

文章编号 1004 924X(2004)03-0254-05

# 隐形眼镜投影测量仪的设计

廖海洋

(重庆大学 光电技术及系统教育部重点实验室, 重庆 400044)

**摘要:**提出了一种采用光学投影成像和自扫描光电二极管阵列(SSPA)传感器实现隐形眼镜曲率、光学中心厚度和直径测量的新方法,基于此方法设计成功了一种新型隐形眼镜投影测量仪。介绍了仪器的测量原理、仪器结构、光电二极管阵列信号采集以及单片机控制系统的硬件和软件设计。该测量仪测量镜片曲率半径的精度优于 $\pm 0.1$  mm,测量镜片光学中心厚度的精度优于 $\pm 0.01$  mm,测量镜片直径的精度优于 $\pm 0.1$  mm,并能分辨镜片上任何方向大于 $0.01$  mm的杂质和表面缺陷。

**关键词:**测量投影仪;隐形眼镜;光电二极管;曲率;光学中心厚度

中图分类号:TH741.5 文献标识码:A

## Design of contact lenses projection measuring instrument

LIAO Haiyang

(Key Laboratory of Optoelectronic Technology and Systems,  
Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** With the demand for contact lenses increasing, measurement instrument and technology are needed for measuring the important parameters of contact lenses. A new method is proposed to use optical projection and self-scanning photodiode array to measure the curvature, optical center thickness and diameter of contact lenses. A new instrument based on the method has been successfully designed for measuring contact lenses. Its precision is superior to  $\pm 0.1$  mm in lenses curvature,  $\pm 0.01$  mm in optical center thickness, and  $\pm 0.1$  mm in diameter. The measuring principal, special construction, signal sampling process of this new instrument and the design of the single-chip microcomputer hardware and software system are discussed in detail.

**Key words:** measuring projector; contact lenses; photodiode; curvature; optical center thickness

## 1 引言

隐形眼镜以其独特的,既能矫正视力,又兼有美容的优点,越来越受到屈光不正患者的欢迎。据全世界眼镜市场的调查,隐形眼镜的需求量在

持续增长,如美国、日本等一些发达国家,隐形眼镜的戴用人数已占全国总人口的10%左右;我国隐形眼镜戴用人数每年以15%~20%的速度增长<sup>[1]</sup>,全国已有近百家生产隐形眼镜的专门企业和无数隐形眼镜销售店。

隐形眼镜戴用人数的剧增,必然对隐形眼镜

戴用的安全性和舒适性提出更高的要求, 即要在隐形眼镜的生产、加工销售等过程中对其进行严格的质量检测, 特别是与隐形眼镜有关的参数检查和测量。因此, 研究隐形眼镜重要参数的测量方法和仪器化技术, 并由此研制开发出有效和实用的隐形眼镜测量仪, 不仅是广大戴用者保障自己生理健康和眼睛安全的愿望, 也是广大隐形眼镜生产加工企业、各级计量检测部门和销售商家的迫切要求。

鉴于国内隐形眼镜的测量方法与测量技术研究还处于起步阶段, 目前还没有一种专门用于测量隐形眼镜主要几何参数的仪器, 本文提出了一种采用光学投影成像<sup>[2,3]</sup>和自扫描光电二极管阵列(SSPA)传感实现隐形眼镜曲率、光学中心厚度以及直径等测量的新方法, 基于此方法设计成功一种新型的隐形眼镜投影测量仪, 填补了国内这方面的空白。

## 2 测量原理

根据已知长度的弦长  $Y$  测量某一球面镜片表面的弧矢高  $S$  的原理如图 1(a) 所示。由图中的几何关系有:

$$R = 0.5S + 0.125Y^2/S, \quad (1)$$

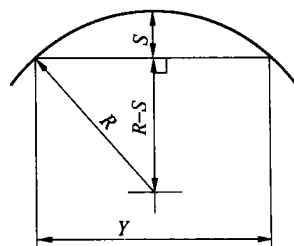
因此, 只要确定  $Y$  (设计中取 10 mm), 测出弧矢高  $S$ , 便可计算出隐形眼镜内表面的曲率半径  $R$ 。

