5	0.001664	-0.00851
S-FSL5Y	0.001642	-0.00834
S-FTL10	0.001282	-0.0052
S-FTM16	0.000855	-0.00086
S-LAH51	0.001108	-0.00152
S-LAH52	0.001017	-0.00083
S-LAH52Q	0.001349	-6.9E-05
S-LAH53	0.000992	-0.00055
S-LAH53V	0.001054	-7.6E-05
S-LAH54	0.001219	-0.00259

S-LAH55	0.001102	-0.00112
S-LAH55V	0.001021	-0.00072
S-LAH55VS	0.000936	-0.00032
S-LAH58	0.002698	-4.8E-05
S-LAH59	0.001013	-0.00097
S-LAH60	0.001227	-8E-05
S-LAH60MQ	0.003991	-7.7E-05
S-LAH60V	0.001884	-6.1E-05
S-LAH63	0.00099	-0.00054
S-LAH63Q	0.001988	-5.4E-05
S-LAH64	0.00133	-0.0033
S-LAH65	0.001293	-0.00289
S-LAH65V	0.001282	-0.00275
S-LAH65VS	0.001106	-0.00159
S-LAH66	0.001443	-0.0043
S-LAH67	0.001361	-0.00376
S-LAH71	0.006339	-0.0002
S-LAH96	0.000967	-0.00111
S-LAH97	0.001535	-0.00527
S-LAL10	0.001303	-0.00362
S-LAL11	0.001418	-0.00607
S-LAL12	0.001246	-0.00385
S-LAL13	0.001517	-0.00548
S-LAL14	0.001766	-0.00741
S-LAL18	0.001697	-0.00667
S-LAL19	0.00168	-0.0065
S-LAL20	0.001376	-5.2E-05
S-LAL21	0.000917	-0.00132
S-LAL52	0.001559	-0.00703
S-LAL54	0.001209	-0.00386
S-LAL54Q	0.001667	-0.00696
S-LAL56	0.00102	-0.00202
S-LAL58	0.000892	-0.00108
S-LAL59	0.00151	-0.00507
S-LAL60	0.001717	-0.00725
S-LAL61	0.001631	-0.00602
S-LAL7	0.00145	-0.00562
S-LAL7Q	0.001876	-0.00848
S-LAL8	0.001611	-0.00608

S-LAL9	0.001636	-0.00644
S-LAM2	0.00077	-0.00012
S-LAM3	0.000855	-0.00062
S-LAM51	0.000933	-0.0012
S-LAM52	0.000741	-0.00011
S-LAM54	0.001503	-0.00468
S-LAM55	0.001057	-7.2E-05
S-LAM58	0.001105	-6.7E-05
S-LAM59	0.000954	-0.00131
S-LAM60	0.001499	-0.00479
S-LAM61	0.000931	-0.00096
S-LAM66	0.000953	-0.00032
S-NBH5	0.001194	-0.00256
S-NBH51	0.000943	-0.00029
S-NBH52	0.000918	-0.0005
S-NBH52V	0.001119	-0.00175
S-NBH53	0.00164	-6.4E-05
S-NBH53V	0.00145	-7.2E-05
S-NBH8	0.000865	-0.0001
S-NBM51	0.001388	-0.00447
S-NSL2	0.001211	-0.00468
S-NSL3	0.001166	-0.00439
S-NSL36	0.001194	-0.00429
S-NSL5	0.001335	-0.00557
S-PHM51	0.001338	-0.00557
S-PHM52	0.001012	-0.00306
S-PHM53	0.001194	-0.00448
SSL2	0.001349	-0.00514
SSL5	0.00169	-0.00856
S-TIH20	0.002353	-3.5E-05
S-TIL1	0.001045	-0.00281
S-TIL2	0.001085	-0.00316
S-TIL25	0.001022	-0.00212
S-TIL26	0.001033	-0.00241
S-TIL27	0.001038	-0.00236
S-TIL6	0.001141	-0.00361
S-TIM1	0.000818	-0.00042
S-TIM2	0.000846	-0.00061
S-TIM3	0.000889	-0.00096

