

文章编号: 1001-3806(2005)05-0558-03

## 基于 LCD 的扫描显微镜扫描机理

席庆奎, 朱日宏, 陈 磊, 李迎春, 白雪莲  
(南京理工大学 电光学院, 南京 210094)

**摘要:** 为改进扫描显微镜, 提出了一个新的光电扫描方法与装置。此装置采用了一个液晶显示器 (LCD), 它形成偏相位空间光调制器。该电寻址液晶显示器可形成不同的衍射光学元件。利用相移, 可以完全控制扫描束的位置与焦点。当它被放入扫描显微镜中试用后, 发现其效果良好, 这表明液晶显示器可作为扫描显微镜扫描装置的关键部件。

**关键词:** 光电子学; 液晶显示器; 扫描显微镜; 数字图像处理; 编程

**中图分类号:** TN141.9 **文献标识码:** A

### Scanning method for scanning microscope with a liquid crystal display

XI Qing-kui, ZHU Ri-hong, CHEN Lei, LI Ying-chun, BAI Xue-lian

(School of Electron and Photoelectron, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** To improve a scanning microscope, a new optoelectronic scanning method and device is proposed. The device is based on a liquid crystal display (LCD), to form a phase-most spatial light modulator. The electronic addressed liquid crystal display forms different diffractive optical elements. The phase shift introduced by these elements makes it possible to control the position and focus of the scanning beam. With a LCD used in a scanning microscope, good result is achieved, which indicates that the liquid crystal display can be used as the key element of the scanning system of the scanning microscope.

**Key words:** optoelectronics; liquid crystal display (LCD); scanning microscope; digital image processing program

## 引 言

在新的生物学医学诊断技术等方面, 扫描显微镜荧光样品图像处理发挥了一个重要的作用。但目前仍存在的问题是采集生物样品图像时, 其系统的扫描误差较大、精度较低。为改进扫描显微镜, 人们作了许多努力, 试图创造新的、可靠的扫描方法与器件。例如, KM 等人利用高速旋转多角镜, 飞快扫描样品<sup>[1]</sup>。这种共焦显微镜多角镜系统的空间信息通过光栅扫描进行编码。此扫描系统用了一个光调制镜, 一个快速旋转的多角镜, 和一个快速光栅扫描的照明光源。BRAKENHOFF 等人采用了双侧扫描技术<sup>[2]</sup>, 它是线性扫描的。常常为减少采集图像的时间, 人们采用线状光源, 而不用点状光源照明样品。其线状扫描光源可用柱面镜得到。线状荧光图像可用光电耦合器 (CCD) 获得。STRAUB 等人采用多焦点照明的方法<sup>[3]</sup>。这种照明基于用户设计制造的、特别排列的扫描透镜组, 它在光阑面上, 会聚成多个焦斑。这微透镜

组被排成螺旋形, 以致磁盘快速转动可快速照亮焦平面。多焦点的扫描也有牢靠、稳定的特点。FAN 等人利用共振光调幅器驱动扫描镜<sup>[4]</sup>, 在样品平面的两个方向以视频速度逐点检测。在共焦显微镜中, 用共振光调幅器进行水平扫描。和线激发模式相比, 转动微透镜组方式不需要作空间判别荧光点, 并增加了接收率。点扫描意味着发射通道也可同时接收, 以及很好的记录信息。

本文中叙述了一个基于液晶显示器的扫描显微镜扫描机理。它采用液晶显示器 (LCD) 形成二元位相编码菲涅耳透镜。这 LCD 被作为空间光调制器, 具有 XGA 分辨力 (1024 × 768), 工作时处于偏相位状态<sup>[5]</sup>。此显示器能以视频速度生成不同的衍射光学元件, 控制光束。此显微镜采用了物理位置不动的扫描元件 LCD, 可作较高精度地测试。该系统的特点是通过编程选择样品面上的扫描区域, 并可轴向调整光斑的上下位置, 即作第 3 维扫描。据此, 对北京清大公司 bLSCM-2001 型扫描显微镜作了改进, 实验结果较好。

