

激光打标机的原理及维修

康卫

(中国电子科技集团公司第十三研究所, 石家庄 050051)

摘要: 基于激光加工技术, 首先对激光打标的定义进行了阐述, 介绍了激光器的种类、控制系统的演变及激光打标机的优势, 详细说明了激光打标机的工作原理, 结合原理对激光打标机的系统组成、激光电源、激光的产生、Q开关的原理、结构及功能等作了说明, 根据维修经验对激光光路的调整进行了详细总结, 最后对于常见的故障现象及解决方法进行举例说明。

关键词: 激光; Q开关; 调整; 打标; 故障现象; 维修

中图分类号: TN604 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-353X (2010) 07-0640-04

Theory and Troubleshooting of Laser Scribing Machine

Kang Wei

(The 13th Research Institute, CETC, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: Based on the laser processing technology, the definition of laser scribing is described. Types of lasers, changes of laser control systems and ascendancy of laser scribing are described. System components of laser scribing machine, laser power supply and the generation of laser and theory, structure and function of Q-switch are introduced. Depend on the work experience the adjustment of laser optical is described. Finally, the trouble phenomenon and solution are introduced.

Key words: laser; Q-switch; adjustment; scribing; trouble phenomenon; troubleshooting

EEACC: 0560

0 引言

激光打标技术^[1]是激光加工最大的应用领域之一。激光打标是利用高能量密度的激光对工件进行局部照射, 使表层材料汽化或发生颜色变化的化学反应, 从而留下永久性标记的一种打标方法。激光打标机的工作激光器种类有 CO₂ 激光器、灯泵浦 YAG 激光器、半导体激光器、光纤激光器等。控制系统在激光打标机领域就经历了大幅面时代、转镜时代和振镜时代。激光打标技术作为一种现代精密加工方法, 与传统的加工方法相比, 具有无与伦比的优势: 采用激光加工可以保证工件的原有精度同时对材料的适应性较广, 各种金属及部分非金

属, 可以在材料的表面制作出非常精细的标记且耐久性非常好; 激光的空间控制性和时间控制性很好, 特别适用于自动化加工和特殊面加工, 且加工方式灵活; 激光加工系统与计算机数控技术相结合可构成高效自动化加工设备, 可以打出各种文字、符号和图案, 易于用软件设计标刻图样, 更改标记内容, 适应现代化生产高效率、快节奏的要求; 激光加工和传统的丝网印刷相比, 没有污染源, 是一种清洁无污染的高环保加工技术。

1 激光打标机的工作原理

如图 1 所示: 激光打标机由电源系统、激光器、冷却系统、光学扫描系统、Q 开关、聚焦系统

等组成。交流电源分别给计算机、Q 开关电源、冷却循环泵、激光电源、He - Ne 激光器等供电。半反镜、YAG 聚光腔、全反镜组成了谐振腔产生激光，经过 Q 开关的调制后形成一定频率峰值功率很高的脉冲激光，经过光学扫描、聚焦后到达工作台表面。工作台的表面可以上下移动，以适应不同厚度的工件，工件表面处于激光的焦平面上，计算机通过专用的打标控制软件输入需要标刻的文字及图样，设定文字及图样的大小，总的标刻面积，激光束的行走速度和需要重复的次数，扫描系统就能在计算机的控制下运动，操控激光束在工件上标刻出设定的文字和图样，现在的软件具有自动图像失真矫正功能，能够实现精密图像的标刻。冷却系统中的去离子循环水冷却 Q 开关和聚光腔使之保持一定的温度，防止它们烧坏。He - Ne 激光器有两个作用：一是指示激光的加工位置，二是光路调整时提供指示。

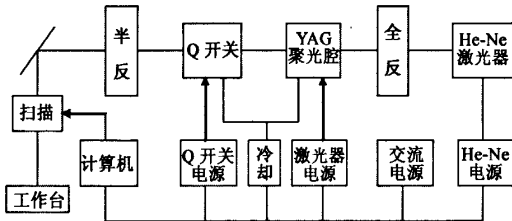


图1 激光打标机的系统组成
Fig.1 System components of laser Scribing Machine

1.1 激光电源

如图 2 所示，激光电源由主电路、控制电路、其中有水压保护和温度保护系统，水压保护和温度保护是防止断水时、水冷却不够而自动切断主电路供电，从而保护激光器。其中激光功率输出由 IGBT 通断决定，调节 IGBT 的占空比使氩灯电流在 7~25 A，YAG 晶体在氩灯发出的强光激发下，谐

