

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0326-03

# 激光扫描系统的设计与曝光量分析

胡居广<sup>1,2</sup>, 张百钢<sup>1</sup>, 徐德刚<sup>1</sup>, 王鹏<sup>1</sup>, 姚建铨<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>天津大学激光及光电子研究所, 天津 300072; <sup>2</sup>深圳大学师范学院物理系, 广东 深圳 518060)

**摘要** 设计了用于 PAL 电视信号的转镜-振镜激光扫描系统, 转镜面数  $n=40$ , 转速  $\omega=390.625$  r/s。得到了屏上行扫描光斑移动速度的解析公式。依此公式得到屏上水平方向的曝光量(或图像畸变)的特点, 即画面左右两边缘也就是行的始末点的曝光量约为中间  $32 \mu\text{s}$  时刻曝光量的 97.7%。

**关键词** 激光扫描; 曝光量; 多面体转镜; 图像畸变

**中图分类号** TN911.73

**文献标识码** A

## Design of Laser Scanner System and the Analysis of Exposure Amount of the Image

HU Ju-guang<sup>1,2</sup>, ZHANG Bai-gang<sup>1</sup>, XU De-gang<sup>1</sup>, WANG Peng<sup>1</sup>, YAO Jian-quan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>*Institute of Precision Instrument, Institute of Laser and Opto-Electronics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;*  
<sup>2</sup>*Normal College of Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518060, China*)

**Abstract** The polygonal mirror-flat rotating-vibrating mirror laser scanner system is designed for PAL standard TV signal. The polygonal mirror has 40 facets and its rotating speed is  $\omega=390.625$  r/s. An analysis solution is obtained for horizontal scanning velocity of laser point on the screen. Based on the solution, it is found that exposure amount at the beginning (or end) of horizontal scanning line is 97.7% of that at the middle time of  $32 \mu\text{s}$ .

**Key words** laser scanner; exposure amount; polygonal mirror; image aberrance

### 1 引言

目前激光扫描主要有: 机械转镜-振镜系统扫描、谐振镜扫描、检流计扫描和全息扫描等<sup>[1-7]</sup>。其中机械转镜-振镜系统扫描因精度高、扫描角大、光损耗小、适于各种波长的扫描、抗干扰的性能强、回转速度快、结构简单直观而受到广泛应用。

设计了适用于 PAL 电视信号的机械转镜-振镜扫描系统, 即要实现行频为 15625 Hz, 场频为 50 Hz 的图像扫描。转镜面数  $n=40$ , 转速  $\omega=390.625$  r/s, 相比德国设计的  $\omega=1250$  r/s(即 75000 r/min)转速大大降低<sup>[8]</sup>, 这样可以降低对电机的要求, 而且易于控制, 提高系统的稳定度。并对此扫描系统进行扫描过程进行仔细分析, 得到了屏上行扫描光斑移动速度的解析方程式。依据此方程式得到屏上水平方向的曝光量(或图像畸变)的特点, 即画面两边缘也就是行的始点(或末点)的曝光量约为中间的 97.7%。

为进一步的图像畸变修正工作提供了依据。

### 2 扫描系统结构设计

图 1 为激光扫描系统的结构示意图, 图中正  $n$  面转镜以六边形示意。被调制的激光束入射到转镜的一个面上, 反射光射到振镜上, 再被反射到屏幕上, 随着转镜的旋转, 入射光斑会在振镜扫描出一条线, 同时在屏幕上也扫描出一条线, 这就实现了行扫描。如果振镜同时振动就可在整个屏幕上扫描出画面。这就是此系统的工作原理。图中  $l_1, l_2$  分别为转镜的当前反射镜面中心到振镜的镜面中心的距离, 以及振镜的镜面中心到屏幕中心的距离。

为适用于 PAL 电视制式的要求, 要满足激光光斑在转镜各面上的时间为  $64 \mu\text{s}$ , 若转镜面数为 40, 算得转速为  $\omega=23437.5$  r/min, 即每秒 390.625 转; 振镜的振动频率为  $\omega'=50$  Hz。水平方向的入射

作者简介: 胡居广(1973-), 男, 深圳大学讲师, 天津大学在读博士研究生, 主要从事激光应用以及非线性光学方面的研究。

E-mail: hujuguang@sina.com

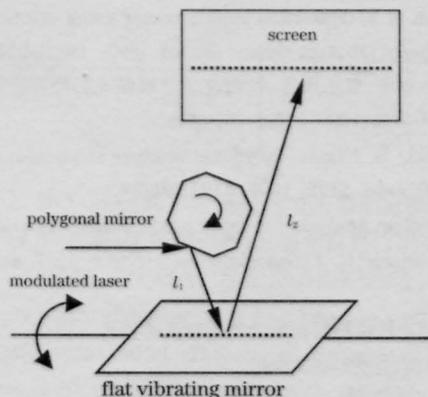


图1 激光扫描系统结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of laser scanner system

光射向转镜,其入射位置的限制条件是要能使得在转镜的镜面中心被反射时,反射光为竖直方向。由此算得入射光方向与转轴间的距离,即图2中的  $a=r\cos(180^\circ/n)/\sqrt{2}$ ,其中  $r$  为转镜的半径(棱到转轴的距离)。