S-TIM5	0.000898	-0.001
S-TIM6	0.000757	-0.00011
S-TIM8	0.000895	-0.00111
S-YGH51	0.001578	-0.00551
S-YGH52	0.001494	-0.00531
TIH11	0.002217	-3.6E-05
TIH14	0.001503	-5.5E-05
TIH23	0.001595	-4.9E-05
TIH53	0.00325	-6.9E-05
TIH6	0.004877	-0.00014
TIM11	0.001336	-0.0052
TPH55	0.000799	-0.00019
YGH51	0.001603	-0.00624
YGH52	0.001494	-0.00531

[0131] 通过表3可以看出,最大绝对误差不超过0.015%,最大平均误差为0.001806%(表3中所有玻璃材料最大误差的平均值),最小平均误差为-0.00282%,说明使用公式(5)来测量OHARA玻璃在400~1100nm范围内的折射率都具有较小的误差,能够较好的满足工程实践需求。

[0132] 将 X_1 , X_2 , X_3 , X_4 取其它系数并同样使用400、560、680、800、1100nm通过公式(5)计算OHARA玻璃库材料折射率平均最大误差、平均最小误差如表4所示(本例中 X_1 , X_2 , X_3 , X_4 仅列出部分数值,但是不影响对本技术方案的理解):

[0133] 表4 使用不同系数计算400~1100nm折射率误差

X_1	X_1	X_1	X_1	平均最大误差(%)	平均最小误差(%)
4	5	6	0.1	0.001652	-0.00387
4	5	5.1	0.9	0.00432	-0.00028
4	4.9	5.8	0.4	0.002133	-0.00145
3.9	5	5.7	0.3	0.001579	-0.00228
3.5	4.7	6	1	0.003741	-0.00026
3.5	4.3	6	1.7	0.007642	-0.00087
3.4	4.8	5.8	1.4	0.006155	-0.00051
3.3	4.9	5.7	1.7	0.006155	-0.00051

[0134] 结论:本实施例由于使用了光谱共焦系统,并根据色散镜头的特性,不需要复杂的步骤,就能测量出某种球面元件介质材料的折射率,然后再根据测量出的5个任意波长折射率数据通过公式(5)可以快速计算出整个折射率曲线,其中,测量单个波长的折射率比以往的方法更快,并且使用较少的折射率数据计算折射率曲线(其它公式需要非常多的数据),因此检测过程非常迅速。

[0135] 实施例2

[0136] 图1~图13还示出了本发明的实施例2,实施例2与实施例1的区别在于:

[0137] 提供了一种球面元件介质折射率的测量方法,包括以下步骤:

[0138] 提供一测量装置,所述测量装置包括光谱共焦传感器、光谱仪及调距机构其中,所述光谱共焦传感器包括白光点光源、半透半反射镜及色散物镜;所述半透半反射镜(X)和色散物镜在白光点光源和被测球面元件介质之间沿光轴依次设置,所述半透半反射镜(X)靠近白光点光源,所述色散物镜靠近被测球面元件介质侧;

[0139] 所述调距机构驱使所述光谱共焦传感器与被测球面元件介质两者彼此靠近或远离以使得所述色散物镜与被测球面元件介质的距离沿着光轴变化4次;

[0140] 将所述光谱仪与所述半透半反射镜的反射面相对设置,所述光谱仪用于检测在被测球面元件介质上聚焦并反射回的单色光的波长;

[0141] 将检测得到的5个不同波长利用公式:

$$[0142] \quad H = r_1 + \frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{\sin \theta_{(\lambda)} \cdot (h_{(\Delta\lambda)} - r_1)}{\sin(\theta_{(\lambda)} + \arcsin(\frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1}) - \arcsin(\frac{1}{n_{(\lambda)}} \cdot \frac{(h_{(\Delta\lambda)} - r_1) \cdot \sin \theta_{(\lambda)}}{r_1})}$$

[0143] 计算出被测球面元件介质在5个波长下的折射率,并定义:

[0144] 球面元件介质的中心厚度为H;

[0145] 被所述色散物镜分解后的多条单色光由至少一个单色光子集构成,每个单色光子集包括一条上单色光与一条下单色光;每个单色光子集中的上单色光聚焦于被测球面元件介质的上表面,每个单色光子集中的下单色光聚焦于被测球面元件介质的下表面;