按照图 1(b) 所示对隐形眼镜片进行定位, 当测出  $S'$  时, 可由下式计算出中心厚度  $B$ 。

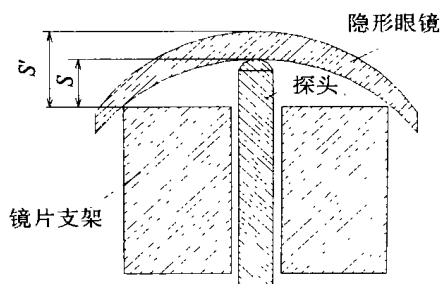
$$B = S' - S, \quad (2)$$

采用投影测量法, 将图 1(b) 所示的镜片、支架及探头一起分别成像到光电二极管阵列表面和观察接收屏上, 通过观察接收屏上的像, 使隐形眼镜片水平放置于支架上, 并使镜片中心与圆柱形支架中心重合, 移动探头接触镜片中心内沿, 然后启动 SSPA 传感器进行扫描分析, 便可测定  $S'$ ; 接着移开隐形眼镜片, 再启动 SSPA 进行扫描分析, 测出  $S$ , 由式(1)或(2)即可计算出隐形眼镜片的曲率和光学中心厚度。

隐形眼镜镜片直径的测量是采用 V 形槽直径规测定眼镜片直径的原理, 如图 2 所示。当一个圆盘滑进 V 形槽时, 它便停止在距离圆盘直



(a) 测量曲率原理图  
(a) Schematic of measuring the curvature



(b) 测量中心厚度原理图  
(b) Schematic of measuring the center thickness

图 1 测量曲率和光学中心厚度原理图

Fig. 1 Schematic of measuring the curvature and center thickness of contact lenses

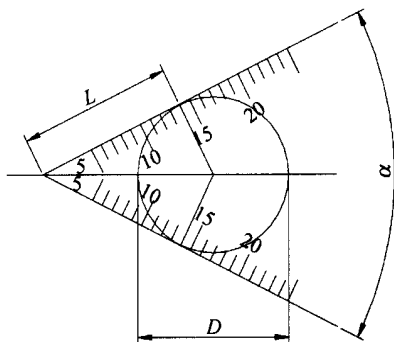


图 2 测量直径原理图  
Fig. 2 Schematic of measuring diameter

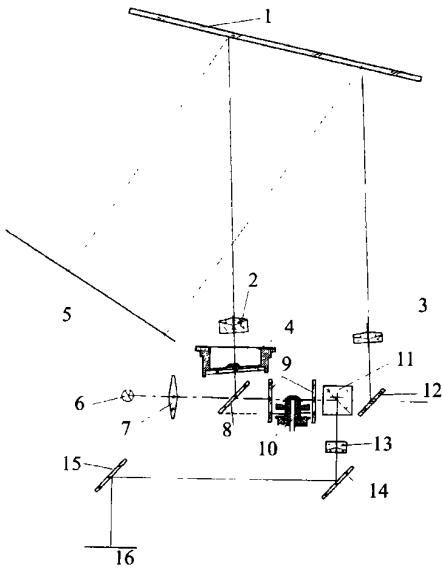
径和 V 形槽夹角所确定的槽脊一定距离的地方, 根据图中的几何关系有:

$$D = 2 \cdot L \cdot \tan \frac{\alpha}{2}, \quad (3)$$

将 V 形双标尺、V 形槽、镜片一起放大成像到观察屏上, 通过观察镜片与 V 形槽边的切点在 V 形槽边缘的刻度线上的位置获得直径的读数, 同时可以观测镜片上的杂质和表面缺陷。

### 3 仪器结构设计

隐形眼镜投影测量仪主要由光学系统、精密机械结构系统、SSPA 传感器及处理电路和单片机接口电路等几部分组成,其结构原理如图 3 所示。图中,1 为顶部反射镜;2 为测量直径用投影物镜;3 为观察弧矢高定位用投影物镜;4 为测直径用样品池及测试试样;5 为接收屏;6 为光源;7 为聚光镜;8 为反射镜 1;9 为样品池光窗;10 为测矢高用定位机构;11 为分光镜;12 为反射镜 2;13 为测量矢高用投影物镜;14, 15 为反射镜;16 为 SSPA 线阵。



