

· 激光技术 ·

## 大功率半导体激光器防反射光损伤技术研究

李庆轩<sup>1</sup>, 杨旭<sup>1</sup>, 秦文斌<sup>2</sup>

(1. 中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308; 2. 北京工业大学 激光工程研究院, 北京 100124)

**摘要:** 反射光损伤影响了大功率半导体激光器在工业加工中的进一步应用, 为了解决大功率半导体激光器工业应用中遇到的问题, 对大功率半导体激光器防反射光损伤技术的研究具有重要意义。利用半导体激光线偏振光的特性, 采用偏振分光镜和 $\lambda/4$ 波片的组合装置, 实现大功率半导体激光器的主动防反射光损伤; 结合利用光电监测单元对反射光强度进行监测, 反射光强度高于损伤阈值时, 关闭激光输出, 实现被动防反射光损伤, 研制出了既具有主动防反射光损伤功能又具有被动防反射光损伤功能的防反射光损伤装置, 可应用于工业加工用的大功率半导体激光器中。

**关键词:** 大功率半导体激光器; 防反射光损伤; 主被动结合

**中图分类号:** TN248.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-1255(2017)-02-0021-04

## Research on Anti-reflective Laser Damage Technology of High Power Diode Laser

LI Qing-xuan<sup>1</sup>, YANG Xu<sup>1</sup>, QIN Wen-bin<sup>2</sup>

(1. Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China;

2. Institute of Laser Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** The reflected laser damage has affected the further application of high power diode lasers in industry processing. It is very important to the research on the problem of reflected laser damage technology for solving the problem of the high power diode lasers in industrial application. The active anti-reflective laser damage of the high power diode lasers is realized based on the line polarized laser characteristic of diode laser and using the combination device of polarized beam splitter and  $\lambda/4$  wave plate. The reflective laser intensity is monitored by the electro-optic monitoring unit. When the reflective laser intensity is higher than the damage threshold, the laser output is closed to realize the passive anti-reflective laser damage. The anti-reflective laser damage device with both active and passive anti-reflective laser damage functions is researched which can be used in the high power diode laser of industrial processing.

**Key words:** high power diode laser; anti-reflective laser damage; combination of active and passive

半导体激光器具有电光转换效率高、体积小、寿命长、能耗低、质量轻等优点, 在工业、国防、医疗、信息等诸多领域获得广泛的应用<sup>[1]</sup>。但大功率半导体激光器在工业应用中也遇到了一些问题, 诸如: 反射光损伤问题, 影响了半导体激光器的进一步应用。为了扩展大功率半导体激光器在工业中的进一步应用, 研究大功率半导体激光器的防反射

光损伤技术具有重要的意义, 这也是近年来大功率半导体激光技术一个重要的研究方向。

另外一种主动防反射光损伤技术是采用光隔离器来实现, 光隔离器是一种只允许光线沿光路正向传输的非互易无源器件, 其作用就是阻止光路中产生的反向传输光对光源以及光路系统产生的不良影响, 该方法只适用于低功率激光器防反射光

损伤。

工业应用的半导体激光器,为了防止反射光对激光器的损伤,在加工时采用非垂直入射的方式,激光束非垂直入射到加工件表面,而有一定的角度入射,这样就减少了一部分反射光返回到激光器内部,但是会影响激光加工的质量。另外一种方法是设定反馈系统,当反射光信号高于某一个设定值的时候,系统会自动关闭激光输出,这样就阻断反射光对激光器的损伤。但是这种方法也有其缺点,当遇到高反射率的加工材料时,系统会因为反射光信号过强而频繁的自动关闭激光器输出,会导致加工过程无法进行。

采用偏振分光镜和λ/4波片的组合装置,将加工中反射光分离出主光路,达到主动防反射光损伤的作用,结合利用硅光电二极管制作的光电监测单元监测透过主动防反射光损伤装置的反射光的强度,研制出了既具有主动防反射光损伤功能又具有被动防反射光损伤功能的防反射光损伤装置。

### 1 实验原理及设计

#### 1.1 主动防反射光损伤原理

大功率半导体激光器的主动防反射光损伤装置是利用偏振分光镜将反射光分离出主光路,避免的反射光返回主光路造成激光器的损伤。图2<sup>[2]</sup>为大功率半导体激光器主动防反射光损伤原理图。任一偏振光都可以分解为P分量和S分量的偏振光,且两分量相互垂直。

