

文章编号:1000-582X(2006)10-0065-04

眼镜度数全自动测量方法*

杨并上, 廖海洋

(重庆大学光电技术及系统教育部重点实验室, 重庆 400030)

摘要:提出一种眼镜度数测量方法,利用位置探测器和3条光线实现对棱镜度、球镜度和散光度等镜片参数的测量.利用该方法能制造出结构简单、自动测量的焦度计.对棱镜度和球镜度测量的误差做了分析,得知提高位置探测器的测量精度是实现该方法的关键.

关键词:眼镜;眼镜度数;位置探测器;焦度计

中图分类号:TH741

文献标识码:A

随着经济增长和生活品质的提高,与视光学相关的产业蓬勃发展,展现了巨大的市场前景.2004年,中国的眼镜工业总产值超过160亿人民币,已成为世界领先的眼镜生产大国.中国同时也是全世界最具潜力的眼镜消费市场.与此形成巨大反差的是,国内视光学仪器发展水平的落后,其中,眼镜焦度计(俗称查片仪)被国外厂商特别是日本占据了绝大部分市场份额.因此,研究眼镜度数测量方法,研制具有自主知识产权的全自动焦度计成为迫切的要求.笔者提出一种基于位置探测器的3光线眼镜度数测量方法,利用此方法可以设计出结构简单的全自动焦度计.

1 测量原理

如图1所示,实现该测量方法需要一个二维位置探测器和3条入射光线.

要求3条入射光线垂直于位置探测器的感光平面,同时应该是被测镜片的近轴光线.被测镜片未放入光路时,入射光线1、2、3在感光面上形成的光斑的位置分别为A、B、C.放入被测镜片之后,光线发生偏折,光斑位置分别移动到A'、B'、C'三点.根据光斑移动情况和镜片度数的关系可以检测出被测镜片的度数.只要满足一定的精度要求,PSD或者CCD都可以作为所需的二维位置探测器器件.

1.1 棱镜度测量

被测镜片上的任何一点均有固定的棱镜度.棱镜度有方向 θ 与大小 P .棱镜度的方向如图2所示.

棱镜度的大小参照图3,按 $P = 100 \times d \div l$ 规定.

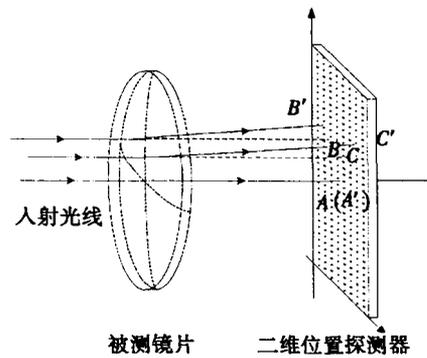


图1 测量原理图

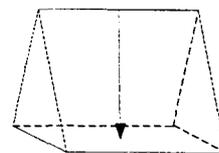


图2 棱镜度的方向

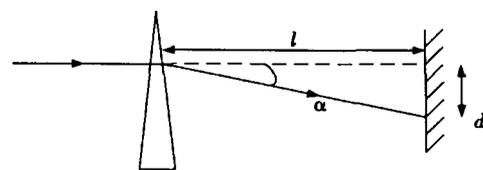


图3 棱镜度的大小

如果有棱镜使光线在1 m外发生P cm偏移,则其棱镜度大小为P,单位 Δ .

设光线1的光斑在放入被测镜片前后位置分别为A:(x, y)、A':(x', y'),镜片后顶点距离位置探测器感光平面长度为l,则光线入射点处的棱镜度大小为 $P =$

* 收稿日期:2006-04-24

作者简介:杨并上(1980-),男,福建厦门人,重庆大学硕士研究生,主要从事智能光电仪器等方面的研究.

$100 \times \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2} \div l$, 方向为 $\overline{AA'} = \{x' - x, y' - y\}$, 可换算成角度.

