

激光大屏幕显示中振镜扫描图像失真的研究

吴大元 诸葛向彬 陈守川

(浙江大学物理系, 杭州)

Study of screen image distortion in laser display

Wu Dayuan, Zhuge Xiangbing, Chen Shouchuan

(Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou)

提要: 本文从激光大屏幕显示中的光学振镜的工作特性曲线出发, 详细地分析图像失真的原因, 并进行了探讨。

关键词: 光学振镜, 图像失真

一、引言

激光大屏幕显示的图像以其鲜艳的色彩和清晰的轮廓线进入到人们的精神生活和娱乐领域。研究图像的成像质量, 保持图像的逼真性, 已成为当前激光大屏幕显示研究中一个重要课题。目前国外一些报道中提到在激光大屏幕显示中是采用光学振镜扫描方法, 例如美国的迪斯尼乐园等。光学振镜与其他光学扫描器件(如多面体)比较是经济的^[1], 它分辨率高^[2], 具有低转动惯量、响应时间为 $10^2 \sim 10^3 \mu s$ 。因而成为激光大屏幕显示中人们乐于采用的扫描器件。

二、图像失真的机理分析

激光大屏幕显示的图像是由光学振镜扫描出来的, 振镜工作特性曲线使用得当与否, 直接影响图像质量。下面首先研究光学振镜的运动规律。

光学振镜的角振子数学模型为:

$$J\ddot{\theta} + P\dot{\theta} + D\theta = \frac{D}{K} I_0 \quad (1)$$

式中

J ——转动惯量;

P ——阻尼系数, 通过调节微分电路可改变其数值;

D ——弹性常数;

K ——角灵敏度;

I_0 ——输入电流强度, 为一阶跃脉冲。

引入阻尼度

$$\lambda = P/2\sqrt{JD}$$

和振镜的固有角频率

$$\omega_0 = \sqrt{D/J}$$

则其特征方程为

$$r^2 + 2\lambda\omega_0 r + \omega_0^2 = 0 \quad (2)$$

当 $\lambda > 1$ 、 $\lambda = 1$ 和 $\lambda < 1$ 时, 由初始条件分别解得

$$\theta = \frac{I_0}{K} \left\{ 1 - \frac{e^{-\lambda\omega_0 t}}{2\sqrt{\lambda^2 - 1}} \left[(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) e^{\omega_0 \sqrt{\lambda^2 - 1} t} - (\lambda - \sqrt{\lambda^2 - 1}) e^{-\omega_0 \sqrt{\lambda^2 - 1} t} \right] \right\} \quad (3)$$

振镜处于过阻尼工作状态。

$$\theta = \frac{I_0}{K} [1 - (1 + \omega_0 t) e^{-\omega_0 t}] \quad (4)$$

振镜处于临界阻尼工作状态。

$$\theta = \frac{I_0}{K} \left[1 - \frac{e^{-\lambda\omega_0 t}}{\sqrt{1 - \lambda^2}} \sin(\omega t + \varphi) \right] \quad (5)$$

其中

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \lambda^2}, \quad \varphi = \text{tg}^{-1} \sqrt{\frac{1 - \lambda^2}{\lambda}}$$

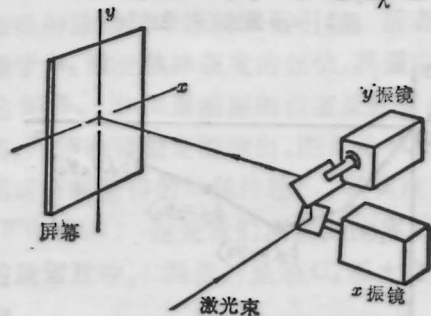


图1 激光大屏幕显示光学系统示意图

振镜处于欠阻尼工作状态。

光学振镜在临界阻尼状态工作为最佳,此时振镜到达稳定角(误差1%)所需的时间(称步响应时间) t_M 为最短。如果输入阶跃脉冲宽度小于它,那末振镜扫描的图像就会失真。激光大屏幕显示的光学系统如图1所示。