[0146] 每个单色光子集中的下单色光的波长为 λ ;

[0147] 每个单色光子集中的下单色光的入射角度为 $\theta_{(\lambda)}$;

[0148] 每个单色光子集中的上单色光与下单色光的焦点距离为 $h_{(\Delta\lambda)}$;

[0149] 其中, $\theta_{(\lambda)}$ 和 $h_{(\Delta\lambda)}$ 是光谱共焦传感器中色散物镜的已知参数; r_1 是被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面的曲率半径。

[0150] 如果被测球面元件介质与色散物镜相对侧表面是平面,则波长 λ 下的被测球面元件介质13的折射率 $n_{(\lambda)}$ 由下式得出:

$$[0151] \quad n_{(\lambda)} = \frac{\sin \theta_{(\lambda)}}{\sin(\arctan \frac{h_{(\Delta\lambda)} \tan \theta_{(\lambda)}}{H})}$$

[0152] 进一步地,定义:

[0153] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离未变化时,上单色光的波长为 λ_1 ,下单色光的波长为 λ_2 ;

[0154] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第一次变化时,上单色光的波长为 λ_3 ,下单色光的波长为 λ_4 ;

[0155] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第二次变化时,上单色光的波长为 λ_5 ,下单色光的波长为 λ_6 ;

[0156] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第三次变化时,上单色光的波长

为 λ_7 , 下单色光的波长为 λ_8 ;

[0157] 所述色散物镜L与被测球面元件介质13间的距离第三次变化时, 上单色光的波长为 λ_9 , 下单色光的波长为 λ_{10} ; 则可获得各下单色光的入射角度 $\theta_{(\lambda)}$, 并有:

$$[0158] \quad \begin{cases} h_{(\Delta\lambda_2)} = h_{(\lambda_2-\lambda_1)} \\ h_{(\Delta\lambda_4)} = h_{(\lambda_4-\lambda_3)} \\ h_{(\Delta\lambda_6)} = h_{(\lambda_6-\lambda_5)}, \\ h_{(\Delta\lambda_8)} = h_{(\lambda_8-\lambda_7)} \\ h_{(\Delta\lambda_{10})} = h_{(\lambda_{10}-\lambda_9)} \end{cases}$$

[0159] 根据折射率 $n_{(\lambda)}$ 的公式并且结合公式 $n_{(\lambda)} = A + \frac{B}{\lambda^{X_1}} + \frac{C}{\lambda^{X_2}} + \frac{D}{\lambda^{X_3}} + E\lambda^{X_4}$ 计

算出被测球面元件介质13的折射率曲线。

[0160] 进一步地, $3.5 \leq X_1 \leq 4$, $4.5 \leq X_2 \leq 5$, $5.5 \leq X_3 \leq 6$, $0.1 \leq X_4 \leq 0.5$ 。

[0161] 图13示出了本实施例的流程图, 本实施例提供的球面元件介质折射率的测量方法与实施例1实现的功能相对应, 所以关于本实施例的其他功能可参见实施例一中的内容, 在此不再一一赘述。

[0162] 这里说明的设备数量和处理规模是用来简化本发明的说明的。对本发明的应用、修改和变化对本领域的技术人员来说是显而易见的。

[0163] 本文中所述的不同实施方案的零部件可经组合以形成上文未具体陈述的其它实施例。零部件可不考虑在本文中所描述的结构内而不会不利地影响其操作。此外, 各种单独零部件可被组合成一或多个个别零部件以执行本文中所描述的功能。

[0164] 此外, 尽管本发明的实施方案已公开如上, 但其并不仅限于说明书和实施方式中所列运用, 它完全可以被适用于各种适合本发明的领域, 对于熟悉本领域的人员而言, 可容易地实现另外的修改, 因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下, 本发明并不限于特定的细节和这里示出与描述的图例。

