

文章编号: 1001-3806(2010)03-0389-03

一种新的激光灰度图像标记方法研究

司徒加旻, 刘玉*, 严牧西, 张潇雨
(华中科技大学 电子与信息工程系, 武汉 430074)

摘要: 为了降低激光灰度图像标记实现复杂度, 并获得较快的标记速度和较好的标记质量, 采用图像处理中的位平面概念对标记图像进行分层, 并用不同的激光能量对图像进行分层标记。通过激光能量的多次叠加得到灰度标记图像。采用该方法在振镜式激光标记机上进行了大量验证实验。结果表明, 与传统的激光灰度图像标记方法相比, 提出的新方法大大地降低了高质量灰度图像标记的实现难度, 同时又保证了标记速度和标记质量。该方法亦可用于彩色图像标记中, 对提高激光图像标记水平有重要意义。

关键词: 激光技术; 激光标记; 位平面; 灰度图像

中图分类号: TC665

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.1001-3806.2010.03.029

Research of a new method for marking laser-induced gray images

SITU Jia-min, LIU Yu, YAN Mu-xi, ZHANG Xiao-yu

(Department of Electronics and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to reduce the complexity for marking a laser-induced gray image and guarantee the marking speed and marking quality, the gray image is divided into different layers using bit-plane concept in image processing. Different laser energy is used to mark different layers. The gray image is induced by energy overlap from multiple layers. This new method was tested and verified on a galvanometer-type laser marking machine. Large number of experiments were carried out. Compared with the traditional methods, the new method can greatly reduce the complexity of high quality laser-induced gray images and guarantee the marking speed and marking quality. Bit-plane method can also be used to laser-induced color images. It plays a significant role in improving the level of laser-induced image.

Key words: laser technique; laser marking; bit-plane; gray-scale image

引言

激光打标是激光技术的一种重要应用, 它利用高能量密度的激光束在工件表面打出各种文字、符号、图像及条形码, 以制作永久性商标、标记、工艺品等^[1]。灰度图像打标则是利用激光在标记工件上标记灰度图像。

为了获得较高的峰值功率, 激光打标机一般使用脉冲激光, 输入的脉宽调制 (pulse width modulation, PWM) 信号的频率决定了激光脉冲输出的频率, PWM 的每个调制脉冲就对应激光的一个输出光斑。也就是说, 激光标记的图形图像实际上是由一系列紧密排列的点组成的。

灰度图像打标是激光标记的重要内容。使用激光表现图像的灰度可以大致划分为两种方法^[2,4]: 一是通过光斑点的疏密程度, 即半色调法; 另一是通过光斑点

的能量大小, 即能量法。

1 传统激光灰度图像标记方法

1.1 半色调法

半色调法被广泛应用于打印、印刷、显示等行业当中^[5]。其实质就是通过黑点的浓密程度来反映真实灰度, 如图1所示, 灰度深的地方黑点比较密集, 反之黑点比较稀疏。激光标记设备与打印有着许多相同之处, 因此, 半色调法理所当然地应用到激光标记灰度图像上^[6]。

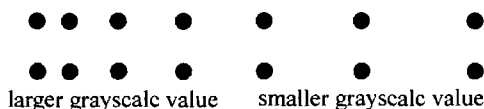


Fig. 1 The illustration of the halftone method

标记灰度图像的半色调处理算法有很多种, 如抖动法、误差分散法等^[7,8]。但是无论半色调算法如何精巧, 都不可避免地丢失灰度图像的细节信息, 这导致了标记图像在细节上不够理想。如果要获得非常高质量的灰度图像, 一般会使用下而介绍的能量法来标记。

作者简介: 司徒加旻 (1984-), 男, 硕士研究生, 主要研究领域为激光技术及其应用。

* 通讯联系人。E-mail: liuyu@mail.hust.edu.cn

收稿日期: 2009-03-12; 收到修改稿日期: 2009-04-17

1.2 能量法

如引言所述,激光标记一般是通过一系列脉冲输出一系列高能量的光斑,利用高能量光斑在工件表面上留下永久标记。光斑能量不同,在工件的表面留下的标记就会不一样。一般来说,光斑的能量越大,在工件的表面留下的标记面积会越大,标记的深度也会越深,变色会越严重。跟据这个原理,通过控制激光光斑的能量大小,也能够表现出图像像素点的灰度效果,实现灰度图像的标记,这种方法就称为能量法,如图2所示。能量法不以丢失图像细节信息为代价实现灰度图像标记,因此能够获得非常精细的标记效果。