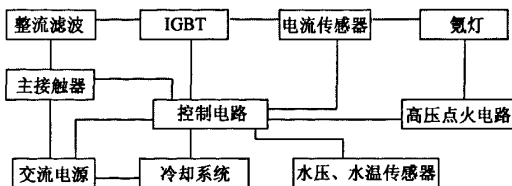


图2 激光电源的组成
Fig.2 Components of laser power

振腔产生光振动并沿轴线的方向产生激光。通过控制氩灯电流的大小即可控制激光输出功率的大小。

1.2 Nd:YAG 激光^[2-4]

Nd:YAG 为掺铈钇铝石榴石晶体，晶体内的 Nd 原子含量为 0.6% ~ 1.1%，属固体激光，可激发脉冲激光或连续式激光，发射的激光为红外线波长 1.064 μm。激光生成原理，如图 3。将激光晶体放在两个互相平行的反射镜（其中一片 100% 反射，另一片 50% 透射镜）中间，即可构成光学谐振腔。在这一光学谐振腔内，非轴向传播的单色光谱被排出谐振腔外，轴向传播的单色光谱在腔内往返传播。当单色光谱在激光物质中往返传播时，称为谐振腔内“自激振荡”。当泵浦灯提供足够的高能级的原子在激光物质内，具有高能级的原子在两能级间存在着自发发射跃迁、受激发射跃迁和受激吸收跃迁等三种过程。受激发射跃迁所产生的受激发射光，与人射光具有相同的频率和相位。当光重复在谐振腔内通过“粒子数反转状态”的激活物质后，相同频率单色光谱的光强被增大生成了激光，激光高渗透率就能透过谐振腔内 50% 的透射镜发射出来，成为连续式激光。

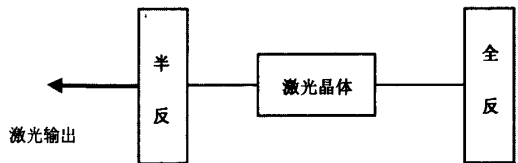


图3 激光谐振腔
Fig.3 Laser resonator

1.3 声光 Q 开关

声光 Q 开关^[2-4]是利用声光相互作用以控制光腔损耗的 Q 开关技术。声光调 Q 是通过电声转换形成超声波使调制介质折射率发生周期性变化，对入射光起衍射作用，使之发生衍射损耗，Q 值下降，激光振荡不能形成。在光泵激励下其上能级反转粒子数不断积累并达到饱和值，之后突然撤除超声场，衍射效应立即消失，腔内 Q 值猛增，激光振荡迅速恢复，其能量以巨脉冲形式输出。这种 Q 开关方式应用广泛，性能可靠稳定。

典型的 Q 开关主要由电声转换器、声光介质

和吸声材料三部分组成（图4）。当电声换能器加上高频电压后，馈入声光材料的超声波使声光材料的折射率发生了周期性的变化，相对于声波方向传播的激光来说形成一个相位光栅。光波在超声场中发生衍射，改变了其原来的传播方向，形成了声光衍射。声光调Q的原理简述如下：当声光介质中有高频（40 MHz）超声行波传播时，由于布拉格衍射，入射光的一部分偏离到布拉格角 I_d 的方向。

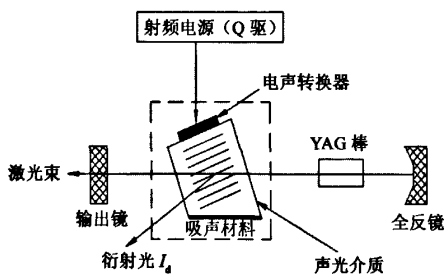


图4 Q开关的组成
Fig.4 Components of Q switch

偏角 θ_B 由布拉格公式决定： $2\lambda_s \sin\theta_B = \lambda_0/n = \lambda$ 。如果衍射光 I_d 占的百分比足够大，则可能使光腔的总损耗大于小讯号增益，此时，振荡停止，激活介质（YAG棒）借助光泵浦积累粒子数的反转。在某一个时刻，如果去掉超声波，则由于激活介质有很高的储能，所以，产生强的声光调Q脉冲。用特定频率的脉冲调制这个射频的频率，使声光介质中产生有频率重复相同的超声场，从而得到以特定频率工作的Q开关，激光器将输出幅值很高的特定频率激光脉冲。

1.4 数控光学扫描系统

数控光学扫描系统（图5）由计算机、I/O接口卡、振镜电源、振镜电机、反射镜组成，分为 x, y 两方向扫描系统，分别由计算机通过专用的打标控制软件按设计的图形、文字等控制激光的扫描轨迹。