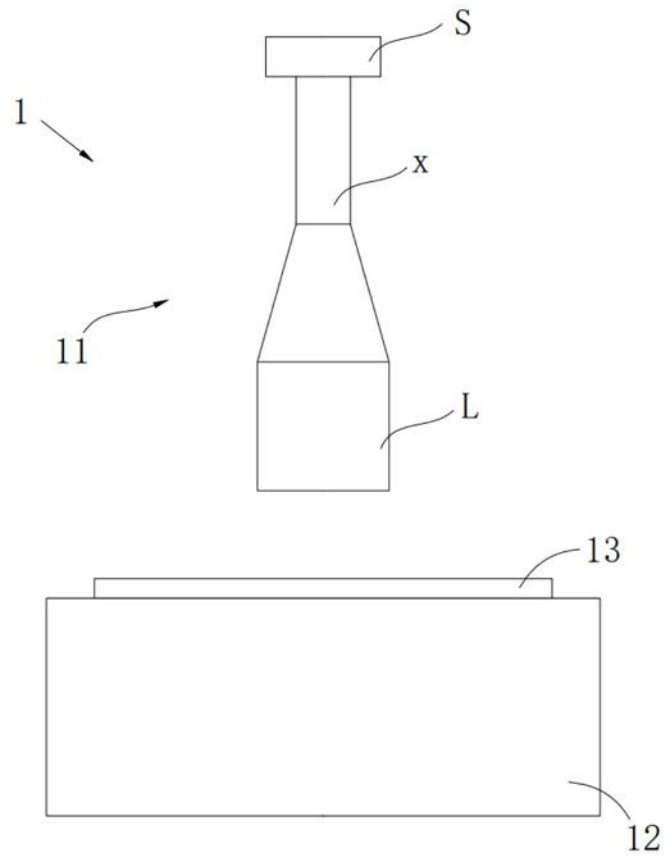


图1

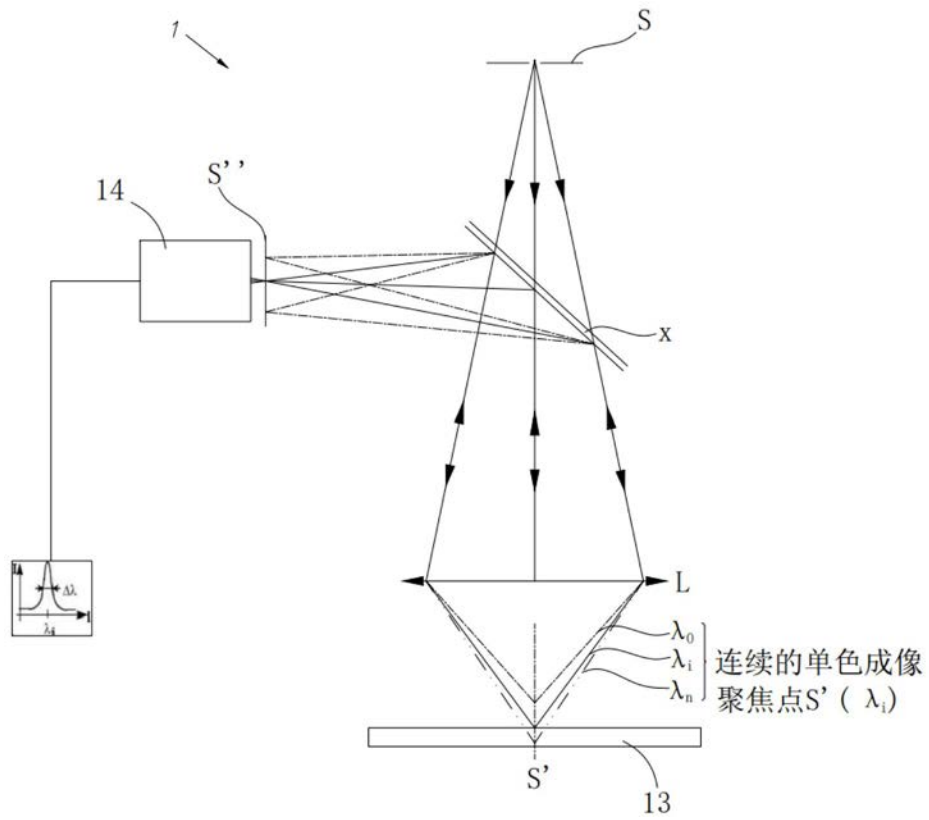


图2

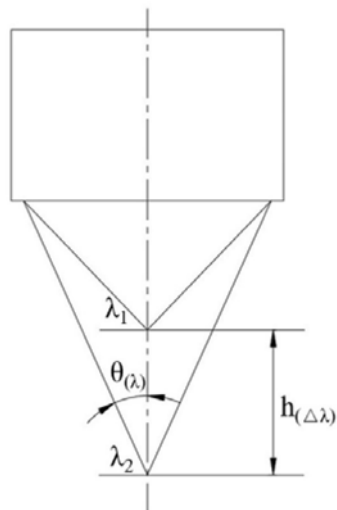


图3

