

# 激光雕刻中的笔划失真

胡 兵 何云贵 刘小东

(华中理工大学激光工程研究院, 武汉, 430074)

摘要: 详细分析了激光光栅扫描雕刻中笔划失真的原因, 从激光电源的快速响应方面提出了解决的途径。

关键词: 激光雕刻 激光电源响应

## Study on strokes distortion in laser engraving

*Hu Bing, He Yungui, Liu Xiaodong*

(Institute of Laser Technology & Engineering, HUST, Wuhan, 430074)

**Abstract:** In this paper the course of strokes distortion in laser raster scanning engraving is analysed in detail and a method based on the responding of laser power supply is presented.

**Key words:** laser engraving responding of laser power supply

1. 未经温度控制反馈回路的调节, 半导体激光器温度随着输出功率的增加, 上升至  $31^{\circ}\text{C}$ , 输出功率到  $0.35\text{W}$  左右就趋于饱和;
2. 增设控制回路后温度控制精度达  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 阈值电流有所降低, 最大输出功率明显上升, 并且线性较好。微分量子效率达  $0.79\text{W/A}$ 。

## 四、结 束 语

另外, 还有几点有待改进: 1. 增加激光二极管的启动瞬时态保护电路; 2. 若用运放构成的窗式比较器及 LED 显示有助于直观地了解温控情况; 3. 提高恒流源的质量, 应使直流纹波小于  $10^{-4}$ 。用石英光导纤维传输激光, 准确地将激光作用于穴位上, 起到针灸的作用; 还可将激光作用于体表或腔体的病灶处, 作理疗辐射治疗。

## 参 考 文 献

- 1 李文瑞. 实用针灸学. 北京: 人民卫生出版社, 1982: 97~ 226
- 2 黄德修. 半导体光电子学. 成都: 电子科技大学出版社, 1994: 120~ 140
- 3 天津大学精仪系编. 激光技术. 北京: 科学出版社, 1972
- 4 Schumann F, Tietgen K H. Elektronik, 1984; (11): 59~ 62
- 5 马英仁. 温度敏感器件及其应用. 北京: 科学出版社, 1988: 271~ 274
- 6 钟广学. 半导体致冷器件及其应用. 北京: 科学出版社, 1991: 56~ 134

\* \* \*

作者简介: 韩晓俊, 女, 1972 年 10 月出生。现在华中理工大学攻读硕士学位。主要从事医用半导体激光器的研究工作。

收稿日期: 1997-08-05 收到修改稿日期: 1997-12-08

## 引 言

激光光栅扫描雕刻正得到越来越广泛的应用,笔划失真是影响雕刻质量的一个主要因素。我们曾撰文讨论过这一问题<sup>[1]</sup>;本文中我们拟从激光束及激光电源开关响应时间等方面分析笔划失真产生的原因,并提出相应的解决途径。

### 一、笔划失真问题分析

雕刻笔划失真主要是指雕刻阳模时文字笔划细化的现象。我们提出的加粗笔划的方法起到了一定的作用,但是在雕刻具有复杂笔划文字或者文字较小时,这一加粗笔划的解决方法将使雕刻的分辨率大大降低,因为此时两个相邻笔划中的空隙很小,如果分别加粗则可能使两个笔划相连在一起。

#### 1. 横向笔划失真的分析

横向笔划与雕刻的扫描方向平行,在激光束进行光栅式扫描过程中,激光束对这类笔划的影响较小。

设第  $N$  条扫描线正好穿过顶端横笔划,则  $N-1$  条线,  $N+1$  条扫描线分别如图 1 所示,相邻线距为  $0.05\text{mm}$  (我们设定的扫描栅距为  $1/20\text{mm}$ ),很显然,由于光斑具有一定的大小,如聚焦光斑直径  $D$  大于  $2 \times 0.05 = 0.1\text{mm}$ ,则第  $N-1$  条扫描线将使顶端笔划的顶部有所削弱,削弱量  $\Delta L = D/2 - 0.05\text{mm}$ 。同理,横向笔划的底端边缘也有类似的结果,最终使横向笔划被削弱  $\Delta L = D - 0.1\text{mm}$ ,  $D$  越大,则横向笔划失真越大。当且仅当  $D \leq 0.1\text{mm}$  时,横向笔划不存在失真。

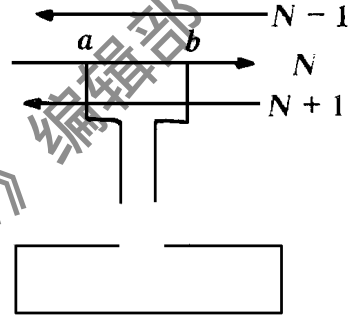


Fig. 1 Horizontal strokes distortion

#### 2. 纵向笔划失真分析

纵向笔划泛指那些不与扫描方向平行的笔划(定义为非横向笔划),在绝大多数字体中,几乎所有笔划均属纵向笔划。

如图 2 所示,第  $N$  条扫描线穿过一非横向笔划,入点处点  $a$  关断激光,出点  $b$  处再开启激光<sup>[2]</sup>,由于光斑直径  $D > 0$ ,第  $N$  条扫描线将此非横向笔划左右边缘分别吃掉  $D/2$ ,即被削弱了  $\Delta L = D$ 。