## 1 扫描装置与机理

一般 LCD 由极薄液晶层外加两玻璃片构成。其扭曲角从一面到另一面为 90°。通过外电场其液晶分

作者简介: 席庆奎 (1959-), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为光电工程测试及图像处理压缩。

E-mail: qkxi@njau.edu.cn

收稿日期: 2004-08-01; 收到修改稿日期: 2004-12-22

子方向被调整。液晶显示器目前具有高分辨力,并可被电寻址,还可通过调节椭圆偏振片的位置得到偏位相或偏振幅的状态。故它常被用作实时处理的衍射光学元件。本实验将 LCD 作为扫描显微镜的扫描元件。

简略地说,基于 LCD 扫描显微镜的扫描机理是:被测样品不动,利用 LCD,将光线在样品面上移动。由于 LCD 是电寻址的,所以,被制作的菲涅耳透镜可逐点移动。那么经此出来的光线也可逐点在样品上移动,即实现光线扫描。

图 1 为基于 LCD 的扫描显微镜扫描系统示意图。

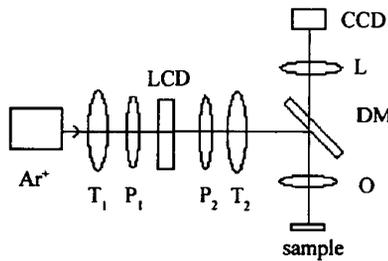
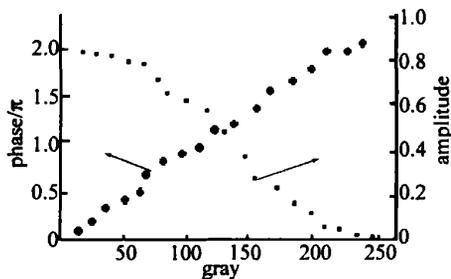


Fig 1 Scheme of the scanning system

它采用氩离子激光器 (10mW)。光线从激光器发出,经  $T_1, P_1, LCD, P_2, T_2$ , 过 DM, O, 照射到样品表面,产生荧光。然后,这荧光又通过 O, DM, L, 最后被 CCD 接收。因为 LCD 上被垂直照射面积的大小决定了透镜焦距的长短。那么当前后移动镜头  $T_1$  的位置,就调整了光斑照射到 LCD 上的面积,也就调节了焦距的大小。后级镜头  $T_2$  放在光路中,让很小的光束通过。分光镜 DM 传递照明光束到物体上,并传递荧光投射到 CCD 上。当 LCD 放在两偏振片 ( $P_1, P_2$ ) 之间时,适当旋转  $P_1$  与  $P_2$  的角度,可形成偏相位空间光调制器。另调节偏振片之间的相对位置,可得到最大的光通量。

此显微镜系统的扫描范围由 LCD 的位相调制能力和分辨力决定。它采用了 SONY 公司制造的 LCX023 型 LCD, 其大小为  $26.62 \times 19.96$ , 分辨力为  $1024 \times 768$ , 像素中心到中心的距离为  $26.0 \mu\text{m}$ 。为了解 LCD 的性能,根据位相与振幅分别是灰度的函数,测量了灰度与位相、灰度与振幅的关系曲线图<sup>[5]</sup>。首先,将 LCD 置于偏位相调制模式,其调节方法是:用一束平行光照射 LCD; 旋转其偏振片  $P_1$ , 使其偏振方向与液晶板前面的分子取向一致; 旋转检偏片  $P_2$ , 眼睛



2 Phase modulation and amplitude modulation introduced by gray

直接在检偏片  $P_2$  后观察两不同灰度矩形的图像分界线消失时,对应的 LCD 即处于偏位相态。然后采用光学双缝干涉原理,测量 LCD 的位相调制特性。类似地,也可测出 LCD 的振幅调制特性。图 2 表明了位相、振幅受灰度调制的关系。其中,位相调制可达  $360^\circ$  范围。一般对于一个好的 LCD 来说,它的最大位相变化须是  $2\pi$ 。显然,实验的 LCD 是一个较好的光学元件。