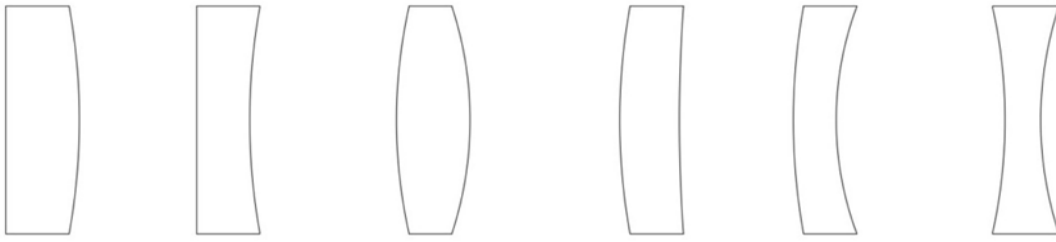


图4

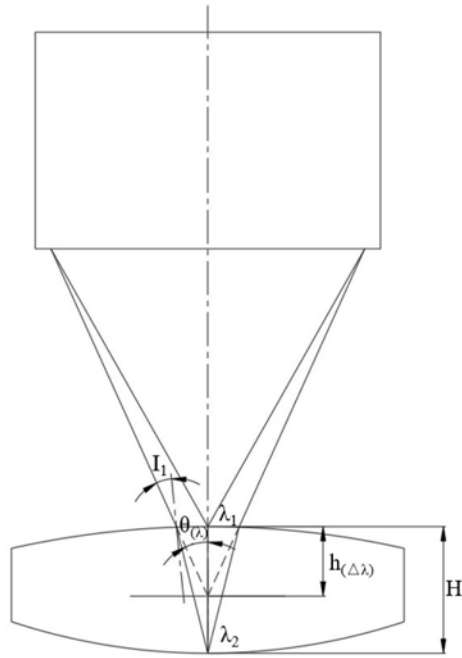


图5

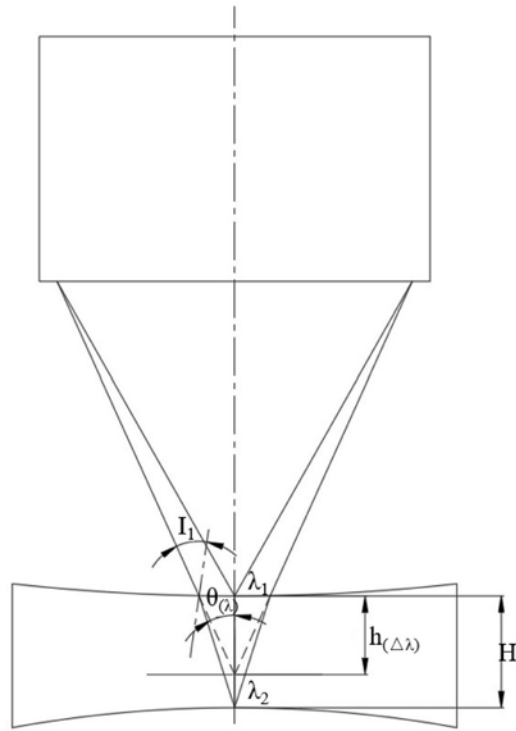


图6

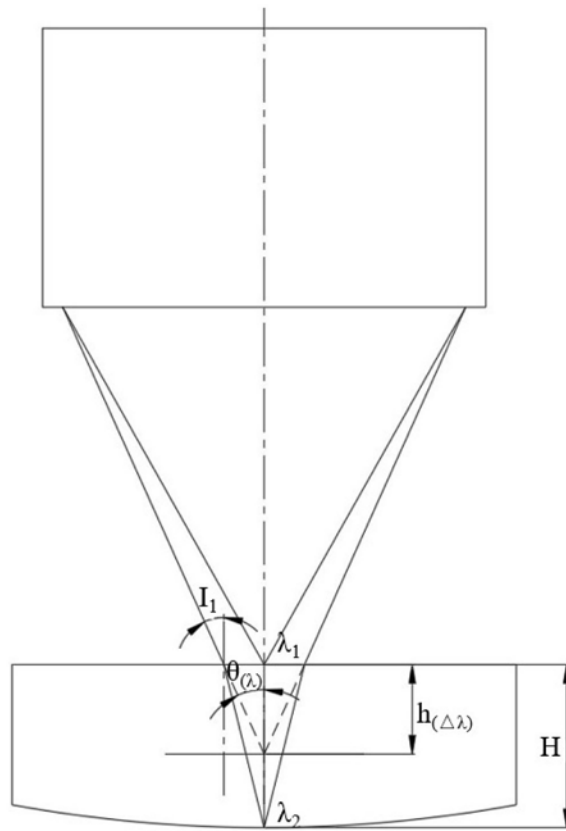