1. 反射镜 2 投影物镜 3 投影物镜 4 样品池  
5 接收屏 6 光源 7 聚光镜 8 反射镜 1 9 光窗  
10 定位机构 11 分光镜 12 反射镜 2 13 投影物镜  
14, 15 反射镜 16 SSPA

图 3 仪器结构原理图

Fig. 3 Principle of the instrument structure

光源经聚光镜准直后通过可旋转的反射镜 8 反射和不反射切换成两个方向的光路。一路照射测量直径样品池,对镜片投影,测量直径及杂质和表面缺陷;另一路照射测量曲率和光学中心厚度样品池,经分光投影到观察接收屏和 SSPA 器件表面,通过定位机构定位,对镜片曲率和光学中心厚度进行半自动测量。由于隐形眼镜片,特别是软性亲水性隐形眼镜片暴露在空气中会产生变形,因此在整个测量过程中,隐形眼镜片始终置于

盛有生理试样液的样品池中。

#### 3.1 样品池设计

样品池的总体结构由 3 大部分组成:一部分为盛溶液的样品池池身,包括测量直径用样品池 1 和测量曲率及光学中心厚度用样品池 2;一部分为投影镜座,主要支撑测量矢高用投影物镜与观察矢高用投影物镜及分光、反射系统;最后一部分为测量矢高用的中心定位装置。这 3 部分组装起来构成仪器机械零件中最重要的部分,其结构如图 4 所示。测量直径取放镜片时,镊子容易碰伤分划板,造成划痕,影响观测镜片杂质和表面缺陷。因此,把测量直径用样品池 1 单独设计,在分划板损伤后可以很简单地更换,而且可以很方便取放水而不需要排水部件。测量矢高用样品池由样品池与投影镜座装配固定形成,因为镜片要在一定的生理盐水溶液中进行测量,样品池要求密封。在测量矢高用样品池的两边通光孔上各安装一块平行平板光窗来进行密封。样品池与投影镜座的装配由一个密封圈来保证密封性,同时设计有排水通道。

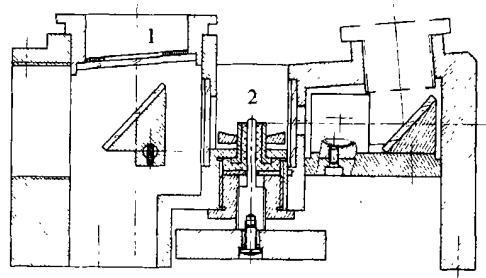


图 4 样品池结构图

Fig. 4 Structure of the sample pool

#### 3.2 测量矢高用定位机构

测量矢高用定位机构结构如图 5 所示。把隐

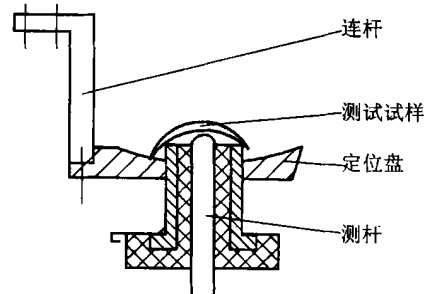


图 5 镜片定位机构示意图

Fig. 5 Mechanism of contact lenses fixed position

形眼镜片放在中心定位筒上, 当需要调整镜片的位置时, 通过手轮向上移动定位盘, 镜片较低的一边将首先接触定位盘, 并被抬高, 由于镜片本身的自重, 镜片边缘将逐渐趋向水平。当镜片离开中心定位筒后, 降下定位盘, 重新把镜片放在中心定位筒上。因为镜片是对称的, 当镜片边缘处于水平位置时, 镜片中心与中心定位筒的中心重合。

### 3.3 SSPA 信号采集及单片机系统设计

SSPA 是一种 MOS 型图像传感器<sup>[4]</sup>, 主要由光电二极管阵列和移位寄存器及多路开关组成, 可用于探测各种空间光能量的分布。根据隐形眼镜投影成像的特点, 设计的 SSPA 信号采集及单片机系统硬件接口如图 6 所示。由 1024 位的 SSPA 实现光电转换, 输出一串随光强变化的视频脉

