光学精密工程 OPTICS AND PRECISION ENGINEERING

主管：中国科学院
主办：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国仪器仪表学会
主编：曹健林

核心期刊



光学精密工程 2013, 21(3) 590-597 ISSN: 1004-924X CN: 22-1198/TH



现代应用光学

# 852nm半导体激光器量子阱设计与外延生长

徐华伟,宁永强,曾玉刚,张星,秦莉

中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 发光学及应用国家重点实验室

摘要： 设计并外延生长了具有高温度稳定性的InAlGaAs/AlGaAs应变量子阱激光器，用于解决852 nm半导体激光器在高温环境下工作时的波长漂移问题。基于理论模型，计算并模拟对比了InAlGaAs, InGaAsP, InGaAs和GaAs量子阱的增益及其增益峰值波长随温度的漂移，结果显示,采用$In_{0.15}Al_{0.11}Ga_{0.74}As$作为852 nm半导体激光器的量子阱可以使器件同时具有较高的增益峰值和良好的波长温漂稳定性。使用金属有机化合物气相淀积(MOCVD)外延生长了$In_{0.15}Al_{0.11}Ga_{0.74}As/Al_{0.3}Ga_{0.7}As$有源区，通过反射各向异性谱(RAS)在线监测和PL谱研究了InAlGaAs/AlGaAs界面的外延质量，实验证明了通过降低生长温度和在InAlGaAs/AlGaAs界面处使用中断时间，可以有效抑制In析出，从而获得InAlGaAs/AlGaAs陡峭界面。最后，采用优化后的外延生长条件，研制出了InAlGaAs/AlGaAs应变量子阱激光器。实验测试结果显示,其光谱半高宽为1.1 nm，斜率效率为0.64 W/A，激射波长随温度漂移为0.256 nm/K。理论计算结果与实验测试结果相吻合，证明器件性能满足在高温环境下工作的要求。

关键词： 半导体激光器 应变量子阱 外延生长 波长漂移 发射各向异性谱

# Design and epitaxial growth of quantum-well for 852 nm laser diode

XU Hua-wei[1],NING Yong-qiang[1],ZENG Yu-gang[1],ZHANG Xing[2],QIN Li[1]

1. State Key Laboratory of Luminescence and Application, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics
2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences

Abstract: An InAlGaAs/AlGaAs strained quantum well laser with high temperature stability was designed and grown to overcome the emission wavelength shift occurred in high temperature for a 852 nm laser diode. Based on a comprehensive model, the gains and wavelengths versus the operation temperatures of InAlGaAs, InGaAsP, InGaAs and GaAs quantum wells were calculated and compared. The results indicate that $In_{0.15}Al_{0.11}Ga_{0.74}As$quantum well is the most appropriate candidate for the quantum well of the 852 nm laser diode with the higher gain and better temperature stability simultaneously. Then, Metal organic Chemical Vapor Deposition(MOCVD) was used to grow compressive strained $In_{0.15}Al_{0.11}Ga_{0.74}As/Al_{0.3}Ga_{0.7}As$active region and Reflectance Anisotropy Spectroscopy (RAS) and Photoluminescence Measurements (PL) were applied to the evaluation of crystalline quality for InAlGaAs/AlGaAs interfaces. It is proved that the indium segregation effect can be effectively suppressed by lowering the growth temperature and using the interruption time between InAlGaAs quantum well and AlGaAs barriers, and an abrupt interface and good crystalline quality for InAlGaAs/AlGaAs quantum well can be obtained. Finally, an InAlGaAs/AlGaAs strained quantum well laser was grown with optimized growth conditions. Experimental results indicate that the laser has a Full Width Half Maximum (FWHM) of 1.1 nm, the slope efficiency of 64 W/A and the wavelength shift with temperature of 0.256 nm/K. The theoretical calculation results are in good agreement with experimental results, which verifies that the laser meets the work requirements at a high temperature.