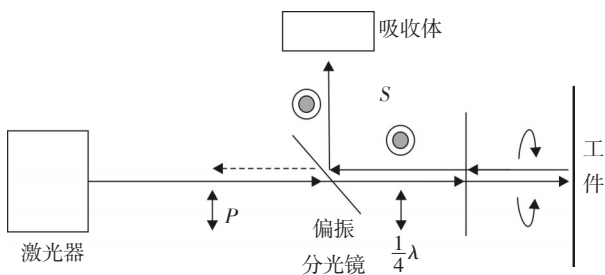


图1 半导体激光器主动防反射原理

如图1所示的半导体激光器所发出的P线偏振光,经过λ/4波片(波片快轴和入射面45°夹角),转换为左旋圆偏振光<sup>[3-15]</sup>,该左旋圆偏振光照射到工件上,由于入射光中既具有P分量和S分量,所以工件

的反射光也具有P分量和S分量,在整个光路中45°放置一个偏振分光镜(P透S反),将反射光中的S偏振光分离主光路,理想情况下就减少了返回到激光器内部的反射光,起到了防止反射光损伤的目的。同时,照射到工件表面的激光是圆偏振光,相对于线偏振光有利于激光加工的均匀性。

#### 1.2 光电监测单元设计

光电监测单元中采用PC20-7硅光电二极管对反射光信号进行采集,其特点是:稳定性好、响应度高、低暗电流、高分流电阻阻抗。主要应用在功率计、荧光探测、气体颗粒物计数、气体分析、分光光度计等。其波长响应范围为400~1 100 nm,如图2所示。其响应度较高的范围集中在800~1 000 nm,此波长范围是工业用大功率半导体激光器的波长范围。

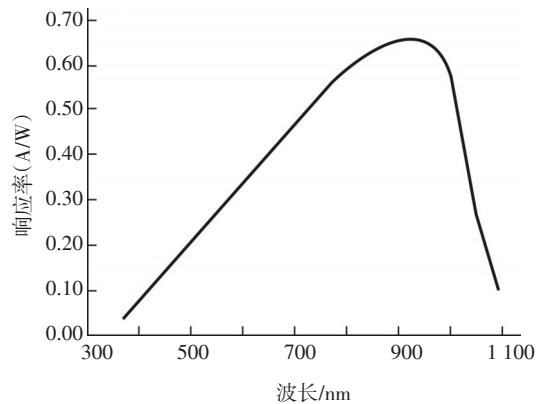


图2 PC20-7光电二极管的光谱响应范围

但是这种光电二极管也有其缺点,输出电流低,最大的输出电流只有几个毫安,为了方便在实验过程中的动态测量,并且提高测量的准确性,因此要对两种光电二极管的输出电流进行放大,装置中采用XTR116放大电路,对其输出电流进行放大。单电源供电<sup>[16]</sup>。采用12 V/2 A的开关电源通过L7805稳压电路对其供电。电路的原理图如图3所示。