1.2 球镜度测量

被测镜片的近轴后顶焦距的倒数即为球镜度. 由图4可知, 镜片各点的棱镜度 P 与球镜度 F 之间的关系如式(1)所示:

$$F = \frac{1}{f'} = \frac{100h}{100hf'} = \frac{p}{100h} = \frac{d}{hl}. \quad (1)$$

在测量中, 移动被测镜片使光线1穿过光心(该光线的光斑位置不变), 光线2从离光线1距离 h 处穿过被测镜片, 则式(1)中的 d 为光线2的光斑位置变化 $\overline{BB'}$, l 在上文中已有描述.

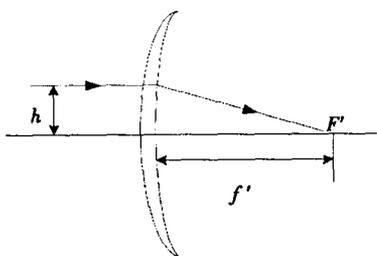


图4 球镜度示意图

1.3 柱镜度的测量

柱镜度由球镜与柱面镜联合表示, 即 $A DS/B DC \times \phi$.

图5所示点 O 为散光镜片的光心, ϕ 为散光镜片的轴向. (m, n) 坐标即光线入射点与光心的相对位置.

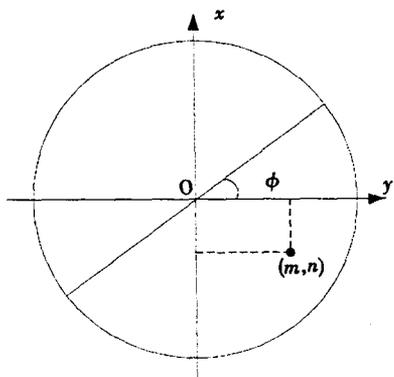


图5 散光镜片

沿 x, y 方向的屈光力为^[1]:

$$\left. \begin{aligned} F_x &= A + B \sin^2 \phi \\ F_y &= A + B \cos^2 \phi \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

由式(1)可以得到 (m, n) 点处的棱镜度的 x, y 方向分量对应为 $\begin{cases} P_x = 100 \times (A + B \sin^2 \phi) m \\ P_y = 100 \times (A + B \cos^2 \phi) n \end{cases}$, 先消去 ϕ 得:

$$P_x n = P_y m = 100 \times (2mnA + mnB). \quad (3)$$

在测量中, 移动被测镜片使得光线1经过光心, 光线2与光线1的相对位置 (m, n) 位置探测器测得, P_x 与 P_y 的计算方法如上文所述. 可见式(3)含有两个未知数 A, B . 利用光线3和光线1可以提供另外一个类似的式子. 联立两式可得

$$\begin{cases} P_{x1}n_1 + P_{y1}m_1 = 100 \times (2m_1n_1A + m_1n_1B) \\ P_{x2}n_2 + P_{y2}m_2 = 100 \times (2m_2n_2A + m_2n_2B) \end{cases},$$

以 k 来表示系数, 即

$$\begin{cases} k_{11} = k_{12}A + K_{13}B \\ k_{21} = k_{22}A + k_{23}B \end{cases},$$

解得 $A = \frac{k_{11}k_{23} - k_{21}k_{13}}{k_{12}k_{23} - k_{22}k_{13}}, B = \frac{k_{11}k_{22} - k_{21}k_{12}}{k_{13}k_{22} - k_{23}k_{12}}$ 将 A, B 代入式(2)可以求出散光轴向 ϕ .

2 可行性分析

国家标准对棱镜度允差和球镜度允差都做了明确规定^[2]. 根据现实条件, 下面的分析中具体变量取值为: $l = 120 \text{ mm}, h = 2.5 \text{ mm}, n = 1.5$, n 是被测镜片的折射率.