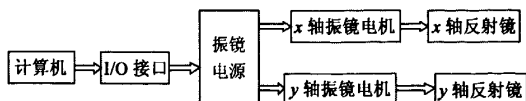


图5 扫描系统组成
Fig.5 Scanning system components

2 激光光路的调整

激光光路调整步骤为：打开 He-Ne 激光器电源，用一白色名片放在 A 处（激光晶体右窗口中心），使其的一直边处于钇铝石激光棒圆周的直径上，参照白色名片直边上的光斑，调节 He-Ne 激光器上的四个螺丝，使光束在 A 处位于激光棒中心，在 B 处（激光晶体左窗口中心）也使光束处于激光棒中心点，然后将名片放于 Q 开关 C 处（Q 开关右窗口中心），调节全反镜上两个螺丝，使所有小光点重合，将名片角处扎一小孔放于 B 处调节半反镜的两个螺丝，使透光小孔的光点与名片上的光点重合。将名片放于 D（激光的会聚焦点以上）处，调节 He-Ne 激光器的螺丝，使 D 处的光斑均匀明亮。打开氦灯电源点亮灯电流在 13 A 左右，拿一荧光片放于 E（半反镜的输出窗口中心）处，D 处，看是否有激光，若有激光则关掉 He-Ne 激光，将荧光片放在 D 处，调节半反、全反上的螺丝（同时调 x, y ）使 D 处的光斑明亮均匀呈圆形，此时在激光焦点 F 处激光已相当强，打开 Q 开关电源，选择开关打到 Ton 处，在 E 处应有激光，打到 Toff 处，氦灯电流调到 17 A 左右，调节 Q 开关的螺丝（调节布拉格角）使 E 处刚好没有激光（临界）。将 Q 开关电源上的选择开关打到 Ton 处，将名片放于 F 处调节 He-Ne 上的螺丝，使光点重合为一点，这样 He-Ne 激光点与打标激光点重合，否则打标位置可能有偏差。将 Q 开关电源上的选择开关打到 Trun 处，调试完毕。激光光路图见图 6。

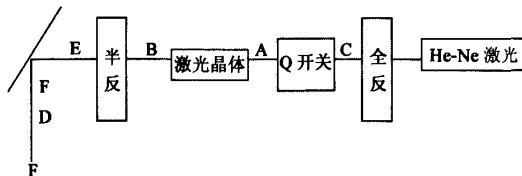


图6 激光光路
Fig.6 Laser optical

3 常见故障现象及解决方法

根据维修心得总结出激光打标机的常见故障及解决方法如表 1 所示。

表 1 常见故障及解决方法

Tab.1 Troubleshooting

故障现象	故障原因	解决方法
氦灯不能预燃	A. 主电路是否有虚接、脱落 B. 触发电容是否失效 C. IGBT 是否损坏 D. 氦灯是否发黑老化 E. 去离子循环水是否干净	A. 检查所有的电源连接线 B. 更换电容 C. 更换 IGBT D. 更换氦灯 E. 更换去离子水, 必要时更换离子交换剂
激光强度下降或不稳	A. 激光谐振腔是否正常 B. 膜片和各镜片是否有灰尘或烧痕 C. 氦灯是否发黑老化 D. Q 开关是否正常	A. 调整谐振腔镜片 A. 清洗或更换膜片或镜片 B. 更换氦灯 C. 调整 Q 开关位置; 加大 Q 开关电源工作电流; 更换 Q 开关
不打标时有激光泄露	Q 开关损坏或偏移	更换 Q 开关或调整布拉格角
扫描不动作或不正常	A. 扫描回路连接是否虚接、脱落 B. 计算机 I/O 板是否接触不良或损坏 C. 计算机软件或系统是否有问题	A. 检查扫描回路所有的连接线 B. 清洗 I/O 板插槽或更换 C. 重启计算机或重装软件、系统
刻线不匀、不清晰	A. 激光束是否通过扩束镜中心轴 B. 全反镜是否部分损坏 C. 打标面是否和焦平面平行 D. 工件表面是否干净	A. 调整光路 B. 更换镜片 C. 调整工作台高度 D. 清洗工件

4 结语

要想做好激光打标机的设备维修应注意以下几点: ①对设备的原理、种类及结构应熟练掌握, 关注一下设备的发展, 从理论上先武装自己, 做到心中有数; ②建立维修故障树的概念, 根据设备的原理维修时应先从基本出发, 层层深入, 透过现象找出其内在原因, 少走弯路; ③维修时应思路开阔, 要注意外围设备对主机的影响, 例如氦灯无法预燃的故障, 当检查电路无损坏时检查一下循环冷却水的纯度、离子交换剂是否失效等, 这对维修有很大帮助。

随着激光器技术的发展, 高的电光转换效率、高质量光束的激光器可以直接在许多工业应用中取代灯泵浦和半导体泵浦 Nd:YAG 激光器, 激光打标机会朝着更加精细、更广泛应用的方向发展。

参考文献:

- [1] 刘其斌. 激光加工技术及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007: 9-11.
- [2] 安毓英, 刘继芳, 曹长应. 激光原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 15-21, 181-190.
- [3] 陈家壁, 彭润玲. 激光原理及应用(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 150-165.
- [4] 张中华, 林殿阳, 于欣. 光电子学原理与技术[M]. 北京: 航天航空大学出版社, 2009: 190-196.

(收稿日期: 2010-05-19)



作者简介:

康卫(1970—), 男, 河北人, 工程师, 主要从事半导体设备维修。

激光打标机的原理及维修

作者: [康卫](#), [Kang Wei](#)
作者单位: [中国电子科技集团公司第十三研究所, 石家庄, 050051](#)
刊名: [半导体技术](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY](#)
年, 卷(期): 2010, 35 (7)

参考文献(4条)

1. [刘其斌](#) [激光加工技术及其应用](#) 2007
2. [安毓英](#), [刘继芳](#), [曹长应](#) [激光原理与技术](#) 2010
3. [陈家壁](#), [彭润玲](#) [激光原理及应用](#) 2008
4. [张中华](#), [林殿阳](#), [于欣](#) [光电子学原理与技术](#) 2009

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_bdtjs201007006.aspx