

激 光 打 标 记

李 海 沧

(上海激光技术研究所)

激光打标是有显著经济效益的,发展前景良好的激光应用之一。这方面最早的应用是60年代中开始的硅片刻划。用激光束代替金刚石刀,在硅片上划上刻痕,然后加力使之分为所需的小片。

60年代末和70年代初,美国和联邦德国生产出商品调Q YAG激光打标系统,可以在金属上刻文字、图案。然而,因为新技术需要一个发展过程,新技术为人们所认识也需要一个过程,所以固体激光打标系统为工业界采用,作为一种生产工具,是1975年以后的事。

几乎同时,国外还发展了TEA CO₂激光打标系统。这使以前主要用于科学研究的TEA CO₂激光器走进了工业应用领域。由于它比固体系统简单、廉价,所以产品发展较快,近几年已达到每年近千万美元的销售额,年增长率大约为30%。TEA CO₂激光的波长约10.6 μm。适合在非金属材料上打标。有一些材料如玻璃之类,对YAG激光波长1.06 μm透过率高,吸收小。但是,对10.6 μm波长有高的吸收,正好用TEA CO₂激光来打标。

本文主要介绍TEA CO₂激光打标。此外,也将提及YAG激光打标及还在发展中的准分子激光打标。

一、TEA CO₂激光打标

TEA CO₂激光打标系统比YAG激光打标系统简单,应用范围较广,它已经用在一些流水线上,为产品打标。典型的生产线应用示意图见图1。光电检测器接收流水线上工件到位的信号,然后送出一个触发信号,触发激

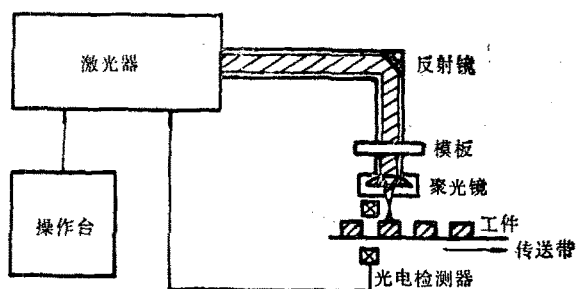


图1 TEA CO₂激光打标系统示意图

光器放电,产生激光,输出一个激光脉冲;激光束经过导光系统改变光束方向,然后通过一个金属模板(模板上刻有镂空的标记,如商标、日期、批号等),再通过透镜在工件上形成模板的象。如果有足够的激光能量为工件表面所吸收,那么就会在工件上打出标记。

由于激光脉冲很短,不到1 μs,在一般流水线的速度下,工件的移动可以忽略不计。比如每分钟生产1500罐啤酒的传送带,在1 μs内约移动1 μm,而标记的线度在几百微米以上,所以工件移动不会影响所打标记的清晰度。激光打标适合于流水线工作。

其次,激光打标生产效率高,每秒可以打几次到二、三十次。实际上,现有TEA CO₂激光器的脉冲重复率高于流水线的生产率,即使在小型电子元件生产中也是如此。

再有,这种打标方式具有无接触、无压力、无损伤、无沾污以及标记是永久的、不可擦除等优点。

正因为这种标记系统有以上优点,它已大量用于各种流水线生产过程中。这些流水线上的产品有软管药品、包装食品、化妆品、电子元

件、集成块等。

二、打标记中的物理过程

TEA CO₂ 激光打标记过程中并没有复杂的物理问题。一般所用的激光能量密度为 1 到 10 J/cm², 峰值功率密度为 10³ 到 10⁷ W/cm², 可以不考虑等离子体作用, 也即是光能量可以全部到达需要打标的表面, 并为表面一薄层所吸收。表面薄层吸收光能后加热极快, 以蒸发方式去除几个波长厚度的材料。材料表面的去除部分与未去除部分产生反差, 形成永久性标记。

如果表面涂有染料或漆, 去除后就和基底产生颜色上的反差。一些含染料的材料如硬塑料、PVC 等, 激光作用后和原来的颜色不一致, 形成反差。有的材料, 如玻璃、有机玻璃等, 激光作用后变得不透明, 也造成明显的反差。

为了对激光参量作一点分析, 我们假设材料主要通过蒸发去除, 并为一圆点, 则蒸发所需的最小功率密度为

$$F_m = KT/A\epsilon,$$

其中 K 为导热系数, T 为蒸发温度, A 为圆点半径, ϵ 为吸收系数。按此式估计功率密度: 若 A 以 0.1mm 计算, 对许多材料, F_m 约为 10³ W/cm²。在 TEA CO₂ 激光打标记系统中, 激光功率密度高于此值, 足以产生蒸发。

打标记的深度为

$$D = v(t_p - t_{v,p})$$

其中, v 为蒸发速度, t_p 为激光脉冲宽度, $t_{v,p}$ 为蒸发开始时间。

$$t_{v,p} = \pi K^2 T^2 / 4 F^2 \epsilon \kappa,$$

其中 κ 为热扩散率。

由上两式可见, 打出标记的条件不仅要有

足够的功率密度或能量密度, 还需要有一定的脉冲宽度, 使 $t_p - t_{v,p}$ (或者说标记的深度) 大于零。否则就打不出标记。

三、其他打标记系统

YAG 激光打标记系统, 也称激光雕刻系统。这种系统一般由调 Q 脉冲激光器和微机控制的二维光束扫描器及聚焦系统组成。YAG 激光打标记和 TEA CO₂ 打标记不同, 是逐点打的。为了获得连续的线条, 脉冲重复频率应在 1kHz 以上, 平均功率为数十瓦, 扫描器由微机控制的二维振镜组成。把需要标记的图案和文字输入计算机, 光束就能按图案、文字扫描, 经过聚焦系统在工件上刻出标记。

这种标记方法, 除速度稍慢以外, 具有 TEA CO₂ 激光打标记同样的优点; 比 TEA CO₂ 激光打标记优越的是, 只要改变微机程序即可改变标记内容, 十分方便、灵活。

另一种是正在发展的准分子激光打标记系统。它采用与 TEA CO₂ 激光打标记相同的方法。准分子激光器发出的短波长紫外激光对材料的作用, 主要是光化学作用。一些有机材料在准分子激光作用下分解, 逐层融蚀, 热作用很小, 因此去除材料的边缘十分清晰。TEA CO₂ 激光在玻璃上打的标记, 用显微镜可以观察到其底部有微小裂痕, 而用准分子激光打的标记, 完全没有裂痕, 边缘整齐, 精度高。由于准分子激光和材料作用有特殊的机理, 以及它的突出优点, 它不仅用于打标记, 而且用于高精度微细加工。准分子激光和材料的相互作用过程还在研究中。它作为一种新的加工手段在工业中的应用还处于发展的初始阶段。

1990 年第 5 期《物理》内容预告

1990 年的新计量标准 (陈康琪编译); 分子器件 (刘云圻等); 准晶体的磁性 (赵见高等); 新一代电子计算机的研究与发展 (陈树楷); 计算机在物理教学中的作用 (张先蔚编译); 半导体陶瓷温度传感器原理及其应用 (潘晓光); 投掷球出手速度测试仪的研制 (郭善儒等); X 射线形貌样品厚度的无损测量方法 (黄依森

等); 氧化物超导材料上电极的两种方法 (李全禄); 根据中子散射计算非晶态物质径向分布函数的 N-RDF 程序 (王俊桥); 弱光的测量 (陈一询); 发光二极管 (黄锡珉); $f=ma$ 究竟是谁首先提出来的? (阎康年); 里查孙和热电子发射定律的发现 (郭奕玲)。