2.1 棱镜度误差

如果入射光线没有垂直光敏平面入射, 将会带来一定的误差. 从自身角度看, 棱镜度大小由棱镜顶角、折射率和入射光的入射角决定. 当光线以倾角 γ 入射时(相对图3), 棱镜度 $P = 100 \tan \left\{ \left(\frac{a}{2} + \xi \right) - \sin^{-1} \right.$

$\left. \left[n \sin \left[\sin^{-1} \frac{\sin(0.5a + \xi)}{n} - a \right] - a \right] \right\}$, 上式中, ξ 为 γ 在

棱镜主截面上的投影, a 为棱镜顶角. 认为光线倾斜角 $\gamma < 1.5^\circ$, 因为 $\tan 1.5^\circ = 0.026$, 意味着在 120 mm 外光斑将会有 3.1 mm 的偏移. 另外有顶角 $a < 7^\circ$. 因为在离光心 2.5 mm 处有 7° 棱镜顶角意味着该镜片的球镜度将超过 $25D$. 可以得到光线斜射时棱镜度最大误差与顶角的关系如图6所示. 该误差属于系统误差.

另外有测量带来的随机误差. 根据随机误差合成方法, 棱镜度误差分解为:

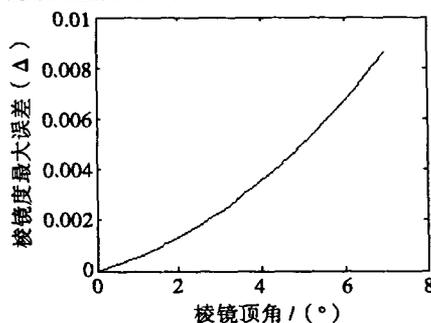


图6 因光线倾斜入射带来的误差

$$\Delta = \pm \sqrt{\left(\frac{100}{l}\Delta_d\right)^2 + \left(\frac{100h}{l^2}\Delta_l\right)^2},$$

上式中 Δd 为位置探测器测量的位置误差(两点相对位置). 则是由被测镜片基弧不同导致镜片后顶点位置变化所造成的,一般在 ± 0.6 mm(最大误差)之间. 综合光线斜射带来的误差,如果棱镜度测量允差为 $\pm 0.1\Delta^{[2]}$, 则位置探测器测量的位置误差应小于 0.108 mm.

2.2 球镜度测量误差

根据式(1),可以将球镜度误差分解为

$$\Delta_F = \frac{d}{h^2 l} \Delta_h + \frac{l}{hl} \Delta_d,$$

第1项中 Δ_h 表示光线在被测镜片内部的偏移,属于系统误差. 第2项中 $\Delta_d = \Delta_h + \Delta_c$, Δ_c 是位置探测器测量两点距离的误差. 经过分析可以得到 $\Delta_h = htF_1/n$, 最后得到

$$\Delta_F = \left(\frac{1}{l} - F\right) \frac{tF_1}{n} \pm \frac{1}{hl} \Delta_c, \quad (5)$$

即球镜度的误差表达式,式中 t 表示透镜的中心厚度, F_1 是镜片前表面的屈光度. 其中前一项是系统误差,当透镜为度数较大的正镜片时,镜片中心厚度 t 很大,需要对测得的球镜度重新校正,以消除系统误差. 在消除系统误差之后,如果要求的球镜度允差为 $\pm 0.06D^{[2]}$, 则要求位置探测器测得的两点距离的位置误差小于 0.018 mm.

2.3 位置探测器的分辨率与大小要求

对于自动数字显示式焦度计,通常要求能以 $0.01D$ 的分辨率显示球镜度结果. 根据式(1),可得,即要求位置探测器必须有优于 0.003 mm 的分辨率.

根据上述假定, $l = 120$ mm, $h = 2.5$ mm, $n = 1.5$. 如果要求量程是 $(-25D, +25D)$, 则位置探测器的感光面积至少是 15 mm \times 15 mm. 此时对应的棱镜度量程为 $(-6.25\Delta, +6.25\Delta)$.

