

激光扫描显微镜中的扫描系统

张景和 袁雅珍 阮 锦

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要:叙述了扫描系统在激光扫描显微镜中的作用,扫描器的位置调整。推导出由于扫描器位置的变化而引起的光程变化,提出了机械设计要求。

关键词:扫描,激光扫描显微镜,机械设计

1 引言

近十几年来,激光扫描显微镜的研制和应用已经越来越受人们的重视^[1-2]。目前,激光扫描显微镜已在半导体集成电路、生物、医学、地质等领域中得到了广泛的应用。激光扫描显微镜中的扫描系统,在整个仪器中的作用是非常关键的。扫描器的扫描质量和位置调整直接影响了成像质量和仪器的分辨率。正确选择扫描方式,对检测效率及设计工艺都是很重要的,本文主要介绍我们所研制的激光扫描显微镜采用的扫描系统,推导出由于扫描点位置变化所引起的光程变化,从而提出了扫描系统机械设计的技术要求。

2 激光扫描系统

在激光扫描显微镜中,扫描是非常重要的环节。扫描通常有两种方式,一种是固定光束,扫描样品;另一种是固定样品扫描光束。这两种扫描形式各有优缺点。第一种称为载物台扫描,由这种方式构成的激光扫描显微镜原理如图1所示。由于光束不动,所以光学系统设计比较简单,只要校正轴上和近轴像差就可以。但由于载物台运动,对样品与载物台相对稳定的要求很高,使得扫描速度不会很快。第二种扫描方式为样品固定,靠光束运动实现扫描。这样尽管使光学系统复杂了一些,但扫描速度可以大大提高,这对于提高检测效率是十分重要的。因此,近年来设计的激光扫描显微镜,几乎都采用光束扫描的形式。我们所研制的激光扫描显微镜是采用了光束扫描方式,对 512×512 图像的扫描、数据处理及成像时间最大为20秒。下面主要介绍光束扫描的扫描系统:

(1) 扫描系统及其作用

实现光束扫描的方法很多,总的可以分为振镜扫描、多面体扫描和声光偏转器扫描等。实现光束扫描时,主要应解决扫描线性度、扫描同步、速度等问题。根据不同的设计选择不同的扫

描方式是十分重要的。图 2 是我们所设计的激光扫描显微镜的光路图,它采用的就是光束扫描系统。激光器经扩束器后,变成了光斑直径为 3mm 的平行光,经扫描角为 $\pm 3.4^\circ$ 的行扫描器扫描。行扫描光线经物镜、半反半透镜、反射镜后,到达扫描角为 $\pm 1.1^\circ$ 的场扫描器,再进行场扫描。行扫描和场扫描光线,经聚光系统和显微物镜后到达物面。从物面返回的光信号,由 CCD 光电元件接收。

由图 2 可见,扫描系统的扫描质量和位置精度影响了成像质量。行扫描在物面 X 方向扫描,线扫描长度 1mm;场扫描在物面 Y 方向上扫描,线扫描长度 1mm。扫描器在激光扫描显微镜中的作用是,使聚焦到物面上的光点实现二维匀速运动,将标本的画面信息一点一点地取出,再由计算机合成再现整个画面。

(2) 扫描系统的调整

在激光扫描显微镜中,扫描器位置调整得好坏,直接影响到成像质量。下面以行振荡为例,讨论扫描器的装调误差对成像质量的影响。

a. 扫描器的转轴不垂直于 XOZ 平面,与 Y 轴有一夹角 α ,见图 3。这种情况下,光线扫描时在物面上形成的光点就不是一条直线,而是一条曲线。曲率的大小与夹角 α 有关。 α 角越大,物面上的曲率就越大。根据激光扫描显微镜成像原理,成在像面上的像也将是条曲线。

b. 扫描器的转轴与 XOZ 垂直,但转轴中心不在光路的坐标点上,而是在 Z 方向有一个偏离量 b ,见图 4。从投影图上看,由于偏离量 b ,使得光程发生了改变。如果中继物镜的位置不变,不仅光程有了改变,而且不会产生轴外光,影响了成像质量。这种情况在入射光线和反射光线成直角时更为明显。