### 3 曝光量分析

图2中实线多边形为行扫描初始时刻情形,激光入射到转镜的棱A上,虚线多边形为行扫描过程中  $t$  时刻的情形。虚线圆为各棱扫过的轨迹。

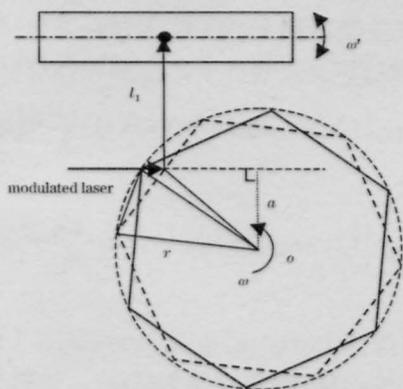


图2 转镜-振镜激光扫描系统

Fig.2 Polygonal mirror and flat vibrating mirror scanner system

行扫描过程中,  $t$  时刻振镜上光斑位置与初始时刻位置距离可表示为:

$$x=l_1 \cdot \tan \frac{360^\circ}{n} - l_1 \cdot \tan \left( \frac{360^\circ}{n} - 2\omega t \right)$$

所以,屏上光斑的移动速度可表示为:

$$V = \frac{2(l_1+l_2)\omega}{\cos^2(360^\circ/n-2\omega t)}$$

可见光斑在屏上的速度不是恒定的,而是随时间变化的,这就会造成扫描出的图象的畸变,或者说画面

曝光量不均匀。画面的曝光量与光斑移动的速度成反比<sup>[9]</sup>,由此绘出行扫描过程中画面相对曝光量  $e$  的变化如图3所示。

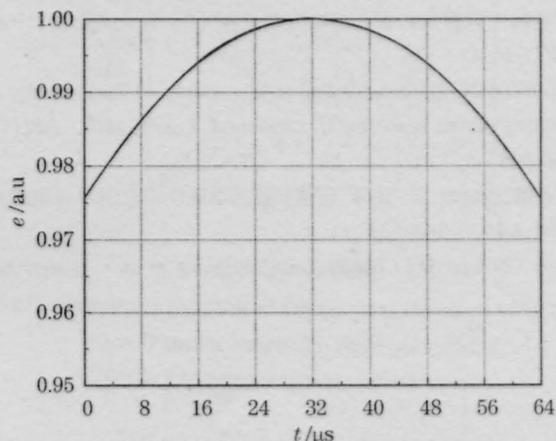


图3 行扫描过程中画面相对曝光量的变化

Fig.3 Relative exposure amount vs time during horizontal scanning

图3为行扫描过程中,画面的曝光量随时间的变化,也就是屏幕上光强的分布,可见左右两边缘曝光量较画面的中间部分低,约为中间的97.7%。这种曝光量的非均匀性也必定和扫描图象的畸变同时发生,图4示意性给出了图象畸变的情形。

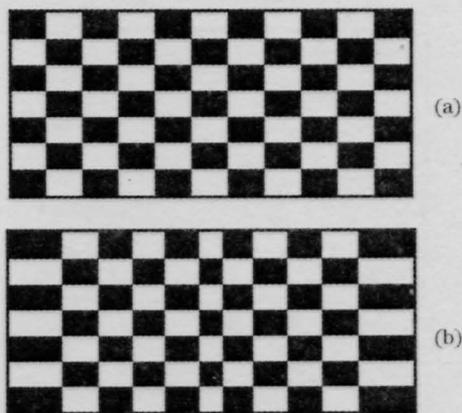


图4 (a) 理想扫描画面示意图; (b) 扫描画面行畸变示意图

Fig.4 (a) Schematic diagram of scanned image without horizontal aberrance; (b) with horizontal aberrance

### 参考文献

- 1 Chen Haiqing. Modern Practical Optical System[M]. Wuhan: Press of Huazhong science and technology university, 2003  
陈海清. 现代实用光学系统[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003
- 2 Jin-Ho Lee, Young-Chul Ko, Do-Hyun Kong et al.. Design and fabrication of scanning mirror for laser display[J]. *Sensor and Actuators A*, 2002, **96**: 223-230
- 3 LI Y, Katz J. Asymmetric distribution of the scanned field of a rotating reflective polygon [J]. *Appl. Opt.*, 1997, **36**(1): 342-352

- 4 R. Stefan, G. Volker. Design of a fast high precision polygonal scanner for HDTV [J]. *SPIE*, 1997, **3131**: 11~9
- 5 Yu Xiaoshun. Distortion Correction for Dual Galvanometer Scanning[J]. *Laser and Infrared*, 1998, **28**(1):45~47  
虞孝舜. 双振镜扫描几何畸变的校正 [J]. 激光与红外, 1998, **28**(1):45~47
- 6 Luo Bikai, Ni Xiaowu, Lu Jian *et al.*. Study of nonlinearity of rotating mirror scanning[J]. *Chinese J. Lasers*, 1994, **A21**(7): 563~566  
罗必凯, 倪晓武, 陆建等. 转镜扫描的非线性研究[J]. 中国激光[J]. 1994, **A21**(7):563~566
- 7 Zhou Chongxi, Du Chunlei, Guo Yongkang *et al.*. Design and fabrication of 2-dimension laser scanner using diffractive optical elements [J]. *Acta Optica Sinica*, 1999, **19**(2):254~260  
周崇喜, 杜春雷, 郭永康等. 衍射光学二维激光扫描器设计制作研究[J]. 光学学报, 1999, **19**(2):254~260
- 8 K. Mehrdad, B. Mikael. Polygonal scanner subsystem for laser display [J]. *Proc. SPIE*, 1997, **3131**: 20~29
- 9 Wang Yunshan. Analysis for laser beam pattern of wide-band scanning mirror[J]. *J. Optoelectronics·Laser*, 1997, **8**(4): 282~283, 290  
王云山. 激光转镜扫描光束的优化和光斑特性分析[J]. 光电子·激光, 1997, **8**(4):282~283, 290