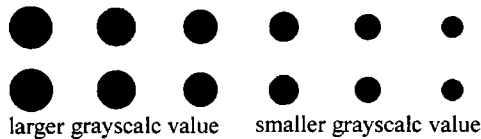


Fig. 2 The illustration of energy method

实现能量法主要有两种方式:一种是参量法,通过改变激光的控制参量,如功率、脉冲宽度、脉冲周期等方法实现标记光斑能量的变化。这种方法实现的关键在于实时精确控制激光参量。一般来说,激光的控制参量和灰度等级并不是简单的线性关系,如何获得比较接近实际的控制参量和灰度等级的对应曲线至关重要。通过调整每一级的灰度对应的光斑能量,参量法往往能够获得非常高质量的灰度图像。但是受激光器技术的限制,激光的控制参量不可能在很短的时间内变化很快。一些激光器,如灯抽运、半导体激光器,功率参量变化时间都在10ms数量级,参量法显然不适用于这些类型的激光器。另一种方法是分层法,通过标记多次实现灰度的表示,灰度级越高的像素,被标记的次数越多。例如,一张 N 级灰度的图像,需要标记 $N-1$ 次才能表示出所有的灰度级。这种方法省去了实时控制激光参量的工作,实现起来更加简单,几乎适用于所有类型的激光器。但是当灰度图像的存储深度增加时,标记次数以2的指数幂增加,一般的16级灰度图像,需要标记15次才能完成,标记效率显然会大打折扣。

针对以上两种方法的局限性,作者结合图像处理中位平面的概念,提出一种以位平面方式标记灰度图像的方法。

2 位平面法标记灰度图像算法设计

所谓位平面的含义就是将一个像素的灰度数值分解为二进制值,所有同权值的位(0或1)构成的平面叫位平面。例如,一个256级灰度的图像,每个像素占一个字节,即8个二进制位,按从高位到低位的排列

为: $b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$ 。

则所有像素的 b_0 位就构成第0位平面, b_1 位就构成第1位平面等等,如此类推,该图像应包含8个位平面。

以一幅大小为 $M \times N$ 、灰度级为 Q 的图像来分析,设该图像为 $F(m, n)$ ($1 \leq m \leq M, 1 \leq n \leq N$)。

设 $F_p(m, n)$ 是该图像的一个像素,则图像 $F(m, n)$ 的位分解定义为:

$$g_l(m, n) = B_l(F_p(m, n)) = \begin{cases} 1, & \left(\left[\text{int} \left(\frac{F_p(m, n)}{2^l} \right) \right] \text{Mod}_2 = 1 \right) \\ 0, & \left(\left[\text{int} \left(\frac{F_p(m, n)}{2^l} \right) \right] \text{Mod}_2 = 0 \right) \end{cases} \quad (1)$$

式中,下标 l 表示第 l 个位平面, $0 \leq l \leq Q-1$, B_l 代表图像的位分解操作,显然 $g_l(m, n) \in \{0, 1\}$,经过这样的处理后,该图像就被分解为 $g_0(m, n), g_1(m, n) \cdots g_{Q-1}(m, n)$ 个位平面。

同样,图像 $F(m, n)$ 的合成可以表示为:

$$F(m, n) = \sum_{l=0}^{Q-1} g_l(m, n) \times 2^l \quad (2)$$

作者将这种位平面分解的方法应用于激光标记灰度图像中,其方法如下:(1)将一幅 N 比特深度的图像按位平面分解方法将其分为 N 个位平面矩阵;(2)第 l 个($0 \leq l \leq N-1$)位平面矩阵选用能量为 E_l 的光斑标记;(3)类似于分层法,通过多次叠加标记,形成灰度图像。