Keywords: semiconductor laser strain quantum-well epitaxial growth wavelength shift reflectance anisotropy spectroscopy

收稿日期 2012-04-17 修回日期 2012-05-10 网络版发布日期 2013-03-20

基金项目:

大功率电泵浦扩展腔面发射激光器单模和偏振控制机制;795nm微型铷原子钟用的高温垂直腔面发射激光器材料生长与器件研制;高功率窄线宽二阶金属光栅表面发射分布反馈半导体激光器研究;大功率垂直腔面发射激光器的相干性控制;980nm高效率垂直腔面发射激光材料结构设计生长与器件研制;垂直腔面发射激光器及其面阵地无损检测技术研究;飞秒激光微纳加工在高性能微光学元件制造中的应用基础研究

通讯作者: 徐华伟

作者简介: 徐华伟(1982-)，男，吉林白山人，博士研究生，2007年于吉林大学获得学士学位，主要从事半导体激光器结构设计与外延生长方面的研究。

作者Email: xuhwciomp@163.com

参考文献:

[1]史晶晶，秦莉，宁永强，等. 850 nm垂直腔面发射激光列阵[J]. 光学 精密工程，2012, 20(1): 17-23. SHI J J, QIN L, NING Y Q, et al.. 850 nm vertical cavity surface-emitting laser arrays [J]. Opt. Precision Eng., 2012, 20(1): 17-23. (in Chinese) [2]张星，宁永强，曾玉刚,等. 980 nm高功率垂直腔面发射激光列阵的单元结构优[J]. 光学 精密工程，2011，19(9): 2014-2021. ZHANG X, NING Y Q, ZENG Y G, et al.. Optimization of element structure in 980 nm high-power vertical-cavity surface-emitting laser array [J]. Opt. Precision Eng., 2011, 19(9): 2014-2021. (in Chinese) [3]史晶晶，秦莉，刘迪,等. 大功率垂直腔面发射激光列阵的串接结构[J]. 光学 精密工程，2011, 19(10): 2309-2313. SHI J J, QIN L, LIU D, et al.. High-power vertical cavity surface emitting laser array in series structure [J]. Opt. Precision Eng., 2011, 19(10): 2309-2313. (in Chinese) [4]VINCENT L, FRANCOIS J V, SHAILENDRA B, et al.. High power Al free active region (λ= 852 nm) DFB laser diodes for atomic clocks and interferometry applications [C]. Conference on Lasers and Electro-Optics, California, 2006:398-405. [5] KARACHINSKY L Y, NOVIKOV I I, SHERNYAKOV Y M, et al.. High power GaAs/AlGaAs lasers (λ~850 nm) with ultranarrow vertical beam divergence [J]. Applied Physics Letters, 2006, 89(23): 23114-1-23114-3. [6]KLEHR A, WENZEL H, BROX O,

et al.. High power DFB lasers for D1 and D2 caesium absorption spectroscopy and atomic clocks [C]. Novel In-Plane Semiconductor Lasers Ⅶ, San Jose, 2008: 69091E-1-69091E-10. [7]ZORN M, ZETTLER J T, KNALLER A, et al.. In situ determination and control of AlGaInP composition during MOVPE growth [J]. Journal of Crystal Growth, 2006, 287(2): 637-641. [8]BUGGE F, ZORN M, ZEIMER V, et al.. MOVPE growth of InGaAs/GaAsP-MQWs for high power laser diodes studied by reflectance anisotropy spectroscopy [J]. Journal of Crystal Growth, 2009, 311(4): 1065-1069. [9]晏长岭，秦莉，宁永强，等. GaInAs/GaAs应变量子阱能带结构的计算[J]. 激光杂志，2004, 25(5): 29-31. YAN CH L, QIN L, NING Y Q, et al.. Calculation of energy band structure of GaInAs/ GaAs quantum well [J]. Laser Journal, 2004, 25(5): 29-31. (in Chinese) [10]ZHANG Y, NING Y, ZHANG L, et al.. Design and comparison of GaAs, GaAsP and InGaAlAs quantum-well active regions for 808-nm VCSELs [J]. Optics Express, 2011, 19(13): 12569-12581. [11]徐华伟，宁永强，曾玉刚，等. 852 nm半导体激光器InGaAlAs、InGaAsP、InGaAs和GaAs量子阱的温度稳定性\[J\]. 发光学报，2012, 33(6):640-646. XU H W, NING Y Q, ZENG Y G, et al.. Temperature Stability of InGaAlAs, InGaAsP, InGaAs and GaAs Quantum-wells for 852nm Laser Diode \[J\]. Chin. J. Lumin, 2012, 33(6): 640-646. (in Chinese) [12]徐华伟，宁永强，曾玉刚，等. 反射各向异性谱在线监测852 nm半导体激光器AlGaInAs/AlGaAs量子阱的MOCVD外延生长研究[J]. 中国激光，2012, 39(5):0502010-1-0502010-6. XU H W, NING Y Q, ZENG Y G, et al.. MOCVD growth of AlGaInAs/AlGaAs QW for 852 nm laser diodes studied by reflectance anisotropy spectroscopy [J]. Chinese Journal of Lasers, 2012, 39(5): 0502010-1-0502010-6. (in Chinese)