通过上述分析可知:位置探测器的精度是实现这种测量方法的关键. 一般而言,若采用 PSD 作为位置探测器,必须校正位置误差才能保证测量精度^[3],同时要尽量减小噪声以提高测量分辨率. 如果使用 CCD,则可以通过增大光线的直径或者改进图像处理

的边缘检测算法来提高 CCD 的有效分辨率^[4-5]. 只要满足要求,PSD 器件和 CCD 器件都能达到测量目的.

3 实验结果

在实验室利用激光发光二极管和 PSD 搭建试验平台,采用 5 种国家标准镜片进行镜片顶焦度实测,结果如表 1 所示.

表 1 实际测量结果

标准镜片	第 1 次测量	第 2 次测量	第 3 次测量	最大偏差
0.00 D	+0.00 D	+0.00 D	-0.01 D	-0.01 D
+10.00 D	+9.99 D	+10.01 D	+9.99 D	-0.01 D
+20.00 D	+19.97 D	+20.03 D	+19.98 D	+0.03 D
-10.00 D	-10.02 D	-10.01 D	-10.02 D	+0.02 D
-20.00 D	-19.98 D	-19.97 D	-19.98 D	-0.03 D

4 结束语

利用基于位置探测器的 3 光线眼镜度数测量方法,可以检测出被测镜片的棱镜度、球镜度、散光度等光学指标. 根据此方法可采用激光器、CCD 器件或 PSD 器件、微型处理器、液晶显示屏等构成全自动的测量系统,具有很高的现实意义. 只要位置探测器的精度与分辨率足够高,球镜度测量的精度就可以达到 ± 0.01 D. 随着二维位置检测技术的进一步成熟,基于该方法设计的全自动焦度计将体现出很大的优势,完全可以代替国内现有的手动式焦度计和投影式焦度计,完成焦度计市场的更新换代.

参考文献:

- [1] 瞿佳主编. 眼镜学[M]. 北京:人民卫生出版社,2004. 88-94.
- [2] 国家质量技术监督局. GB17341-1998 光学与光学仪器焦度计[S].
- [3] 周正华,蒋文军,朱维乐. PSD 及其集成装置标定实验研究[J]. 电子测量与仪器学报,2000,14(4):6-9.
- [4] 李佳列,丁国清,颜国正,朱洪海. 采用 CCD 的非接触测量中提高精度的一种方法[J]. 光学精密工程,2002,10(3):281-284.
- [5] 柯玉军,张辉,刘晨. 透镜顶焦度的电子测量系统[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2002,25(S1):1072-1076.

Automatic Measuring Method of Eyeglass Lens Power

YANG Bing-shang, LIAO Hai-yang

(Key Laboratory of Optoelectronic Technology and Systems, Ministry of Education ,
Chongqing University , Chongqing 400030 , China)

Abstract: A method of measuring eyeglass lens power is proposed. A position detector and 3 beams of ray are used to measure the prismatic, spherical and astigmatic powers. Based on the method, an automatic focimeter with simple structure can be developed. The measure errors of prismatic and spherical powers are analyzed, from which it is concluded that the precision of the position detector is the key to the method.

Key words: eyeglasses; eyeglass lens power; position detector; focimeter

(编辑 张小强)

(上接第 57 页)

Technology and Application of Multi-Arc Ion Plating

JIANG Xue-feng, LIU Qing-cai, WANG Hai-bo

(State Key Laboratory of Mechanical Transmissions Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Multi-Arc Ion plating technology is an improved method of Ion plating and it is a surface coating technology that uses arc as the fountain of vaporizing. It plates rapidly with fine-tissued coat. It can be applied to many aspects such as high-rigidity coating of tools and mould and decoration coating more widely and occupy a more important place. This paper introduces the principle and characteristics of multi-arc ion plating, and on the conclusion of many studies and experiments done in the previous years, this paper also analyses the development and application of multi-arc ion plating technology in some areas. It will offer favorable reference for the study and application of multi-arc ion plating technology in future.

Key words: multi-arc ion plating; coating; TiN

(编辑 李胜春)