

强激光反射镜半导体致冷研究

郭振华 王世鹏 许德胜 彭文焱

(华中理工大学, 武汉)

摘要: 本文研究了用半导体致冷器冷却高功率激光反射器的情况, 结果表明, 使用这类冷却系统不会产生通常使用水流冷却系统伴随的镜面畸变和抖动。

High power laser-reflector with semiconductor freezer

Guo Zhenhua, Wang Shipeng, Xu Desheng, Pen Wenyan

(Huazhong University of Science and Technology)

Abstract: In this paper, a high power laser reflector with a semiconductor freezer is discussed. Using the freezer, the distortion and vibration of the reflector produced in conventional water-colding system are not generated.

一、引 言

受强激光辐照所引起光学元件的工作失效有不同的机理。如膜层破坏, 镜面变形, 晶粒间或晶粒内部滑移、融熔等。

镜面受强激光辐照时, 最容易产生变形。它是由镜面板厚度方向上的温差所引起的。变形量与吸收的能流密度、镜面直径以及有无冷却有关。在镜面受热自由膨胀变形时, 最大变形量:

$$\delta = \frac{a}{2m\pi h} Q$$

式中, m 为与温度分布有关的一个参数, 无冷却时 $m=1$, 有冷却时 $m=2$; Q 为热负载; a 为热膨胀系数; h 为导热系数。

在非自由状态下, 由于镜面板温度升高, 还会给镜面板的支撑结构一个剪切应力:

$$\tau = aE\Delta T$$

式中, E 为弹性模量; ΔT 为镜面平均温升。

当温升 ΔT 过高时, 会从剪切面断开或在局部支撑点断开, 使镜子破坏。

一般对镜面的冷却采用的是通水冷却。其特点是实用, 简单, 方便。但是对于高功率密度的激光辐照下的镜面, 由于水冷速度较慢, 而且为了提高热交换能力, 需要有很高的压力(10~30atm)和流速, 这些可能使镜面发生变形和抖动而影响整个光学系统的正常工作。为此, 我们就半导体致冷器对于镜面的冷却进行了一些初步探讨。这种致冷原理不涉及惯性质量运动和压力变化, 因此可以保证反射镜无畸变和抖动。

二、实验研究

半导体制冷是本世纪50年代出现的一种新型冷源^[1,2]。它是利用直流电通过半导体时产生的热电效应^[3,4]。

为了较好地研究半导体致冷器对金属(铜)反射镜的冷却效应,我们做了以下几个实验:

(1) 测出与半导体致冷器冷端相贴的反射镜的镜面温度随半导体致冷器的工作电流变化而变化的曲线;

(2) 在致冷器某一工作条件下, 镜面冷却随时间的变化;

(3) 致冷器最佳工作电压、电流, 与镜面上承受的激光辐照功率关系。

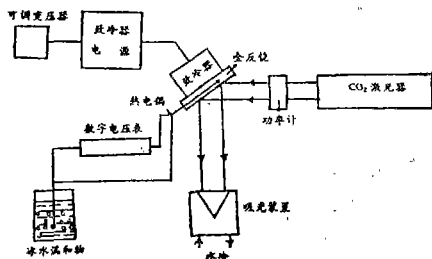


图 1

图1为实验装置图。实验原理是: 将热电偶的一端置于冰水混和物中以保证该端温度为0℃; 另一端放于反射镜镜壁的小孔底部, 该孔深度大于反射镜半径, 我们认为该端反映的就是镜面的温度。于是, 在致冷器工作时, 热电偶两端形成温差而在回路中产生温差电动势, 由电动势大小便知镜面温度

三、实验结果与分析

首先, 测出了空载时镜面温度与致冷器工作电压、电流的关系曲线, 如图2。

由此曲线可看出, 致冷器致冷效果是很显著的。

然后, 又测出了致冷器在某一确定的工作条件下, 镜面温度变化随时间的变化曲线, 如图3。

由图3中曲线可看出, 致冷器刚开始工作时, 致冷效果特别明显, 温度下降很快而后慢慢趋于某一定值。

致冷器工作电压、电流愈大, 这种效应就愈明显。

最后, 我们进行了致冷器在最佳工作条件下与镜面承受的激光辐照功率关系研究的实验。

我们知道, 激光辐照到反射镜上时, 绝大部分被反射, 有一小部分将被镜面吸收。若致冷器的致冷量少于镜面吸收的激光功率, 就会使镜面吸收的热量越积越多, 镜面的温度渐渐上升而没有达到致冷效果; 若致冷器的致冷量大于镜面吸收的热量, 镜面虽然能达到致冷效果, 但却浪费了电能。可见, 对于一定功率的激光, 总存在着一个致冷器的最佳工作电压、电流, 在这条件下的致冷量与镜面吸收的激光能量达到平衡。