图7

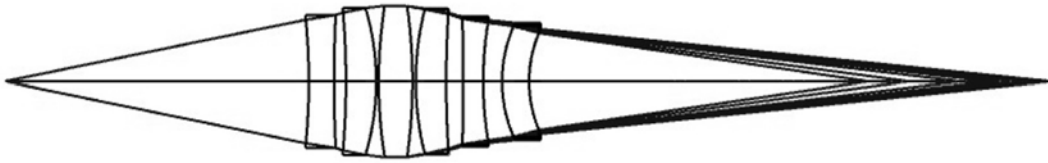


图8

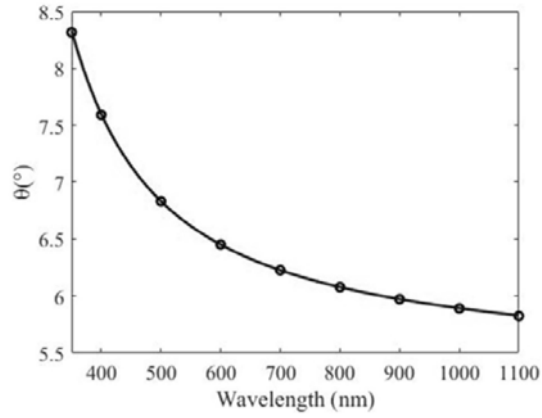


图9

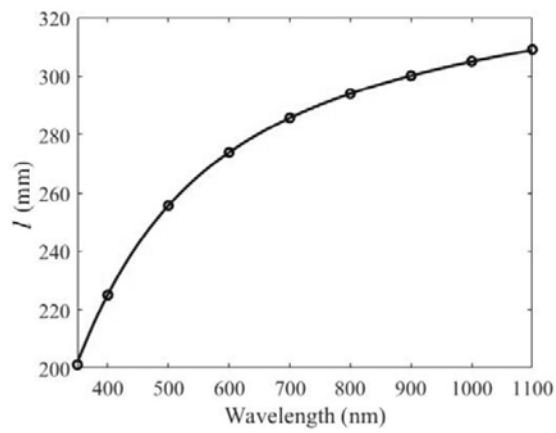