c. 扫描器的转轴与 XOY 平面垂直,但转轴的中心在 X 方向上有一偏离量 α ,见图 5。从投影图上看,如果入射光束的中心不变,扫描器的扫描角为 $\pm\beta$,那么也可以看到光束在扫描时,光程随着扫描角的变化而变化。像面上的像点也就不会稳定。按图 5 的几何关系可知:

$$Y_1 = \alpha - atg(45^\circ - \beta) = 2atg\beta/(1 + tg\beta) \quad (1)$$

$$Y_2 = \alpha + atg(45^\circ + \beta) = 2atg\beta/(1 - tg\beta) \quad (2)$$

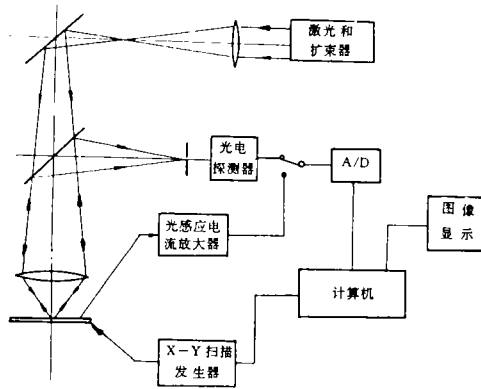


图 1 激光扫描显微镜原理图

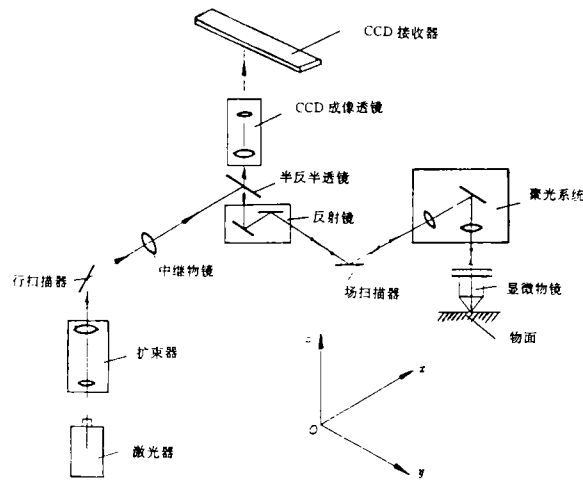


图 2 激光扫描显微镜光路图

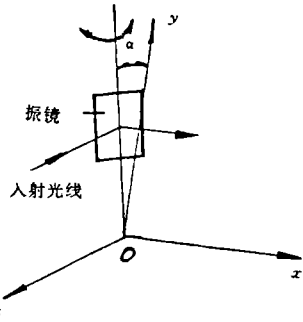


图 3 扫描器转轴不垂直于 XOZ 平面

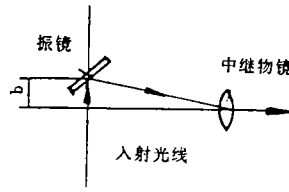


图 4 扫描器转轴垂直于 XOZ 平面

光程变化函数 $F(\beta)$ 为:

$$F(\beta) = Y_1 + Y_2 = 2\alpha + 4atg^2\beta / (1 - tg^2\beta) \quad (3)$$

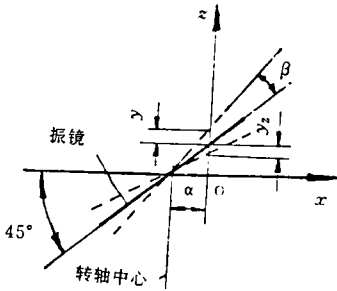


图 5 扫描系统几何关系

3 扫描系统的机械结构设计

我们研制的激光扫描显微镜,其扫描系统的机械结构如图 6 所示。它具有以下功能。

(1)扫描器能沿 X 轴、Y 轴转动,以便于扫描器垂直于 XOY 平面的调整。由图 6 可见,振镜 1 在锁紧杆 12 上可绕 X 轴转动,到位时由锁紧钉 11 锁紧。锁紧杆 12 带着振镜在锁紧座上可绕 Y 轴转动,到位时由锁紧螺母 3 锁紧。这样就可以实现扫描器的转轴和振镜面垂直于 XOY 平面的调整,并保证调整的稳定性。