所得曲线如图4。图4给出了致冷器最佳工作功率 $P_{致冷}$ 与激光器输出功率 $P_{0.1}$ 的关系曲线。由曲线知, $P_{致冷}$ 与 $P_{0.1}$ 为线性关系, 且:

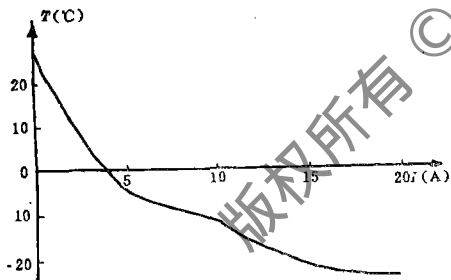


图 2

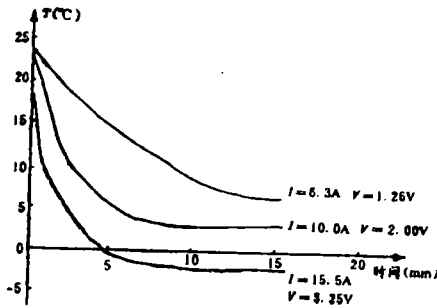


图 3

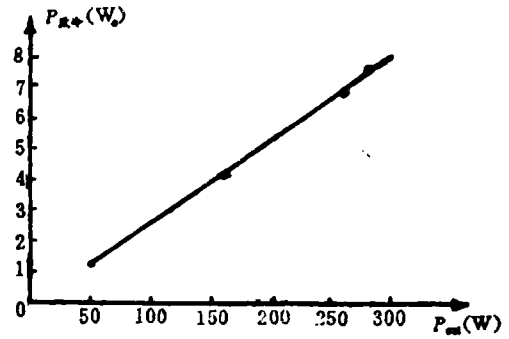


图 4

$P_{0.1} = 10\text{kW}$ 时, $P_{致冷} = 253\text{W}$

综上所述, 我们可得如下结论:

- (1) 半导体致冷器致冷效果是显著的, 而且致冷器工作时间愈短, 其冷却效果愈明显。这对于突然辐照到镜面上的较高功率的激光, 通过致冷器便可迅速地实现镜面的冷却。
- (2) 辐射在镜面上的激光功率与致冷器最佳工作功率呈线性关系。这样, 测出某一激光功率下的最佳致冷器工作功率后, 我们便知任何功率下的激光所对应的最佳致冷器工作条件, 从而较好地选择致冷器以满足实际的需要。

应当指出, 若想增大致冷量, 可采用多级电堆的半导体致冷器。一般只需二级或三级。

参 考 文 献

- [1] 靳恭, 武驹. 半导体及其应用. 北京: 科学出版社, 1975
- [2] 约飞 A Ф, 斯契尔蒂斯 I C, 约尔达尼什维尔 E K. 温差电致冷. 北京: 科学出版社, 1966
- [3] 张国刚. 微型致冷器. 北京: 国防工业出版社, 1984
- [4] 吴业正, 韩宝琦. 致冷原理及设备. 西安: 西安交大出版社, 1987

收到修改稿日期: 1991年4月20日。

• 简 讯 •

超高斯反射镜使CO₂ 激光器输出300W高质量光束

利用一种可变反射的输出耦合器获得类似高功率工业CO₂激光器的CW直流激励快速轴流CO₂激光器的高质量光束。欧洲激光技术公司(比利时)等的研究人员采用有超高斯反射剖面、中心反射率96%的反射镜作输出耦合镜。

一位研究者Sherman说, “像通常的非稳腔那样, 这种反射镜允许使用大容量气体”, 这样, 对于一个激光腔来说, 使用这种反射镜比使用反射率恒定的普通反射镜具有更高的输出功率。这种可调反射镜(VRM)能降低侧瓣的损耗比。

美国Laser Power Optics公司在ZnSe衬底上沉淀低吸收膜层制成了VRM。Sherman报告说, 虽然制作10.6μm的VRM很平常, 但制作10.6μm的VRM, 尤其是有上述高反射率却是一个复杂的课题。他认为VRM有发展的市场。

非稳腔在低阶模时振荡可产生发散度0.35mrad(半最大值全宽度)、衍射极限300W的光束。研究人员预料这种设计能提供千瓦级输出功率。

摘译自LF World, 1991; 27(2): 13 中尧译 松明校