

· 光电器件与材料 ·

大功率半导体激光器载体设计

李雅静¹, 彭海涛²

(1. 咸阳师范学院 物理与电子工程学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 中国电子科技集团公司第十三研究所, 石家庄 050051)

摘要: 激光器工作时由于存在各种非辐射复合损耗和自由载流子吸收等损耗机制, 使注入到器件中的部分电功率转换成热耗散在激光器内, 直接影响激光器的效率和寿命, 因此散热处理一直是一个引人注意的焦点。采用微通道载体解决大功率半导体激光器阵列连续工作时散热问题, 通过 ANSYS 软件模拟优化结构参数, 实验测得了大功率半导体激光器阵列热阻。

关键词: 大功率半导体激光器; 微通道热沉; 散热技术

中图分类号: TN248.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-03-0023-02

Heat Sink Design of High Power Semiconductor Laser

LI Ya-jing¹, PENG Hai-tao²

(1. Dept. Phys & Elec, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China;

2. The 13th Research Institute, CETC, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: When the laser diodes working, the losses of various non-radiating recombination and free carrier absorption are inevitable, so portion of the electrical power is converted into heat dissipation, which caused direct impact on the efficiency and lifetime of the laser. So the heat treatment has been a focus of attention. The micro channel heat sink is used to solve the problem of heat dispersing when the high power semiconductor laser array working, the structure parameters of the micro channel heat sink is optimized by using the ANSYS simulation software, and the thermal resistance of the high power semiconductor laser array is tested.

Key words: high power semiconductor laser; micro channel heat sink; thermal dissipation technology

尽管激光器是理想的电光直接转换器件, 有很高的量子效率, 但是由于存在各种非辐射复合损耗、自由载流子吸收等损耗机制, 使其外微量子效率显著低于量子效率, 这意味着相当部分注入的电功率将转化为热量, 引起激光器温度升高。然而, 激光器是对温度很敏感的器件, 许多参数包括波长、阈值电流、输出功率和寿命等, 都与温度密切相关, 大功率半导体激光器阵列封装的关键在于低热阻、低欧姆接触和散热处理, 微通道热沉散热技术是大功率半导体激光器阵列封装最为关键的技术之一^[1-5]。

1 热阻

热阻是激光器的一个重要的参数, 如果考虑如图 1 所示的一维情况(图 1 中 ΔT 为热耗散功率在半导体激光器中产生的温升; P_T 为热耗散功率; W 为热沉厚度; K 为热导率; A 为有效传热面积)。即假设 Bar 条 p-n 结产生的热耗散仅沿 x 方向传递, 则 Bar 条热阻可按下式计算^[6-8]

$$R_{th} = \frac{W}{K} \cdot \frac{1}{A} \quad (1)$$

热阻还与温度有关, 因为与温度有关的载流子

收稿日期: 2015-04-25

基金项目: 咸阳师范学院专项科研基金(自然科学基金)资助项目(12XSYK016)

作者简介: 李雅静(1983-), 女, 河北人, 西安交通大学在读博士研究生, 现工作于咸阳师范学院物理与电子工程系, 主要从事大功率半导体激光器的研究。

和声子对传导系数有影响。铜、砷化镓和金刚石的热传导系数随温度的变化趋势是:在低温时随温度的升高而增加,在高温时随温度的升高而降低。由于实际工作温度都在 100 K 以上,所以一般热阻随温度的升高而减小。

知道热阻后就可以计算激光器的结温^[9]为

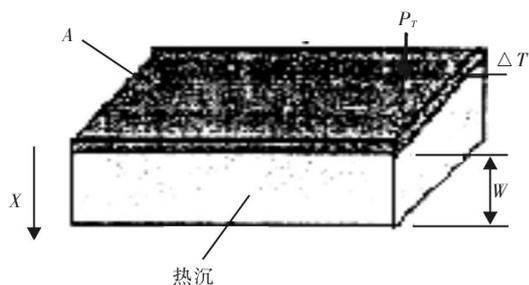
$$\Delta T = R_{th} \cdot P_T \quad (2)$$