## 2 菲涅耳透镜制作

本文中以球面镜为例,说明基于 LCD 的二元菲涅耳透镜制作过程。二元菲涅耳透镜的设计是由计算机完成的,根据使用波长、焦距、孔径和要求的量化级次,在 LCD 上画出许多同心圆,形成所需的菲涅耳透镜<sup>[6]</sup>。

如制作方形透镜,它的边长为  $a$ , 条纹级次为  $L$ , 透镜的焦距与孔径之比为  $F$ , 那么最细条纹结构为:

$$w = \frac{2\lambda F}{L} \quad (1)$$

根据此原理,制作了二元位相型菲涅耳透镜。这里量化级数选为 8。由于 LCD 的像素灰度可逐点在  $0 \sim 255$  之间选择,为了形成图 3 中的灰度变化的效果,可让这些同心圆的灰度逐条、有规则地减少,最终形成图 4。

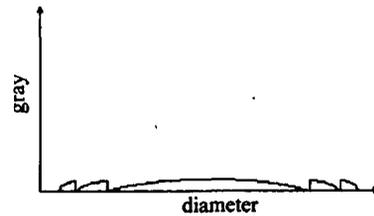


Fig 3 Relationship between diameter and gray of the Fresnel lens

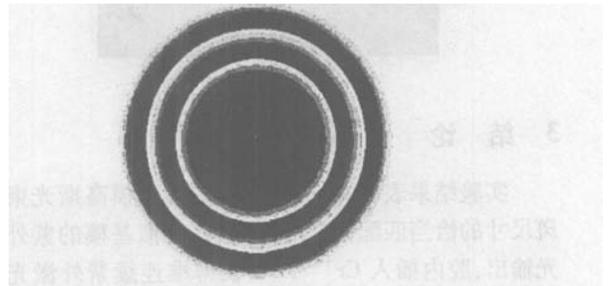


Fig 4 Fresnel lens based on LCD

## 3 实验与结果

通过编程,在 LCD 上形成不同的衍射元件,产生各种扫描动作。例如,在扫描显微镜中,通过编程产生一系列球面镜(每个具有不同的焦距),即 LCD 成变焦的球面镜,使焦点作轴向扫描。LCD 也可成线性相位楔,使光斑在水平方向作侧向扫描。因为可变角度的楔产生了侧向扫描。随着楔角改变,光束侧向位移。一般通过柱面镜、线性楔可整线整线地扫描。

测试了如图 5 所示的装置的扫描性能。LCD 连接

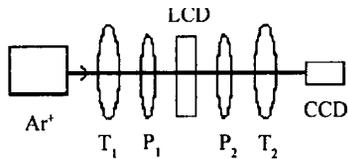


Fig 5 Set up used to test the capabilities of the scanning system

到 PC,受其视频信号控制,形成不同的衍射元件。在 CCD 的接收面上,楔即可使光线在  $x$  方向产生扫描,也可在  $y$  方向上移动。图 6 中 R 是扫描图型。实验中,还编程产生了柱面镜,并让柱面镜产生线状光斑。

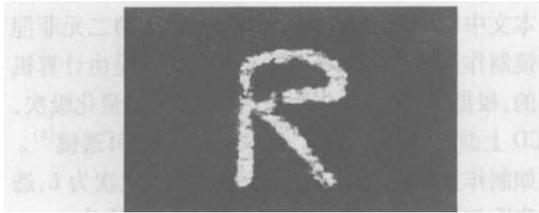


Fig 6 R shape produced by wedge lens

## 4 小结

给出了一个基于 LCD 的理想扫描装置。此调制器为可编程调整光源聚集系统,产生任意的扫描图形。

该系统的具有几个特点,一是既可逐像素扫描,又可通过编程产生焦点可变的球面镜等元件,并可同时产生不同的光学元件。第 2 个特点是以视频速度生成光学元件。第 3 个特点是精度较以前提高,因为整个系统没有采用机械的扫描方式<sup>[7]</sup>。