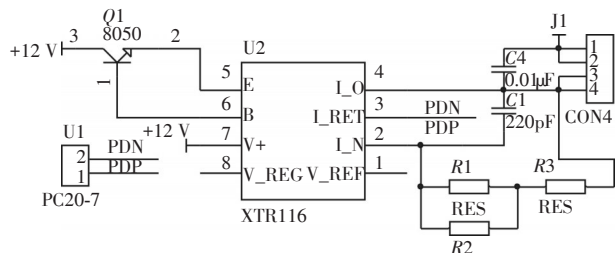


图3 电路原理图

在光电监测单元的回路中分别连接 200 Ω 的电阻,采用万用表对电阻两端的信号进行检测。光电监测实物图如图 4 所示。

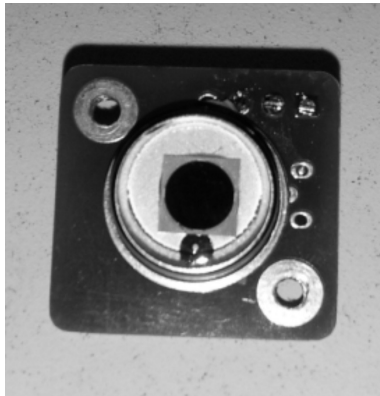


图4 光电检测单元实物图

## 2 实验装置

此防反射光损伤装置中包括一个光电监测单元,两个偏振分光镜,其波长透光率如图 5 所示。一个 λ/4 波片,一个衰减片和一个聚焦镜。

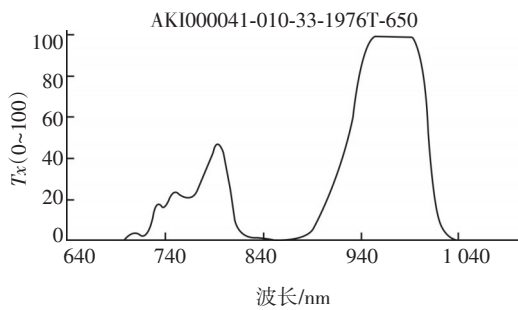


图5 PS偏振片光谱透过率

半导体激光堆栈发出的激光经过整形后,通过两个 45° 放置的 PS 偏振片之后,再经过 λ/4 波片,用功率计接收激光,在反射的回路中,反射光到达 PS 偏振片 B 之后,反射光中的 S 光成分被分离出主光路, P 光成分透射到达 PS 偏振片 A,由于 PS 偏振片有其自身的效率,在透射光中含有极少一部分 S 光,所以 PS 偏振片 A 也会反射一部分光,这部分光经过菲涅尔聚焦镜聚焦之后通过衰减片,到达光电监测单元。图 6 所示为整个装置的光路结构。

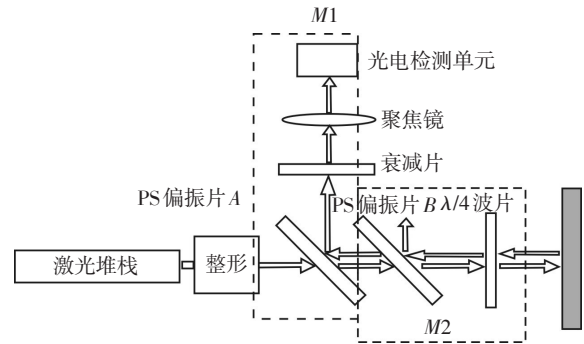


图6 主动和被动结合防反射装置的半导体激光器光路结构

图 6 中所示 M2 区域内的 λ/4 波片和偏振分光镜片 B 构成了主动防反射光损伤装置,将反射光的部分光分离出主光路,另一部分光透过偏振分光镜 B 到达 M1 区域的偏振分光镜 A 仍有部分光被分离出主光路,经过衰减片、聚焦镜到达光电监测单元,如果光电监测单元接收到的信号高于设定的损伤阈值,系统会关闭激光输出,避免造成激光器的损坏, M1 区域内的装置具有被动防反射的功能。

## 3 实验结果及分析

图 7 所示为实验装置图。

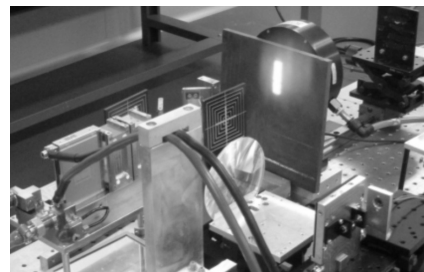


图7 防反射信号测试装置图

实验分为两种情况:无反射光存在,有反射光存在;两种情况下分别测试了光电监测单元接收到的反射光信号强度随着激光功率的变化关系。

实验测试结果如表 1 所示。

分析实验结果可以得出,无论是无反射光存在,光电监测单元采样信号和激光输出功率都呈现出线性关系;有反射光存在时,防反射信号比无反射

射光存在时信号大,不同型号的激光器,可以根据实验测试得出反射光损伤阈值,在加工中,当光电监测单元接收到的信号高于反射光损伤阈值时,可以关断激光输出,避免对激光器造成损伤。图8为激光功率和两信号差值的关系图。