图1 一维热传导分析模型

2 载体设计

在设计微通道热沉中需首先考虑微通道热沉材料的选择和冷却液的选择。在文中考虑到热沉材料的热导率和线性热膨胀系数与外延片材料线性热膨胀系数匹配性以及成本、机械加工性、有无毒性等因素,采用无氧铜作为微通道热沉的材料^[10]。

微通道热沉采用液体冷却方式,通过液体把热量从微通道内带走,在选取冷却液时,要求其具有比热大、热传导系数高、没有腐蚀性、粘度小、热膨胀系数小等特点。因此选择水作为冷却液^[11-12]。

设计原理如图2所示。冷却器由冷却水进出口板、分水板及微通道冷却板组成。分水板的作用是通过沟槽,控制水流的流向,达到微通道的各个部分。器件产生热量,传导到微通道冷却板,通过水流在微通道细小沟槽内流动,实现热交换。细小而密集的微通道增大了热交换的面积^[13]。

微通道热沉结构的设计还需对微通道的宽度、叶片的宽度、微通道的深度进行优化设计,通过应用有限元分析软件 ANSYS 模拟优化结构参数。其次为了保证热沉表面温度一致,微通道的取向应与激光器阵列条的横向相垂直;微通道上、下两层结构参数应一致;在制备微通道热沉时要保证微通道壁光洁^[14-16]。

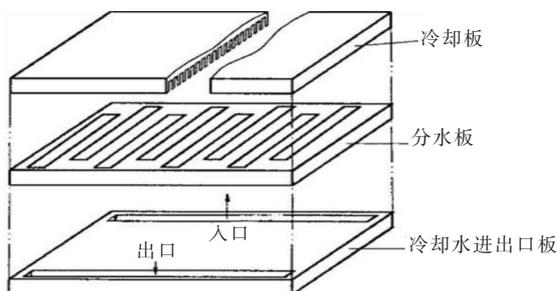


图2 微通道冷却器的设计原理图

采用 ANSYS 模拟优化结构参数的微通道热沉热模拟如图3所示。

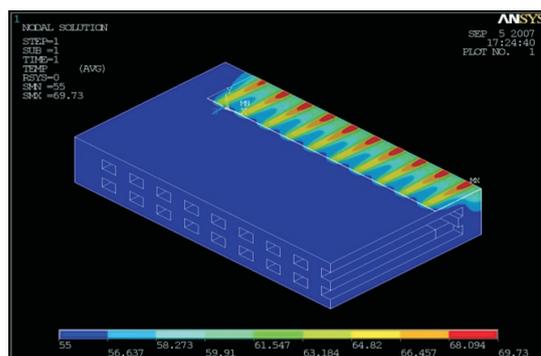


图3 微通道热沉热模拟图

3 微通道阵列热阻测试

半导体激光器的波长会随温度变化产生红移现象,因此在短脉冲下测量相应的波长漂移,从而获得波长漂移与温度之间的曲线关系,进而推算出波长随温度的变化率。

测试方法如下:

(1)将微通道水冷激光器通水,设备水温设为 20 ℃,等到水冷设备显示值与设定值相等时进行测试;

(2)在准连续条件下给激光器加工作电流 40 A,并测试工作电压 V,采集光谱,记录峰值波长 λ₁;

(3)在连续条件下给激光器加工作电流 40 A,并测试光功率 P,采集光谱,记录峰值波长 λ₂;

(4)在 25 ℃和 45 ℃水冷条件下准连续工作,测试激光器波长随电流的变化情况,测得波长漂移系数为 0.226 nm/℃;

(5)计算热阻 R_{th} 如下式

(下转第 53 页)