## 参考文献

- [1] KM K H, BUEHLER C, SO P T C. High-speed, two-photon scanning microscope [J]. *Appl Opt*, 1999, 38 (38): 6004~6008.
- [2] BRAKENHOFF G J, SQUIER J, NORRIS T. Real time two-photon absorption microscopy using multi point excitation [J]. *Journal of Microscopy*, 1996, 181 (3): 253~257.
- [3] STRAUB M, HELL S. Multifocal multiphoton microscopy: a fast and efficient tool for 3-D fluorescence imaging [J]. *Bioimaging*, 1998, 24 (6): 177~180.
- [4] FAN G Y, FUJISAKI H, MIYAWAKI A. Video-rate scanning two-photon excitation fluorescence microscopy and ratio imaging with camera lenses [J]. *Biophysical Journal*, 1999, 76 (5): 2412~2415.
- [5] 陈怀新,隋展,陈栋培 *et al* 液晶电视 (LCTV) 的光学调制特性及其应用 [J]. *中国激光*, 2000, 27 (8): 741~745.
- [6] FAKLIS D, MORRIS G M. Spectral properties of multiorder diffractive lenses [J]. *Appl Opt*, 1995, 34 (14): 2464~2467.
- [7] 胡茂海,陶纯堪,杨晓春 *et al* 一种适用于激光共焦扫描显微镜的体绘制 [J]. *激光技术*, 2002, 26 (6): 419~420.

(上接第 515 页)

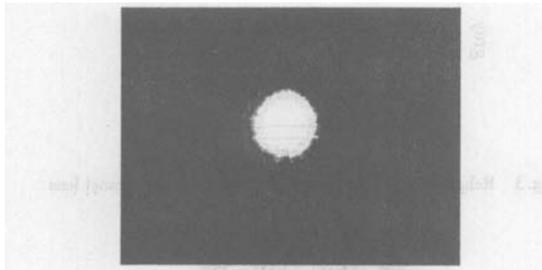


Fig 5 Near field laser spot

## 3 结论

实验结果表明,通过抽运光斑和基模高斯光束光斑尺寸的恰当匹配,可方便地获得近似基模的紫外激光输出,腔内插入  $\text{Cr}^{+4}$  YAG 获得准连续紫外激光的方法简便、可靠,有利于器件的小型化。实验发现

CW LD 端面抽运方式,激活介质热透镜效应严重,如何有效地散热极其重要。

## 参考文献

- [1] CHEN Y F, HUANG T M, KAO C F *et al* Optimization in scaling fiber-coupled laser-diode end-pumped lasers to higher power: influence of the thermal effect [J]. *IEEE J Q E*, 1997, 33 (8): 1424~1429.
- [2] AGNESIA, ACQUAS D, PICCINNI E *et al* Efficient wavelength conversion with high-power passively Q-switched diode-pumped neodymium laser [J]. *IEEE J Q E*, 1998, 34 (8): 1480~1484.
- [3] 张彪,侯学文,李宇飞 *et al* 端面泵浦 Nd:GdVO<sub>4</sub> 的热焦距及基频运转 [J]. *光电子激光*, 2002, 13 (9): 920~922.
- [4] 刘均海,卢建仁,吕军华 *et al* 高功率半导体激光器端面抽运连续固体激光器谐振腔的设计 [J]. *中国激光*, 2000, 27 (1): 7~10.
- [5] 张行愚,赵圣之,王青圃 *et al* 激光二极管抽运的激光器热透镜效应的研究 [J]. *中国激光*, 2002, 29 (9): 777~781.
- [6] 吕百达. *激光光学* [M]. 成都:四川大学出版社, 1992. 171, 234~254.