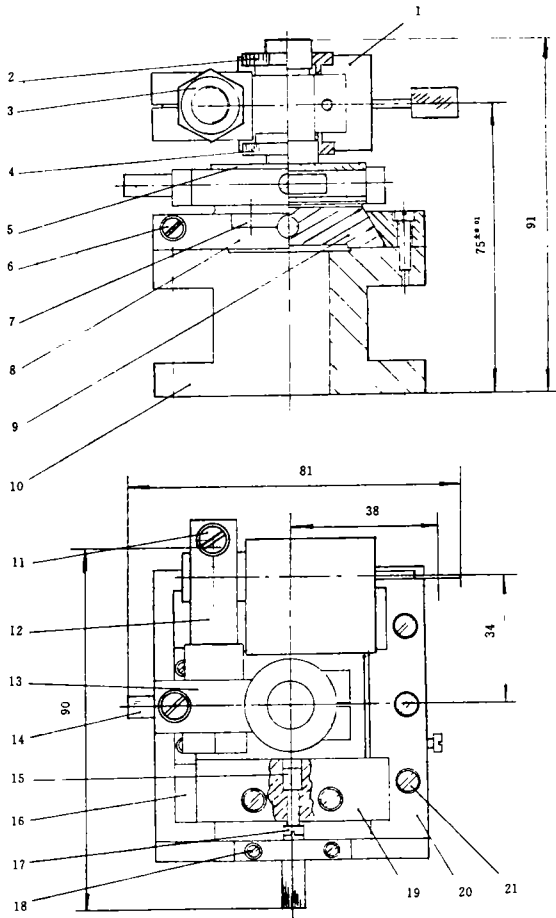


图 6 激光扫描显微镜扫描系统的机械结构

(2)扫描器能沿 X 轴、Y 轴方向调整,以使扫描振镜的中心对准光路座标点。由图 6 可见,转动调整杆 14,可使上燕尾 5 带动振镜 1 沿 X 轴调整。同样,转动另一调整杆,可使下燕尾 9 带动振镜 1 沿 Y 轴调整,这样的调整,就可以使振镜面的中心与光路座标点的位置相重合。

(3)扫描器能沿 Z 轴调整,以使振镜的中心对准激光束中心。由图 6 可见,调整上锁圈 2 和下锁圈 4,就可使振镜上下移动,以达到对准激光束中心的目的。

(4)扫描器能绕 Z 轴转动,以调整光束 45°的反射。从图 2 上可以看出,激光束在行扫描器和场扫描器处,都要进行 45°角反射。那么图 6 的锁紧座 13,可带动扫描振镜在上燕尾 5 的立柱上(即 Z 轴)转动,以达到激光束 45°反射的目的。

实验结果表明,这种扫描系统的机械结构设计,完全满足了扫描系统的要求,使整机的成像质量达到了理想的结果。

4 结 束 语

通过对扫描系统及扫描器的讨论,使我们认识到了扫描器在整体系统中的重要性,对扫描系统机械结构的设计有了理论指导。实践证明,我们设计的调整机构满足了各种调试要求,保证了激光扫描显微镜的精度,使整机的分辨率达到了 0.5 μm 的精度。

参加激光扫描显微镜研制工作的还有:郝志航、胡家升、安瑞霞、匡裕光、杨桂芹、赵文才等。

参 考 文 献

- [1]Y. Ichioka, et al., Digital Scanning laser microscope. Applied Optics, 1985, 24(5): 691-696
- [2]V. Wilke, Optical Scanning Microscopy—The Laser Scan Microscope. Scanning, 1985, 7: 88-96

Scanning System In Laser Scanning Microscope

Zhang Jinghe, Yuan Yazen and Ruan Jin

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

Abstract

In this paper, the scanning parts of the scanning microscope and its adjustment are described. The relationship between the change in optical path and that in the position of the scanning parts are found and finally the requirement of the mechanical design is given.

Key words: Scanning, Laser scanning microscope, Mechanical design