版权所有 © 《激光技术》编辑部
http://www.jgjs.net.cn

文章编号: 1001-3806(2003)01-0014-02

表面钝化技术对光学灾变的影响的研究*

程东明[1] 刘 云[1] 王立军[2]
([1]中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春, 130021)
([2]中国科学院激发态物理开放实验室, 长春, 130021)

摘要: 介绍了对半导体激光器的腔面进行钝化处理的方法, 分别采用几种不同的试剂对腔面进行处理, 得出不同的结果。实验表明, 用 P_2S_5/ NH_4OH 和(NH_4) $_2S_x$ 共同处理的样品在较高功率时开始发生光学灾变。

关键词: 半导体; 半导体激光器; 光学灾变; 表面钝化
中图分类号: TN248.4 文献标识码: A

Research of influence of surface passivation on catastrophic optical damage

Cheng Dongming[1], *Liu Yun*[1], *Wang Lijun*[2]
([1] Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, the Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130021)
([2] Laboratory of Excited-state Physics, the Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130021)

Abstract: Several methods of the passivation of semiconductor laser facets are introduced. Using the technology of facet passivation, the authors treated semiconductor laser facets with several materials. It is found that the samples treated by P_2S_5/NH_4OH and (NH_4) $_2S_x$ have catastrophic optical damage (COD) at high output power.

Key words: semiconductor; semiconductor lasers; catastrophic optical damage (COD); facet passivation

引 言

半导体激光器在光存储、光通讯、医疗、国防等领域有广阔的发展前景[1]。半导体激光器还可用于光学泵浦, 如 0.98μm 和 1.48μm 的半导体激光器用来泵浦掺铒光纤放大器(EDFA)。寿命长、高功率的半导体激光器越来越受到人们的重视[1]。半导体激光器的退化可分为 3 种: 渐变退化、迅速退化、光学灾变。按照退化的位置, 可分为外部退化和内部退化。外部退化发生在晶体的外部, 包括激光器的腔面。内部退化发生在晶体内部。外部退化主要包括与焊料有关的退化、与解理面有关的退化。光学灾变是和解理面有关的退化, 它是影响半导体激光器寿命的主要因素之一。导致光学灾变的因素很多, 主要的因素是半导体激光器中电子和空穴在腔面附近的非辐射复合及受激发射光子的再吸收。半导体激光器中的光学灾变现象是影响半导体激光器的最大输出功率和器件寿命的一个主要因素。由于在半导体激光器表面存在较高的非辐射复合速率, 因此, 半导体激光器表面的温度较高, 这又导致阈值电流的升高。由于表面局部过热, 导致半导体激光器的光学灾变[2,3]。

1 实验过程

实验采用同一外延片解理的 4 支相同的单管激光器。激光器的条宽为 100μm。谐振腔的长度为 800μm, 表面没有镀膜。激光器的结构如图 1 所示。两边 4 层限制层分别形成折射率渐变梯度。

整个实验过程为: 清洗外延片→溅射 SiO_2 膜→光刻→减薄→镀接触电极→解理为单管→分别在钝化溶液中处理→组装、分别测试。

取 4 支激光器管芯, 编号为 1, 2, 3, 4, 然后进行实验。在实验时, 预先把各种溶液都配好, 随后即对管芯进行处理。对这 4 只管芯是同时进行的, 编号为 1 的管芯未进行任何溶液处理。管芯 2 在 P_2S_5 和 NH_4OH 的混合液中浸泡 4min, 用去离子水清洗后在氮气中吹干。管芯 3 先在(NH_4) $_2S_x$ 和氨水的混合溶液中浸泡 3min~ 6min, 然后在(NH_4) $_2S_2$ 中清洗 2min, 最后在氮气中吹干。管芯 4 在 P_2S_5 和

* 中国科学院重大项目、吉林省科委、中国科学院"十五"重大支持项目。

作者简介: 程东明, 男, 1976 年出生。博士研究生。主要从事半导体大功率激光器的研究。

收稿日期: 2002-03-19; 收到修改稿日期: 2002-04-16

版权所有 © 《激光技术》编辑部
http://www.jgjs.net.cn

NH_4OH 的混合液中浸泡 2min 后, 用去离子水清洗, 然后又在$(NH_4)_2S_x$ 溶液中浸泡 4min, 用去离子水清洗, 最后用氮气吹干。管芯处理完毕后, 马上组装。然后用综合参数测试仪分别测试(在同样的条件下进行的)。图 1 是半导体激光器的结构图。