本刊中的类似文章

1. 朱洪波 李艳华 郝明明 刘云 秦莉 宁永强 王立军.基于偏振复用技术的新型半导体激光加工光纤耦合模块[J]. 光学精密工程，2013,21(5): 1137-1143
2. 朱洪波 张金胜 秦莉 刘云 宁永强 王立军.10 kW连续输出半导体激光熔覆光源[J]. 光学精密工程，2013,21(4): 829-834
3. 朱洪波，郝明明，刘云，秦莉，彭航宇，单肖楠，王立军.808 nm高亮度半导体激光器光纤耦合器件[J]. 光学精密工程，2012,(8): 1684-1690
4. 刘友强，曹银花，潘飞，高静，秦文斌，刘世光，王智勇.激光加工用半导体激光器的光束变换[J]. 光学精密工程，2012,20(3): 455-461
5. 郝明明，刘云，王彪，曹军胜，彭航宇，朱洪波，邰峰利，单肖楠，王立军.半导体激光鼓膜造孔术的光学系统设计[J]. 光学精密工程，2012,20(2): 247-255
6. 刘迪，宁永强，张金龙，张星，王立军.高功率InGaAs/GaAsP应变量子阱垂直腔面发射激光器列阵[J]. 光学精密工程，2012,20(10): 2147-2153
7. 张星，宁永强，曾玉刚，秦莉，刘云，王立军.980 nm高功率垂直腔面发射激光列阵的单元结构优化[J]. 光学精密工程，2011,19(9): 2014-2022
8. 田振华，孙成林，曹军胜，邰峰利，宁永强，王立军.准连续输出大功率半导体激光器的结温测试[J]. 光学精密工程，2011,19(6): 1244-1249
9. 单肖楠，刘云，曹军胜.808nm千瓦级高效大功率半导体激光光源[J]. 光学精密工程，2011,19(2): 452-456
10. 王 烨，张 岩，秦 莉，刘 云，王立军.高功率半导体激光器列阵封装引入应变的测量[J]. 光学精密工程，2010,18(9): 1951-1958
11. 丛梦龙，李 黎，崔艳松，张真骞，王一丁.控制半导体激光器的高稳定度数字化驱动电源的设计[J]. 光学精密工程，2010,18(7): 1629-1636
12. 李 毅，黄毅泽，王海方，俞晓静，张 虎，张 伟，朱慧群.980 nm半导体激光器双布拉格光纤光栅波长锁定器[J]. 光学精密工程，2010,18(7): 1468-1475
13. 李再金;胡黎明;王烨;杨晔;彭航宇;张金龙;秦莉;刘云;王立军.808 nm含铝半导体激光器的腔面镀膜[J]. 光学精密工程，2010,18(6): 1258-1263
14. 王祥鹏,，梁雪梅,，李再金,，王冰冰，王立军.

880 nm半导体激光器列阵及光纤耦合模块

[J]. 光学精密工程，2010,18(5): 1021-1027

15. 王祥鹏,,李再金,,刘云,王立军.半导体激光器列阵的smile效应与封装技术[J]. 光学精密工程，2010,18(3): 552-557