

光纤激光器的应用

葛强, 郑鸿章

光库通讯(珠海)有限公司

摘要:作为第三代激光技术的光纤激光器由于采用了双包层分叉光纤和高功率的多模 半导体二极管,输出功率已经实现 10000W,应用范围已突破狭窄的光纤通讯网络,在激光加工、激光医疗等行业得以日益广泛的应用。光纤激光器具有绝对理想的光束质量、超高的转换效率、完全免维护、高稳定性以及体积小等优点,将对传统的激光行业产生巨大而积极的影响,从而改写光应用的历史篇章。

1 引言

20 世纪 80 年代末期,偏振公司(Polaroid Corp. Cambridge, MA)和英国南安普敦大学共同研制出了双包层泵浦的光纤激光器。在这些激光器中,一根玻璃层环绕光纤纤芯,作为光纤包层限制激光在掺杂离子的单模纤芯内传输,同时它又与外层低折射率的外包层构成泵浦光的多模波导层。这种独特的光纤设计可以将高能量的多模半导体激光耦合到玻璃内包层里,从而取代传统意义上将单模低功率的泵浦光直接耦合到单模纤芯的泵浦方式。

目前的光纤激光器是由很长的掺杂双包层光纤和高可靠性、多模、单发光体半导体激光器组成,该半导体激光器为光纤外包层提供泵浦光。这些单发光结构的半导体二极管的寿命高出条形结构的半导体二极管 10~100 倍,是高可靠性和免维护运行的关键所在。目前,基于相同可靠性设计的通讯产品用的半导体泵浦激光器在 5W、25 室温下测试说明 MTBF 值超出 200000h。此外,在与其他种类相同功率单模(TEM_{00})激光器相比,光纤激光器具有独特的优势,特别在工业应用领域。主要包括:高墙插(电源)效率、紧凑设计、易于进行光传输和冷却系统集成以及能提供长达 10000h 小时连续出光而无须任何人为看管

的免维护运行。

光纤激光器只消耗相当于 1% 的灯泵浦激光器所需电能,同时其效率是半导体泵浦固体激光器(Nd 激光系统)的 2 倍以上。更高的效率、更长的使用寿命、更少的维护结合起来使得光纤激光器的拥有者的成本富有极强的吸引力。光纤激光器在那些要求近红外高光束质量的激光器应用中大有用武之地。他们会对小的聚焦光斑、高的功率密度有特殊的兴趣(如桌面式的生产)。一束 100W 的激光输出光斑可以被聚焦到 $5\mu m$ 那么小,这相当于亮度是 $109W/cm^2$ 。目前,光纤激光器的应用定位包括:选择性焊接、标刻、各类艺术成像、退火、微机械器件的折曲、1~2mil 不锈钢部件的切割等应用。

2 标刻应用

光纤激光标刻系统占地空间很小,而且完全免维护,其卓越的光模式质量特别适合于高精度的标刻。带有光束准直装置的单模光纤和集成的光学聚焦系统提供了易于集成长达 7m 距离的光束传输系统。

一套光纤激光打标系统可以由 1 个或 2 个功率为 25W 的光纤激光器,1 或 2 个用来导光到工件上的扫描头以及 1 台控制扫描头的工业电脑组

成(见图 1)。这种设计比用一个 50W 激光器分束到两个扫描头上的方式高出达 4 倍以上的效率。该系统最大打标范围是 175mm ×295mm, 光斑大小是 35μm,在全标刻范围内绝对定位精度 ±100μm。100mm 工作距离时的聚焦光斑可小到 15μm。内陷的手动变焦光学系统使得聚焦光斑可以根据需要扩大到 150μm,而不需移动扫描头。

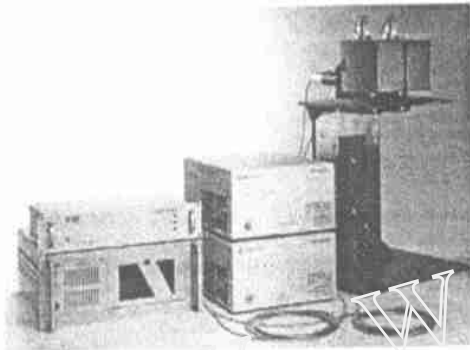


图 1 用于制作半导体器件的具有 2 倍标刻范围的双打标头的光纤激光打标系统

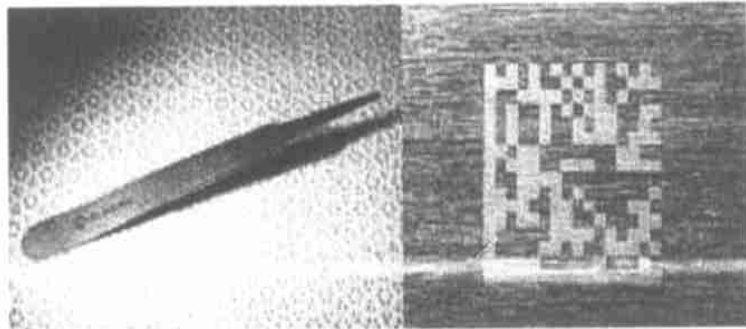


图 2 在不锈钢上的标记字符标刻。尺寸: 6mm ×6mm. 标刻速度:150mm/s。用 25W 光纤激光器将 Logo 雕刻在不锈钢镊子上

与典型的调 Q 的灯泵浦或半导体泵浦的固体激光系统的“非一致性”标刻相比,用连续光纤激光器制成的标刻系统已广泛应用于非“入侵”性的标刻中。这对于在半导体封装上的膜层打标是十分重要的。调 Q 的固体激光器都会可能产生“非一致性”的打标深度和宽度;而且由于传统 Q 开关激光器的高能量和短脉冲的缺点,标记效果可能发生变形,这些变形可能导致微断裂,从而危及工件的寿命和性能。用连续光纤激光器打出的