冲, 经过视频预放、倒相放大得到一串正极性的脉冲信号, 通过平滑滤波、双重采样保持, 然后送入 8098 单片机 A/D 输入脚 ACH<sub>4</sub>, 由 8098 单片机控制进行采样、计算和显示。

将驱动源主振频率调为 100 kHz, 采用软硬件结合的办法使列阵与单片机工作于异步方式: 扫描起始信号 ST 后, 接着输出 1024 位脉冲序列, 而后积分一段时间, 又出现 ST 信号, 输出新的 1024 位脉冲序列。这样, 以扫描信号 ST 作为单片机与列阵同步的标志信号, 并且在一次 ST 信号后只量化 1024 位脉冲中的某一位, 下一个 ST 信号后量化下一位, 由通过 8255A 端口 A, 端口 B 预置选择位的 12 位减 1 计数器控制, 顺次便可准确量化 1024 位脉冲的幅值<sup>[5]</sup>。

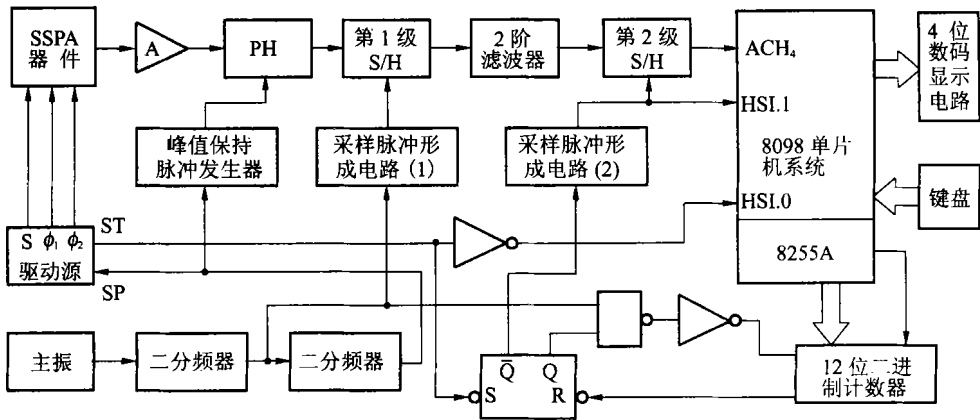


图 6 测量仪器硬件电路原理框图  
Fig. 6 Hardware system of the instrument

为了提高系统的尺寸分辨率, 在接口电路中采用了将采样保持后的信号经滤波后再采样的双重采样电路。后一采样电路的采样脉冲间隔为前一采样电路的一半, 即将原来的 1024 位倍增为 2048 位。

### 3.4 测量控制软件

隐形眼镜投影测量仪的软件程序由若干程序模块组成, 主程序和采样程序的流程如图 7 所示。在开机或按动复位键后, CPU 从 2080H 单元开始取指执行, 首先对系统初始化, 主要有设置 I/O 口

控制寄存器状态、堆栈指针、显缓区首址、采样数据存放区首址、初始化必要的寄存器等。在采样程序中, 检测 ST 信号需开放 HSL0 中断, 在 HSL0 中断服务程序置待采样脉冲位选值并查询被检脉冲位峰值电平是否保持, 一旦保持立即启动 A/D。当发出 A/D 转换启动命令后, AD-RESULT(L0) 中的 S 位, 即表示 A/D 转换忙或空闲下来的标志位, 它要经过 8 个状态周期才有效, 因此软件设计延时 20 μs 之后才对其进行查询。