GaAs(12nm)
$Ga_xIn_{1-x}P$ clad layer (200nm)
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As$ (9nm) active layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) active layer
$Ga_xIn_{1-x}As$ (9nm) active layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$(14nm) confinement layer
$Ga_xIn_{1-x}P$ clad layer (1600nm)
GaAs(12nm)
GaAs substrate

Fig. 1　Schematic cross section of the semiconductor laser

2　结果与讨论

图 2 所示是在常温下, 实验测得的样品的输入电流与输出功率的关系。曲线 1 为未进行处理的样品的 *I-P* 曲线。曲线 2 为用 P_2S_5/NH_4OH 处理的样品的 *I-P* 曲线。曲线 3 为用$(NH_4)_2S_x$ 和氨水混合液处理的样品的 *I-P* 曲线。曲线 4 为用 P_2S_5/NH_4OH 和$(NH_4)_2S_x$ 共同处理的样品的 *I-P* 曲线。

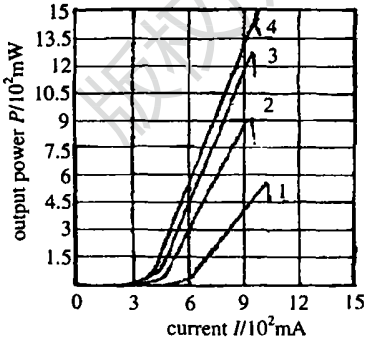

Fig. 2　Light power versus current for treated and untreated lasers

由图可见, 在同样的电流下, 用 P_2S_5/NH_4OH 和$(NH_4)_2S_x$ 共同处理的样品的阈值电流最低, 输出功率为 1500mW 时才发生光学灾变。用$(NH_4)_2S_x$ 和氨水的混合液处理的样品的阈值电流较高, 发生光学灾变时的功率比上一种要低。用 P_2S_5/NH_4OH 处理的样品发生光学灾变的功率更低。没有处理的样品很快就发生了光学灾变。

避免光学灾变的关键因素是减少表面态密度和非辐射复合中心。在半导体激光器中, 接近腔面处的局部热量是由表面分离的 As 原子产生的, 腔面分离的 As 原子作为非辐射复合中心。由于载流子的非辐射复合产生的热量导致带隙的局部热收缩, 在表面的光吸收和随之引起的复合电流会随着温度的升高而加剧。而这种过程是一个正反馈过程。在某一能量输出值, 这种正反馈过程导致温度很快升高, 从而激光器的有源区融化而导致光学灾变的发生[4, 5]。在腔面附近的 As 原子比 Ga 原子更易氧化, 但 Ga 原子氧化有较高的生成热, 所以, Ga 从氧化砷中分离出氧。如果有一种物质被化学吸附作用强烈地吸附在表面非辐射复合中心, 这种物质氧化时的生成热比 Ga 氧化的生成热还高, 氧化反应就会首先发生在这种物质上。故在半导体激光器中应用表面钝化作用, 氧化反应先发生在这种钝化剂上, 从而避免了腔面的氧化, 减少了缺陷的形成。在腔面附近避免了较高的复合电流, 就有可能避免光学灾变。

3　结　论

利用表面钝化技术, 实验成功地提高了半导体激光器发生光学灾变时的功率。但不同的钝化材料会产生不同的结果。在上述实验中, 利用 P_2S_5 和 NH_4OH 的混合液, 然后再用$(NH_4)_2S_x$ 溶液浸泡的方法, 比单一的在$(NH_4)_2S_x$ 溶液中浸泡的方法好。利用 P_2S_5 和 NH_4OH 的混合液处理的方法, 在这个实验中效果最差。对于钝化材料的选择和钝化时间的控制, 仍需进一步研究。

参　考　文　献

[1]　Moser A. A P L, 1991, 59(5): 522~ 524.
[2]　Lee J K, Park K H, Jang D H. IEEE Photon Technol Lett, 1998, 10(9): 1226~ 1228.
[3]　Henry C H, Petroff P M. J A P, 1979, 50: 3721~ 3732.
[4]　Schatz R, Bethea C G. J A P, 1994, 76(4): 2509~ 2521.
[5]　Menzel U, Puchert R. SPIE, 1997, 2994: 591~ 599.