表1 光电监测单元测试数据

序号	激光功率/ W	信号1/V (无反射光)	信号2/V (有反射光)	信号/V (差值)
1	73.5	0.140 3	0.171	0.030 7
2	212.9	0.310 7	0.414 5	0.103 8
3	355.5	0.484	0.662	0.178
4	502	0.657 3	0.908 5	0.251 2
5	646	0.826 3	1.156 5	0.330 2
6	792	1.003	1.416 5	0.413 5
7	935	1.145 7	1.661 5	0.515 8
8	1079	1.322 0	1.915 5	0.593 5

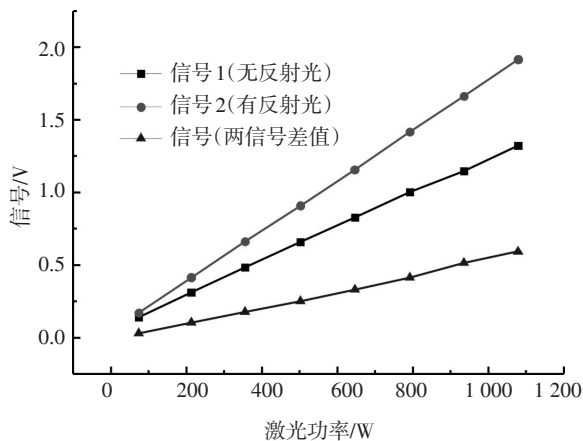


图8 激光功率和两信号差值的关系

## 4 结论

利用半导体激光线偏振光的特性,采用偏振分光镜和 $\lambda/4$ 波片的组合装置,实现大功率半导体激光器的主动防反射光损伤;结合利用光电监测单元对反射光强度进行监测,反射光强度高于损伤阈值时,关闭激光输出,实现被动防反射光损伤,研制出

了既具有主动防反射光损伤功能又具有被动防反射光损伤功能的防反射光损伤装置,可应用于工业加工用的大功率半导体激光器中。

## 参考文献

- [1] Poprawe R. High power diode lasers technology and applications[J]. Springer, 2007: 121-179.
- [2] 秦文斌. 大功率半导体激光系统集成关键技术研究. 北京工业大学. 博士学位论文. 2012:19-26.
- [3] 陈皓, 史建新. 偏振光的理论分析和实验研究[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2009, 27(4): 424-426.
- [4] 赵秋玲, 吴福全, 储金民. 激光高效偏光镜出射光的合束光路分析[J]. 曲阜师范大学学报, 2000, 26(3): 51-53.
- [5] 吴福全, 李国华, 宋连科, 等. 激光高效偏光镜的研究[J]. 中国激光, 1995, 22(1): 37-39.
- [6] 王礼娟, 黄佐华, 陈凤超. 偏振光通过透镜的偏振状态分析[J]. 光学与光电技术, 2007, 5(6): 24-26.
- [7] Wang L, Hodgson C, Erdogan T. A new class of polarization filters for laser applications[J]. Proc of SPIE, 2010, 7598: 75980T-1.
- [8] Klier, Lewis, J W. Polarized light in optics and spectroscopy[M]. Boston: Academic Press, 1990.
- [9] 郝殿中, 吴福全, 孔伟金. 薄膜偏光分束镜的设计与性能测试[J]. 激光技术, 2004, 28(4): 401-403.
- [10] 黄佐华, 朱映彬. 透镜对线偏振光偏振态影响的初步研究[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2007, 2(1): 48-52.
- [11] 孔金伟, 吴福全, 郝殿中, 等. 窄带薄膜偏光分束镜的研制及性能测试[J]. 光子学报, 2004, 33(11): 1373-1375.
- [12] 冯国杰, 王晓东. 激光偏振检测技术研究[J]. 激光与红外, 2009, 39(9): 918-920.
- [13] 郭明磊, 韩新风. 双 $\lambda/4$ 波片复合效应与椭圆偏振光的实验验证[J]. 物理实验, 2009, 29(9): 35-37.
- [14] 任广军, 李国华. 偏光器件的Jones矩阵研究[J]. 光学技术, 2003, 29(5): 578-580.
- [15] 姚启均. 光学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989: 364-365.
- [16] 刘卫东, 刘延冰, 刘建国. 检测微弱光信号的PIN光电检测电路的设计[J]. 电测与仪表, 1999, 36(4): 27-30.