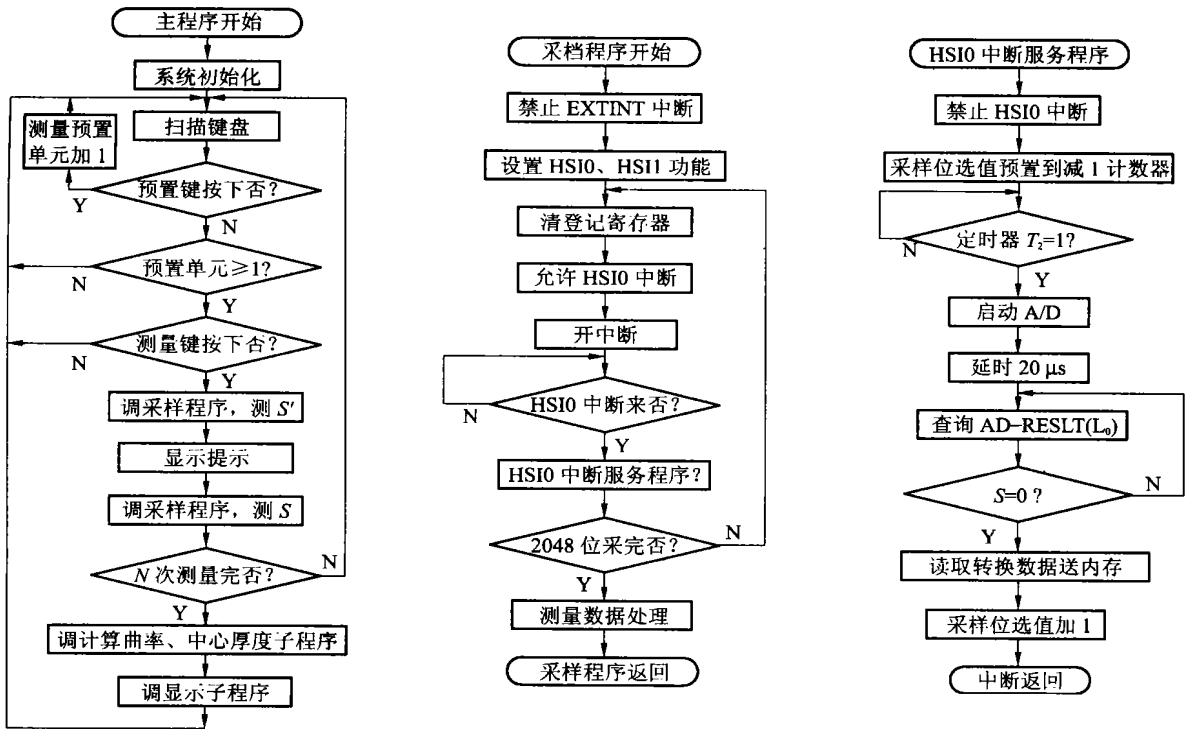


图 7 测量主程序和采样程序流程图

Fig. 7 Flow chart of main program and sampling program

## 4 结 语

本文介绍的隐形眼镜投影测量仪经过 1 年多的设计研制及改进, 取得了成功, 研究成果填补了国内空白。其测量隐形眼镜镜片曲率半径的精度优于  $\pm 0.1$  mm, 测量镜片光学中心厚度的精度优

于  $\pm 0.01$  mm, 测量镜片直径的精度优于  $\pm 0.1$  mm, 并能分辨镜片上任何方向大于 0.01 mm 的杂质和表面缺陷, 具有操作简单, 使用方便, 工作稳定可靠等特点。目前该仪器已批量生产应用于大多数隐形眼镜生产企业及一些计量部门, 少量出口到韩国、台湾等地。

## 参考文献:

- [1] 谢培英. 角膜接触镜[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998.  
XIE P Y. *Contact lenses* [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 1998. (in Chinese)
- [2] 林棋榕. 激光 CCD 实时、无接触、动态线径测量的研究[J]. 光学 精密工程, 1997, 5(2): 109-115.  
LIN Q R. Laser CCD system for real time, non contact and dynamic measurement of wire[J]. *Optics and Precision Engineering*, 1997, 5(2): 109-115.
- [3] 赵斌, 颜伟彬. 双光源投影法细丝直径测量[J]. 光学 精密工程, 2003, 11(2): 171-175.  
ZHAO B, YAN W B. Measurement of wire diameter by two point sources projection[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2003, 11(2): 171-175.
- [4] Blackman S S. *Multiple target tracking with radar applications* [M]. Artech House, 1986. 86-87.
- [5] 袁祥祥. 固体图像传感器及其应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1992, 68-77.  
YUAN X H. *Solid image sensor and its application* [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1992. 68-77. (in Chinese)

作者简介: 廖海洋(1956-), 男, 广西人, 现为重庆大学光电技术及系统教育部重点实验室副教授, 主要研究方向为计量测试技术、智能化光电仪器等。