一幅2bit深度的图像灰度值如图3所示。

0	2	1
2	3	2
1	2	0

Fig. 3 Gray value of a 2bit picture

采用位平面法可以将其分为两个二值化图像。标记时,位平面越高,因该用越大的激光能量标记,其标记过程和叠加结果如图4所示。

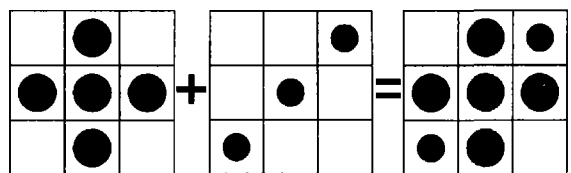


Fig. 4 The illustration of bit-plane method

3 实验结果与分析

选用了30W的CO₂振镜式激光标记机来实现了

本文中提到的4种算法,标记的内容为 256×256 的16级灰度Lenna图。最终得到4种方法的样标,其效果

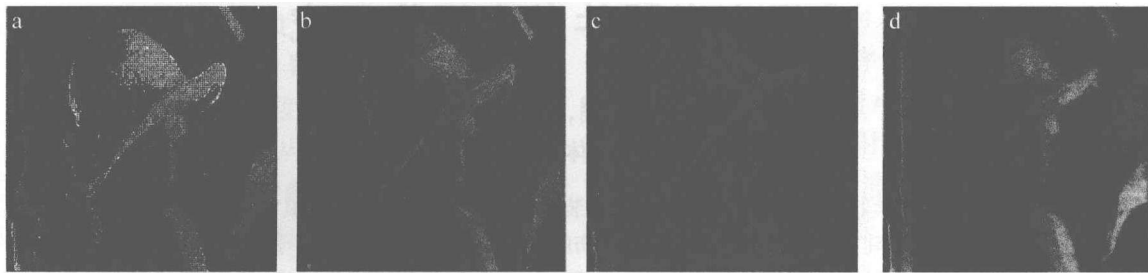


Fig. 5 The result of 4 kinds of methods

a—dither method b—parameter method c—separate layer method d—bit-plane method

能够获得非常精美的灰度图像,但实际实验中参量调整非常复杂和困难,需要反复调整才能获得理想的效果。分层法效果一般,图像的对比度较小,而且标记时间很长。位平面法的效果与参量法相近,标记速度比参量法稍长,但远短于分层法。

表1是本文中提出的位平面法与其它3种方法的

Table 1 Compare of 4 methods

method	dither method	parameter method	separate layer method	bit-plane method
complexity	easy	difficult	intermedial	easy
quality	bad	excellent	normal	good
time	25. 8s	28. 7s	225. 6s	79. 8s
fit for laser type	lamp-pumped, semiconductor pumped, CO ₂ , fiber	CO ₂ , fiber	lamp-pumped, semiconductor pumped, CO ₂ , fiber	lamp-pumped, semiconductor pumped, CO ₂ , fiber

4 结论

分析了传统的激光标记灰度图像算法的优劣,在此基础上提出了位平面标记算法,并与传统算法做了对比性实验。实验结果表明,本文中提出的位平面标记算法具有实现简单、适用范围广、标记速度快等优点。该方法亦可应用于彩色图像标记中^[9-10],对彩色图像标记方法实现具有重要的参考价值。

参 考 文 献

- [1] NING G Q, ZHU Zh Y, ZHU Sh W, *et al.* Figure and image processing in laser marking[J]. *Laser Technology*, 2002, 26(4): 295-317 (in Chinese).
- [2] TROITSKI I N. Laser-induced image technology[J]. *Proc SPIE*, 2005, 5664: 293-300.
- [3] TROITSKI I N. Method and laser system for creating high-resolution laser-induced damage images[J]. *Proc SPIE*, 2002, 4679: 392-399.

如图5所示。对比4幅子图可以看到,抖动法颗粒感比较重,图像的边缘比较模糊。效果最好的是参量法,

比较。由实验结果可以总结出,本文中提出的位平面法具有以下优点:(1) N 位图像只用控制 N 级参量,比参量法的 $2^N - 1$ 级控制要简单;(2)标记次数仅为 N 次,比分层法标记 $2^N - 1$ 次要少,能够明显减少标记时间;(3)不需要实时控制激光器的参量,不需要加入控制延时,控制简单,适用范围广。

- [4] LU Y, CHEN R, CHEN H M, *et al.* Process gray image by computer in CO₂ laser processing system[J]. *Proc SPIE*, 2002, 4915: 359-362.
- [5] REN X L, YANG W P. Review of progress of digital halftoning techniques[J]. *Journal of Xi'an Institute of Technology*, 2003, 23(2): 108-113 (in Chinese).
- [6] ZHAO W, SA Y. Research of laser mark system[J]. *Journal of Tianjin University of Technology and Education*, 2006, 16(1): 22-38 (in Chinese).
- [7] WANG W P, WU X D. Image processing technology in laser marking[J]. *Mechanical & Electrical Engineering Technology*, 2004, 33(8): 30-31 (in Chinese).
- [8] CAI J, LIU X D. A survey of error-diffusion algorithm in halftoning[J]. *Journal of Dalian Nationalities University*, 2007, 9(5): 20-22 (in Chinese).
- [9] TROITSKI I N. Ways of creating color laser-induced images[J]. *Proc SPIE*, 2003, 5273: 192-194.
- [10] LU M. Colour marking of metals with fiber lasers[C]//*Proceeding of the 3rd Pacific International Conference on Application of Laser and Optics*. Beijing: LIA, 2008: 202.