

# 1.3 μm InGaAsP/InP 应变多量子阱 部分增益耦合DFB激光器

陈 博 王 圩 张静媛 汪孝杰  
周 帆 朱洪亮 边 静 马朝华

(国家光电子工艺中心 中国科学院半导体研究所 北京 100083)

**摘要** 本文在国内首次报道了采用直接刻蚀有源区技术在应变多量子阱有源区结构基础上制作了 1.3 μm InGaAsP/InP 部分增益耦合DFB激光器, 器件采用全MOVPE生长, 阈值电流 10mA, 边模抑制比(SMR)大于 35dB, 在端面未镀膜情况下器件单纵模成品率较高

EEACC: 4320J, 0510D, 4250

## 1 引言

随着光纤通信技术发展和需求, 由于增益耦合DFB激光器具有高的单纵模成品率、抗端面反射的影响、及高速调制下具有小的啁啾等优点<sup>[1]</sup>及应变多量子阱激光器在高微分增益、高线性度和高温特性等方面具有优越性<sup>[2~4]</sup>, 因而 1.3 μm 部分增益耦合DFB激光器成为CATV系统和宽带综合业务信息网光纤通信中的理想光源

在DFB激光器中引入增益耦合机制主要有增益光栅和吸收光栅两种方式, 其中采用增益光栅的器件在原理上可能有更好的动态特性, 因而极具研究价值<sup>[5]</sup>。然而由于技术等方面的原因, 增益光栅的制作及光栅表面的再生长是其制作的难点, 如若处理不当, 容易在有源区中引入大量的非辐射复合缺陷, 影响到激光器的激射特性, 这方面内容在文献中亦未见报道

在本文中, 我们采用直接刻蚀有源区的方法, 优化了光栅的刻蚀条件和改善了光栅表面的再生长技术, 利用MOVPE生长方法成功的制作了 1.3 μm 应变多量子阱部分增益耦合DFB激光器

## 2 器件结构及制作

整个器件结构如图 1 所示, 我们采用三次LP-MOVPE外延生长, 制作了平面掩埋异质

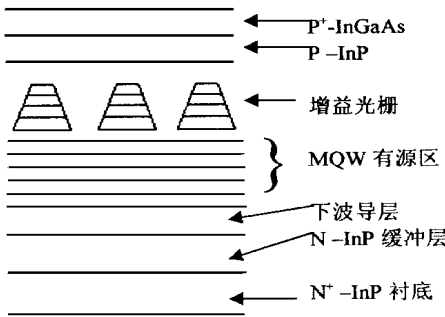


图 1 部分增益耦合DFB  
激光器结构示意图

结(PBH)横向电流限制条形结构激光器

2 1 结构材料生长

首先我们采用的LP-MOVPE生长技术,在AIXTRON/200型MOCVD设备上生长III族元素有机源为三甲基铟(TM<sub>3</sub>In)和三甲基镓(TM<sub>3</sub>Ga),V族元素源为100%磷烷(PH<sub>3</sub>)和砷烷(AsH<sub>3</sub>),p型和n型掺杂剂分别为二乙基锌(DEZn)和2%的硅烷(SiH<sub>4</sub>),载气为经过钽管纯化过的氢气,生长温度为655.在2英寸掺S的(100)晶向n-InP衬底上依次生长n-InP缓冲层(Si

掺杂,  $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ),不掺杂的InGaAsP下波导层( $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ ),不掺杂的10量子阱有源区,不掺杂的InGaAsP上波导层( $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ ,厚度30nm).其中阱层为1%的压应变InGaAsP(阱宽8nm),垒层为-0.5%的张应变InGaAsP(垒宽11nm, $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ ).图2为生长的结构片测试的室温PL谱和X-ray双晶衍射摇摆(DCD)曲线,PL谱的峰值波长1.294 $\mu\text{m}$ ,FWHM为26meV.从X-ray DCD中可以看到 $\pm 5$ 级的卫星峰和卫星峰间的Pendellosung条纹,这说明结构片生长质量良好,各层组分均匀,界面陡峭