3 材料处理的应用

光纤激光器的材料处理是基于材料吸收激光能量的部位被加热的热处理过程。1μm 左右波长的激光能很容易被金属、塑料及陶瓷材料吸收。

图 2 展示了用一个 25W 光纤激光器以 150mm/s 的速度在不锈钢上雕刻字符和商标。薄的不锈钢箔能用 15W 的光纤激光器以 750mm/s 的速度进行雕刻。阳极电镀处理过的铝片经 25W 激光功率雕刻后则显现出很高的对比度。这里,激光能量仅仅把镀在上面的有色薄涂层“吹”走而露出下面空白的金属。另外一个精密的层移除应用是采用高能量密度的激光标刻汽车发动板或电子键盘中的背光照明手柄和按键。这里,高聚焦性能适合这类高精密的涂敷层的材料去除应用。

标记根本上不会变形。

4 材料弯曲的应用

光纤激光成型或折曲是一种用于改变金属板或硬陶瓷曲率的技术。集中加热和快速自冷切导致在激光加热区域的可塑性变形,永久性改变目标工件的曲率(见图 3)。研究发现用激光处理的微弯曲远比其他方式具有更高的精密度,同时,这在微电子制造中是一个很理想的方法。

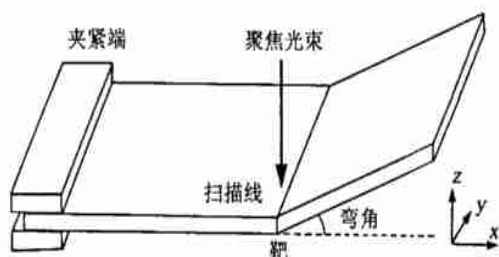


图3 连续光纤激光器弯曲不锈钢、陶瓷或半导体在毫秒级内产生微弧度弯曲精度



连续光纤激光器为硬盘驱动器工业在 24/7 生产环境中提供了一种高性能和高可靠的工具来精确弯曲半导体、陶瓷和金属组件。精细可控的光纤激光光束满足了磁盘驱动器厂家的需求,为其在一系列更小的装置上提供更加精确和重复性能的弯曲方法。其他的优点包括在生产过程中不需要保护装置或耗材,使得生产投资最小。

5 激光切割的应用

激光微切割具有在医疗器械工业中巨大的潜在需求。目前该领域主要应用低廉的灯泵浦固体激光器。然而,为满足不断提高成品率的要求、激光可靠性能以及更少人工维护的需求,对是否继续保留这种传统的激光系统来适应现代工业应用的生产环境提出了严峻的挑战。光纤激光器的横空问世,提供了很多优点来维持高增长和高产量。单模光纤激光器不需要更换反射镜对焦,不再需要闪光灯,完全免维护,紧凑的风冷设计又节约了昂贵的超净厂房空间。

随着光纤激光器的功率不断攀升,光纤激光器在工业切割方面得以规模化应用。比如:用快

速斩波的连续光纤激光器微切割不锈钢动脉管说明了这是一款卓越的微切割工具。在切割实验中,简单的泵浦二极管激发允许斩波频率高达 3000Hz。由于它的高光束质量,光纤激光器以获得非常小的聚焦直径和由此带来的小切缝宽度正在刷新当今医疗器件工业的标准。

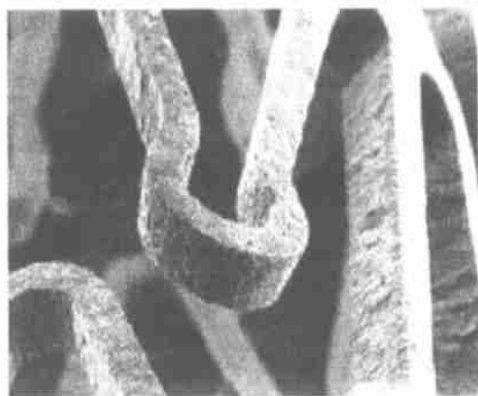


图4 超声波清理过的激光切割不锈钢动脉支架效果图。

6 结束语

光纤激光器是一种紧凑、风冷,“嵌入式”的器件,几乎适合所有的生产线,并具有持续多年不需更换部件和维护的设计等特点。极高的光束聚焦性能提供了超高的功率密度,使其在有效的工作距离内享有更广的应用范围。

光纤激光器所具有的最大优势是其固有的轻便和积木式的现代光纤激光概念及其卓越的性价比。随着市场需求量的增长和生产工艺的流水线化,半导体泵浦激光器和光纤组件的生产成本将会显著降低,将会使得光纤激光器的成本与等效的传统激光系统成本相比更低。(参考文献略)

(No. 3)