- [5] 辛光泽.高帧频CMOS相机数据存储与显示技术研究[D].西安:西安工业大学,2014.
- [6] 王蓉.基于FPGA的高帧频CMOS相机数据采集系统设计[D].西安:西安工业大学,2011.
- [7] 吴越,严济鸿,何子述.多模式高速数据采集系统设计与实现[J].仪表技术与传感器,2013(3).
- [8] 曲宏松,张叶,金光.基于数字域TDI算法改进面阵CMOS图像传感器功能[J].光学精密工程,2010,18(8).
- [9] 陶淑苹,金光,曲宏松,等.采用卷帘数字域TDI技术的CMOS成像系统设计[J].红外与激光工程,2012,41(9).
- [10] 李林,姚素英,徐江涛.TDI_CMOS图像传感器多次采样叠加调制传输函数模型研究[J].光学学报,2014(2).
- [11] 王海滨,刘宝华,解传军,等.模拟器中基于SlaveFIFO模式USB数传系统设计[J].2015,23(1).
- [12] 张君怡.USB数据传输技术研究及其应用[D].太原:中北大学,2010.
- [13] 李欢.数字图像处理系统上位机系统设计[D].大连:大连海事大学,2012.
- [14] 张聪慧,郑正奇.基于Matlab的USB数据采集卡上位机处理系统[J].电子设计工程,2011,19(22).
- [15] 隗燕琳,陈进明.基于VB与Matlab的混合编程方法[J].计算机与数字工程,2013(8).

(上接第24页)

$$R_{th} = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)/0.236}{40 \times V - P} \quad (3)$$

通过实验测得的热阻为0.46℃/W。

4 结 论

文中采用无氧铜作为微通道热沉材料,水作为冷却液,通过ANSYS软件模拟优化微通道的宽度、叶片的宽度、微通道的深度三个结构参数设计一无氧铜微通道热沉水冷散热装置,用以冷却大功率半导体激光器连续工作时温升,制作了微通道热沉载体样本应用到大功率半导体激光器阵列上,利用半导体激光器的波长会随温度变化特性,实验测得了连续工作中的大功率半导体激光器阵列热阻,基本达到了设计目的。

参考文献

- [1] 王立军,宁永强,秦莉,等.大功率半导体激光器研究进展[J].发光学报,2015,36(1):1-19.
- [2] 李江,李超,徐昊,等.高功率半导体巴条激光器的热特性分析[J].发光学报,2014,35(12):1474-1479.
- [3] 王文,高欣,周泽鹏,等.百瓦级多芯片半导体激光器稳态热分析[J].红外与激光工程,2014,43(5):1438-1443.
- [4] 张志军,刘云,付喜宏,等.百瓦级半导体激光器模块的风冷散热系统分析[J].发光学报,2012,33(2):187-191.
- [5] 张志军,刘云,付喜宏,等.激光二极管合束模块整体散热热阻分析[J].中国激光,2012,39(4):1239-1243.
- [6] 裘利平,郭伟玲,罗丹,等.大功率980nm InGaAs/InGaAsP/InGaP激光器热特性[J].中国激光,2009,36(6):1356-1359.
- [7] 姜晓光,赵英杰,吴志全.基于ANSYS半导体激光器热特性模拟与分析[J].长春理工大学学报(自然科学版),2010,33(1):41-43.
- [8] 乔彦彬,冯士维,马骁宇,等.GaAs基半导体激光器热特性[J].红外与激光工程,2011,40(11):2134-2137.
- [9] 江剑平.半导体激光器[M].北京:电子工业出版社,2001.
- [10] 曹志峰,唐裕霞,刘景和,等.微通道热冷却大功率半导体激光器[J].长春理工大学学报,2003,26(4):33-36.
- [11] 尧舜,丁鹏,刘江,等.高光数质量大功率半导体激光器阵列的微通道热沉[J].中国激光,2009,36(9):2286-2289.
- [12] 刘云,廖新胜,秦丽,等.大功率半导体激光器叠层无氧铜微通道热沉[J].发光学报,2005,26(1):109-114.
- [13] 杜伟华,杨宏伟,陈国鹰,等.808nm半导体激光器的腔面反射率设计[J].光电工程,2008,35(9):41-44.
- [14] 王媛媛,孙娜,常慧曾,等.复合型微通道热沉设计与制作技术研究[J].微纳电子技术,2012,49(10):688-692.
- [15] 刘刚,唐晓军,王超,等.高功率半导体激光器微通道热沉的方案设计[J].强激光与粒子束,2011,23(8):2057-2061.
- [16] 岳帅旗,刘志辉,徐洋,等.基于LTCC的微通道散热设计[J].电子元件与材料,2011,30(12):45-47.