

# 显微物镜光学传递函数测定

迟 学 芬

**摘要:** 本文介绍了显微物镜光学传递函数测定仪的工作原理、电路设计、软件系统设计 and 该仪器的性能测试结果, 使用效果。

## 一、前 言

目前, 国内外显微镜生产厂家和检验部门对显微镜成像质量的检验大部分都以目视星点检验为主。目视星点检验不能定量, 而且和人的主观因素有关, 不能客观地准确反映显微镜成像质量。为此, 最近有少数单位研制了波差测定干涉仪, 用干涉法检验显微镜成像质量。可是, 干涉仪检验反映不出杂光的影响, 有的显微镜虽然波像差小, 干涉检验的结果是好的, 但由于杂光大, 对比度不好, 使用效果差。我们研制的显微物镜光学传递函数测定仪, 用光学传递函数评价显微镜成像质量, 克服了目视星点检验和干涉检验的不足。

显微物镜一般是成像质量理想, 数值孔径很大的光学系统, 它的光学传递函数接近理想, 并且空间频率很高。目前, 据国内外对显微物镜光学传递函数测定的报导, 所能测到的最高空间频率为 $2000c/mm$ , 而我们研制的显微物镜光学传递函数测定仪, 由于使用了理想的星点目标, 采用了良好的信号接收、数据处理方法, 测到的最高空间频率可达 $4000c/mm$ , 接近显微物镜的截止频率, 可以客观、全面的评价显微物镜的成像质量。

## 二、仪器的工作原理

星点目标物经待测显微物镜, 成像在像面上, 仪器的原理示意图如图 1。

线性凸轮推动扫描狭缝, 对星点像进行扫描, 并由光电倍增管接收星点像能量信号。该信号经放大电路放大后, 进入 A/D 转换器的模拟量输入端、经 A/D 转换, 由 IBM PC 主机读入内存。经微机数据处理、快速傅立叶变换后, 显示器输出测得的显微物镜线扩散函数图形、

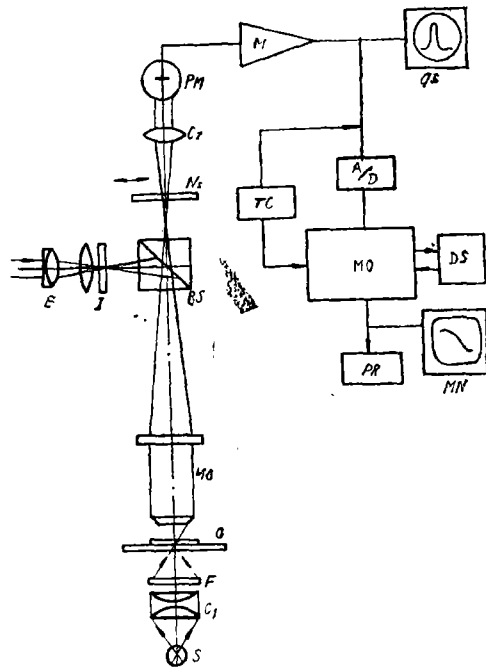


图 1

光学传递函数图形，打印机输出所需的各种数据。

### 三、仪器的电路设计、计算机接口设计

仪器的硬件电路主要包括三大部分：信号接收放大电路、中断定时电路、计算机接口电路。高倍显微镜数值孔径很大，理想衍射盘半径是 $\lambda/2$ 的量级，因此，作为目标的星点半径必须小，通过光学系统的光能量也就微弱。我们采用特制的高灵敏度光电倍增管和快速低噪声运算放大器，完成了弱信号的接收、放大、得到了理想的信噪比。

快速傅立叶变换（FFT）程序的精度，取决于在像面上的采样是否均匀。FFT的精度影响我们评价显微镜成像质量的准确度。因此，中断定时电路的精度至关重要。

我们选用8253可编程间隔定时器作为中断脉冲控制发生器，8253和其它电路结合，形成中断定时电路。8253的工作方式可由软件控制，这给实验和实际测试带来极大方便。当需要改变采样频率和采样区域时，只需改变控制程序，无需做硬件电路的调整，这保证了中断定时的稳定性和可靠性。

我们选用A/D 574做为模数转换器。574和8253芯片，及其它控制电路，译码电路等，集成在一块线路板上，插入IBM PC机机箱内的扩展槽。A/D 574和8253作为CPL的一个外设，主机对它们进行直接寻址。并用软件命令控制它们的工作状态。

### 四、仪器的数据处理系统

该仪器的软件包括数据采集和数据处理两部分。

我们用8088汇编语言完成了数据采集软件，该部分作为一个子程序，用Basic语言主程序调用。

数据处理软件主要包括平滑处理、数据重排序、背景噪声处理、快速傅立叶变换、插值、图形显示。

### 五、仪器的性能分析及测试

该仪器的精度取决于仪器的信号接收和处理系统（包括光电接收、中断定时电路、A/D转换、数据处理等）能否正确地采集和处理像面上的光学像的光强分布。为此，该仪器的性能测试以测试像面上的狭缝像为主。

该仪器，对于轴上点MTF测试，在显微镜的像面上，空间频率 $10c/mm$ 以内，MTF最大误差不超过3.1%。

重复性测试得出，在像面空间频率 $10c/mm$ 以内，MTF标准偏差为0.92%。

### 六、显微镜实测结果

我们用该仪器对中、高倍显微镜进行了测试，从测试结果分析，该仪器测得的光学传递函数正确反映了显微镜的成像质量，并且和目视星点检验的结果一致。

参 考 文 献

- [1] P.Kuttner, Applied Optics, 7, No.6, 1968, p1029
- [2] P.Kuttner, Optical Engineering, 22, No.4, 1983, p473

## OTF Measurement of a Microscope Objective

Chi Xuefen

### Abstract

This paper introduces the principle of measuring the OTF of the microscope, objective, including the device of the electrical circuit, the software and the instrument performance and the testing results as well.