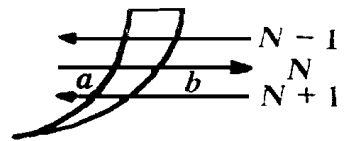


Fig. 2 Non-horizontal strokes distortion

与横向笔划失真不同,不论  $D$  多么小,纵向笔划失真总存在,失真量为  $D$ ,只是如果聚焦光斑  $D$  越小,则引起的失真量也会越小。

当然,图 1 中的横向笔划的两个纵向边缘也将被削弱  $\Delta L = D$ ,只是由于  $\Delta L$  与横向笔划的长度相比显得微乎其微,以至于可以忽略横向笔划的纵向失真量。

#### 3. 激光与材料作用时间影响

在以上讨论中,我们将激光与材料的相互作用视为理想状态,而实际上由于激光电源有一定的响应速度,在扫描线与笔划交叉的入点  $a$ ,出点  $b$  处,激光是有一定的作用时间的。

(1) 对于入点  $a$  入点处激光从开启状态转化为关闭状态,用  $\Delta T_1$  表示激光束接到关闭命令后从开启到关闭的时间(它反映了激光电源的关断响应速度),由于光束的扫描速度  $v$  相

当高(一般大于 200mm/s), 所以  $\Delta T_1$  应足够小方能将  $\Delta T_1$  引发的笔划失真降低到最低。 $\Delta T_1$  引起的失真量  $\Delta L = v \times \Delta T_1$ 。一般要求  $\Delta T_1$  低于 0.5ms。

(2) 对于出点  $b$  出点处激光从关闭状态转化为开启状态, 用  $\Delta T_2$  表示激光束接收到开启命令后从关闭到开启的时间(它反映了激光电源开启响应速度), 从降低笔划失真量角度出发, 此时希望  $\Delta T_2$  越大越好, 这样出点处激光束的削弱量可降低到几乎没有, 但是由于扫描速度很快, 如果  $\Delta T_2$  太大, 相邻纵向笔划之间的雕刻分辨率则会降低(即出现纵向笔划粘连), 一般也要求低于 1ms。

## 二、解决问题的方法

从上面的分析可以看出引起笔划失真的主要因素是聚焦激光光斑直径大小  $D$  和激光束关断响应速度  $\Delta T_1$ 。

我们知道  $D = f\theta$

式中,  $f$  为聚焦透镜焦距(mm),  $\theta$  为激光束发散角(rad)。

所以, 减小  $f$  或  $\theta$  都将使  $D$  降低, 例如, 使用尽量短焦距的透镜, 增加扩束器压缩光束发散角  $\theta$ 。图 3 是使用  $f = 25\text{mm}$  和  $f = 60\text{mm}$  雕刻出的印章的印模比较。激光功率 4W, 速度 160mm/s, 雕刻材料为有机玻璃。

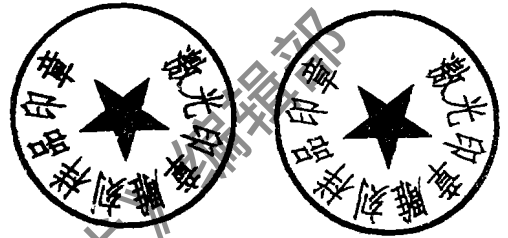


Fig. 3 The examples using deferent laser focus optical systems with  $f = 25\text{mm}$  (right) and  $f = 60\text{mm}$  (left)

25kHz 高频激光开关电源的成功使用, 大大提高了激光束功率上升沿、下降沿的响应速度, 激光电源的高压输出上升沿和下降沿可以通过示波器测定。在激光输出功率 4W 时测得两种激光电源  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$  数据如附表所示。

实际雕刻结果与计算结果相吻合。且电源 B 雕刻笔划周围有一圈深沟, 这是  $\Delta T_1$  过大, 激光与材料相互作用时间长带来的。一般  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$  均可满足实际需求。

Table The value of  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$

|                                  | supply power (A) | supply power (B) |
|----------------------------------|------------------|------------------|
| $\Delta T_1$ (ms)                | 0.6              | 1.2              |
| $\Delta T_2$ (ms)                | 0.4              | 1                |
| $\Delta L = V \times \Delta T_1$ | 0.12             | 0.24             |

## 三、结 论

1. 光栅扫描式激光雕刻中, 非横向笔划失真最重要;

2. 笔划失真的主要因素是激光束聚焦后光斑直径大小  $D$  和激光关断的响应速度  $\Delta T_1$ ;

3. 使用短焦距的透镜或压缩光束发散角是解决笔划失真的有效途径;

4. 尽量使用响应速度高的开关电源。

## 参 考 文 献

1 刘晓东, 吴华理, 胡 兵 *et al.* 激光技术, 1995; 19(5): 317~ 319  
 2 刘晓东, 胡 兵, 何云贵 *et al.* 华中理工大学学报, 1995; 23(3): 4~ 7

作者简介: 胡 兵, 男, 1966 年出生。讲师。主要从事激光标记、雕刻、切割工艺和设备研究。

收稿日期: 1996-09-10 收到修改稿日期: 1997-05-04