以输入图形正方形 $abcd$ 为例来分析X、Y光学振镜处于同一欠阻尼状态下的图像失真机理。这时振镜的 $\theta \sim t$ 特性曲线如图2所示,显示在屏幕上的正方形图像出现的畸变示于图3,先探讨 ab 段的畸变。此时,输入 x 振镜的为一系列阶跃脉冲,脉宽为 Δt (图4)。每个阶跃脉冲均工作在相应的 $\theta \sim t$ 特性曲线上 $\widehat{OA_0}$ 段;输入 y 振镜的为—恒定阶跃脉冲,脉宽为 $4\Delta t$ 。工作在特性曲线 $\widehat{A_0A_4}$ 段。假设在 t_0 时刻, a 点在屏幕上的坐标为 $x=0, y=0$ 。 x 振镜每隔 Δt 便相应地递增一角位移 $\Delta\theta$,相应屏幕上的光点位置变化是 $0 \rightarrow x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4$;而 y 振镜,在该段时间内相应的角位置变化是 $\theta_0 \rightarrow \theta_1 \rightarrow \theta_2 \rightarrow \theta_3 \rightarrow \theta_4$,光点位置变化是 $0 \rightarrow y_1 \rightarrow y_2 \rightarrow y_3 \rightarrow y_4$ 。光点的合成位置相继是 $a(0,0), b_1(x_1, y_1), b_2(x_2, y_2), b_3(x_3, y_3)$ 和 $b(x_4, y_4)$,这样就形成了 ab 段的下凹。其原因是 y 振镜在摆角增加时它的反射光线向着 y 轴的负方向进行扫描之故。反之, \widehat{ab} 段便上凸。图像的畸变程度与阻尼度 λ 和脉宽 Δt 有关。 bc, cd 和 da 的畸变分析类同。图5为屏幕上显示的图像照片,与上述理论分析符合。

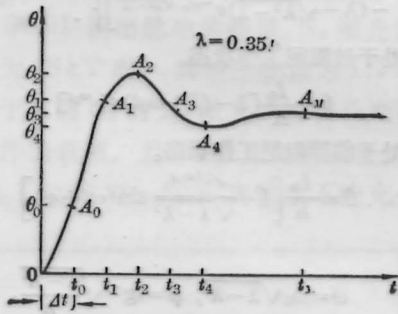


图2 x, y 振镜的特性曲线

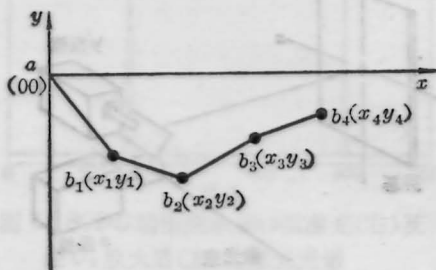


图3 正方形 $abcd$ 的 ab 段畸变图

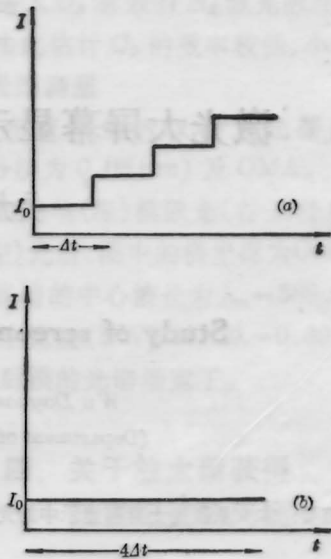


图4 ab 段振镜的输入电流
(a) x 振镜输入的阶跃脉冲;
(b) y 振镜输入的阶跃脉冲

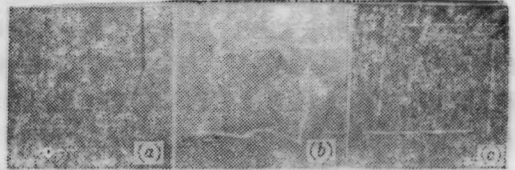


图5 正方形 $abcd$ 的显示照片
(a) 脉宽为0.15ms; (b) 脉宽为0.34ms; (c) 脉宽为2.2ms

三、讨论

从上述论述中显然可知:

1. 输入阶跃脉冲宽度 \geq 振镜步响应时间,图像畸变消失。
2. 振镜的步响应时间以临界阻尼为最短,临界阻尼是振镜的最佳工作状态。在相同的阶跃脉冲宽度下,以临界阻尼时的畸变为最小。
3. 振镜在欠阻尼状态下,阻尼度愈小畸变愈大,当振镜工作在 $\widehat{OA_4}$ 段时畸变较大。
4. X、Y振镜均在一系列阶跃脉冲作用下工作时的图像畸变规律应由该两振镜的 $\theta \sim t$ 特性曲线所处的工作段决定。
5. 图像的畸变主要与振镜的工作状态有关,其次还与镜面形变及振镜到屏幕上的扫描点的距离有关。例如一块边长为2.54cm、厚为3.17mm的方形镜面在峰峰摆角为 20° 、振动频率为200Hz时所

引起的最大镜面形变仅为 $34\text{nm}^{[2]}$; 振镜在角扫描时由于振镜到屏幕上扫描点的距离有所不同, 因此每转过相同的角位移时, 在屏幕上扫描出的相应线段是不相等的, 从而造成图像畸变。但是振镜一般在小角度范围内扫描的, 当振镜离幕的距离较远时, 线段间的差异是较小的, 对图像畸变影响不大。

实验用的振镜参数:

$$J=4.09 \times 10^{-9} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$D=2 \times 10^{-2} \text{ J/rad}$$

$$K=1.72 \text{ A/rad}$$

$$\omega_0=2.21 \times 10^3 \text{ 1/s}$$

$$t_M \approx 2.9 \text{ ms (临界阻尼态)}$$

参 考 文 献

- 1 H. Michael Tenney and John C. Purcupie, *EOSD*, (10), 40(1975)
 - 2 P. J. Brosens, *Appl. Opt.*, 11(12), 2987(1972)
- (收稿日期: 1987年9月8日)

上颌双侧游离端活动部分义齿的激光全息干涉度量研究*

彭 琬 陈 华 欧阳官 徐君伍 施长溪 梁河清 袁荷英 任宏伟

(第四军医大学, 西安)

郑 文 谭玉山

(西安交通大学)

Study of maxillary bilateral free-end removable partial denture connectors by means of holographic interferometry

Peng Wan, Chen Hua, Ouyang Guan, Xu Junwu, Shi Zhangxi,

Liang Heqing, Yuan Heying, Ren Hongwei

(Stomatological Department, 4th Military Medical University, Xi'an)

Tan Yushan, Zheng Wen

(Research Center of Laser and Infrared Applications, Xi'an Jiaotong University, Xi'an)

提要: 采用激光全息干涉度量术, 在实验室对五种连接体结构各异的上颌双侧游离端部分活动义齿及其相应的牙槽嵴部的受力情况进行了研究。得到了相应的全息干涉图, 并对它们进行了定量分析。

关键词: 全息干涉度量术, 牙科义齿

一、引 言

双侧游离端活动义齿是常见的牙科修复方法, 其连接体起着稳定、固位和传导咬合力使之合理分布的作用。而临床常见装载双侧游离端活动义齿的患者其游离端牙槽嵴吸收较快, 常出现咀嚼无力、疼痛、基托下沉、甚至引起义齿变形等。这些问题的出现说明, 连接体的合理设计对于义齿的修复以及使之更加符合机体的生理需要至关重要。

活动义齿连接体的合理设计, 应建立在各种义齿在外力作用下义齿本身以及牙槽嵴粘骨膜受力情况和变形研究的基础上。但是, 多年来, 有关义齿的生物力学方面的研究大都集中于对基牙和牙槽嵴, 使用的方法多为电测法和光弹法。对于咬合力的直接作用和义齿连接体却很少有人问津。

现在, 全息干涉度量术为这个项目的研究提供了可能性。此法可检测任何不规则表面的位移和变形, 是一种三维的、无损的、精确的、全场的检测方法, 所以在许多领域都已得到了广泛的应用。本文使用这种方法对不同结构设计的连接体和相应的牙

* 全国第一届激光发展研讨会(武汉)入选论文。