图10

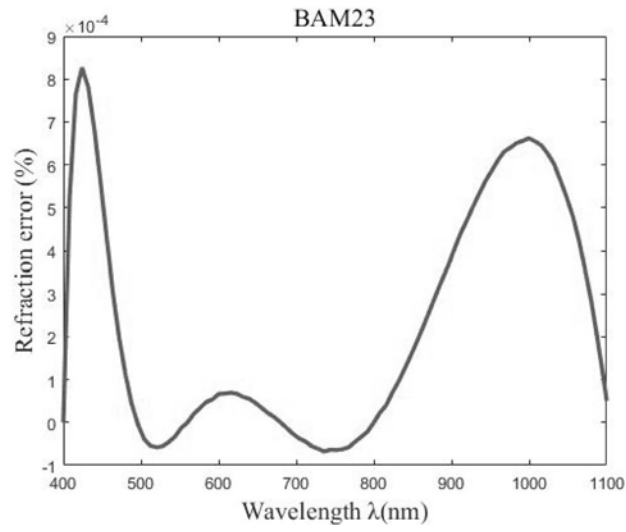


图11

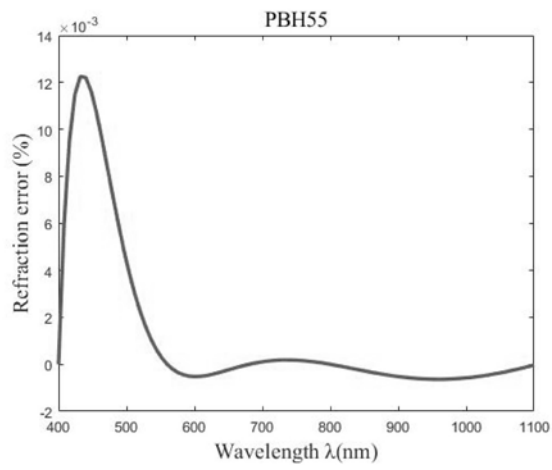


图12

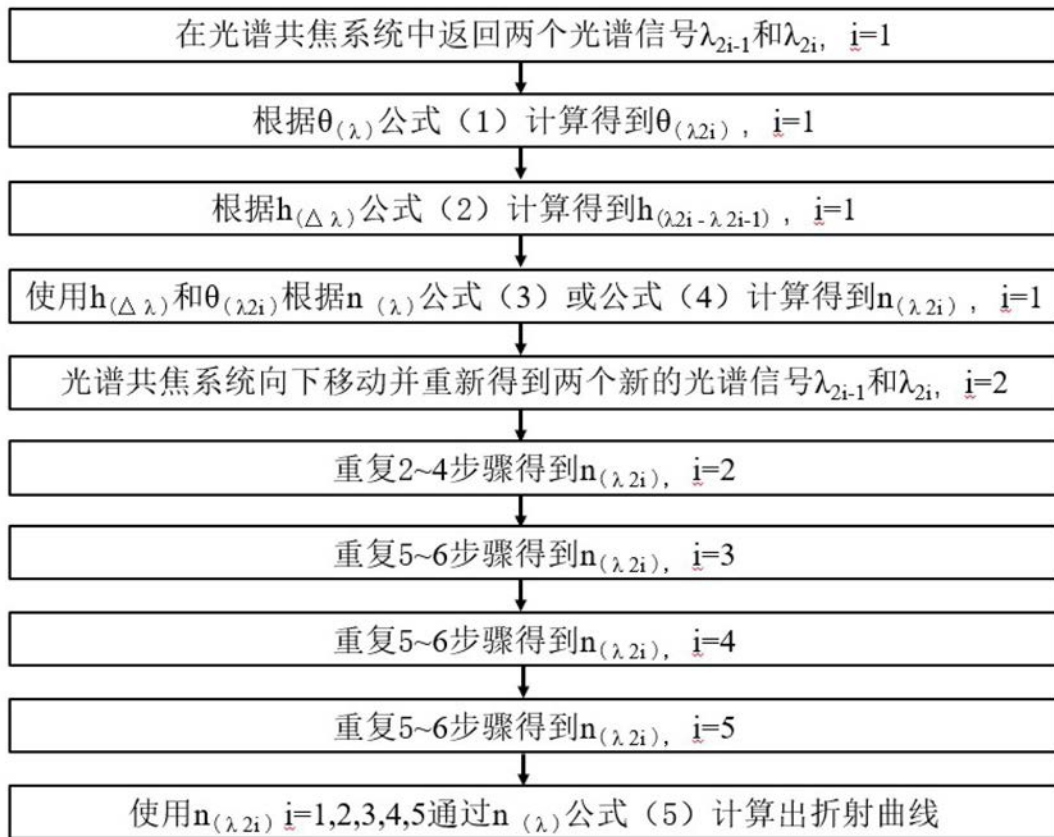


图13