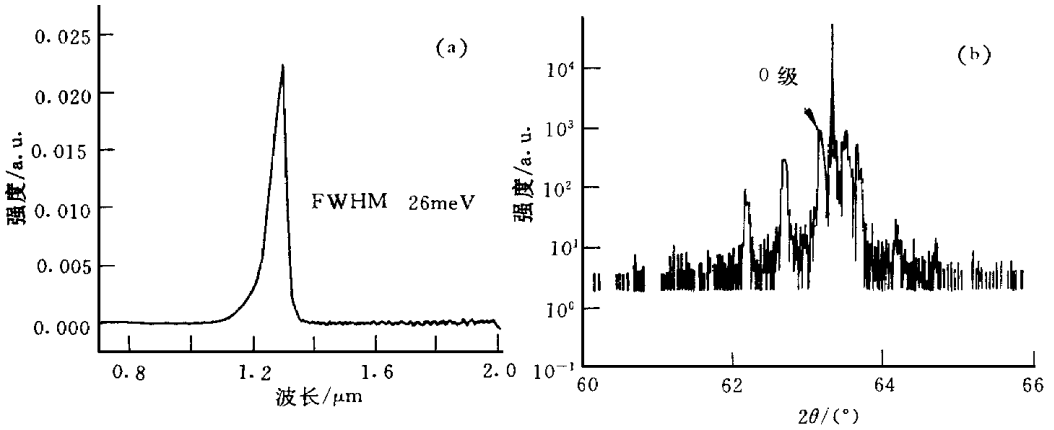


图 2 应变量子阱有源区(a)室温PL谱(b)X-ray双晶衍射摇摆曲线

2 2 光栅制作

对1stMOCVD外延生长的结构片采用全息曝光技术、反应离子刻蚀(RIE)和湿法化学腐蚀技术沿(110)晶向制作出周期200nm,深度100nm的一级光栅,适当控制湿法腐蚀时间可以去除RIE刻蚀光栅表面引入有源区的损伤和缺陷,减少非辐射复合中心对器件特性的影响.光栅层刻蚀穿过3~4个量子阱区,这样形成了部分增益耦合光栅

### 2.3 光栅表面处理和器件的制作

在光栅表面的外延再生长实际上是一种非平面的外延生长,生长前应进行仔细的清洁处理并在MOVPE再生长前在 $\text{H}_2$ 和 $\text{PH}_3$ 气氛保护下对光栅进行烘烤,以减少因在有源区上制作光栅而引入的缺陷、杂质等非辐射复合中心,易于激光器的CW 激射

接着按常规的PBH条形掩埋工艺,采用三次全MOVPE技术生长出有源区宽为 $1.5\mu\text{m}$ 的PBH条形结构,片子减薄至 $100\mu\text{m}$ 左右,P面蒸Au/Zn/Au,N面蒸Au/Ge/Ni合金,解理成腔长为 $300\mu\text{m}$ 的芯片。

### 3 器件测试

图3为端面未镀膜的部分增益耦合DFB激光器典型光输出功率-电流曲线,器件的开启电压为 $0.8\text{V}$ ,反向压降 $-3\text{V}$ ,室温阈值电流 $10\text{mA}$ ,线性输出功率可达 $25\text{mW}$ 左右,器件的单模成率在70%以上,非单模器件主要是多模激射,少部分是Stop Band两侧的双模激射,主要与光栅制备不均匀及器件端面相位有关,图4为器件在不同温度下的光-电流曲线,

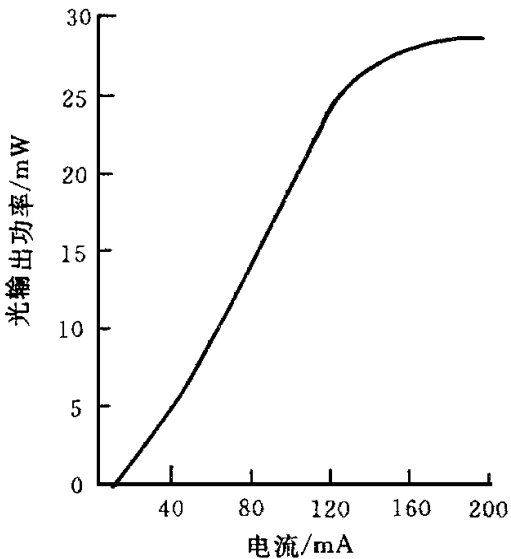


图3 端面未镀膜器件的典型CW工作光输出功率-电流特性曲线

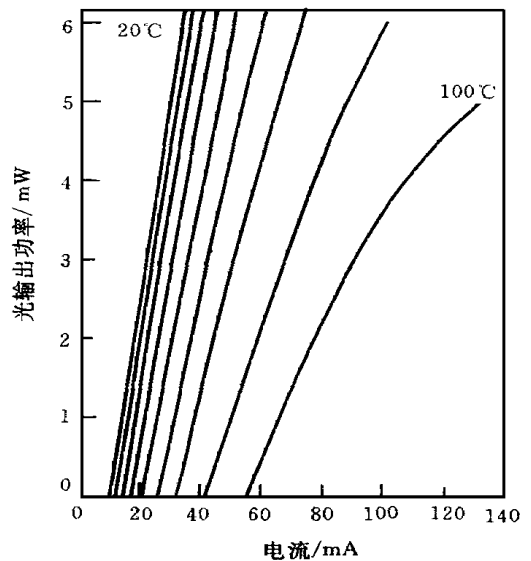


图4 不同温度下的光-电流曲线  
从20至100 每10 一条曲线

温度从20至100 每10 测试一条曲线,由阈值电流 $I_{th}$ 与温度 $T$ 的关系 $I_{th} = I_{th_1} \exp((T - T_1)/T_0)$ ,可得特征温度参数 $T_0$ ,在20~70 时 $T_0 \sim 53\text{K}$ ;70~100 时, $T_0 \sim 45\text{K}$ 。图5为DFB激光器在室温时不同电流的光谱特性,由图可知器件在 $1.311\mu\text{m}$ 处单纵模激射, $I < I_{th}$ 时光谱显示出明显的Stop Band及激射波长在长波长侧,由Stop Band宽度可计算出耦合系数为4.7, $I = 18\text{mA}$  ( $P = 2\text{mW}$ )时 $\text{SMSR} = 38.4\text{dB}$ ;  $I = 53\text{mA}$  ( $P = 7\text{mW}$ )时 $\text{SMSR} = 36.4\text{dB}$ 。

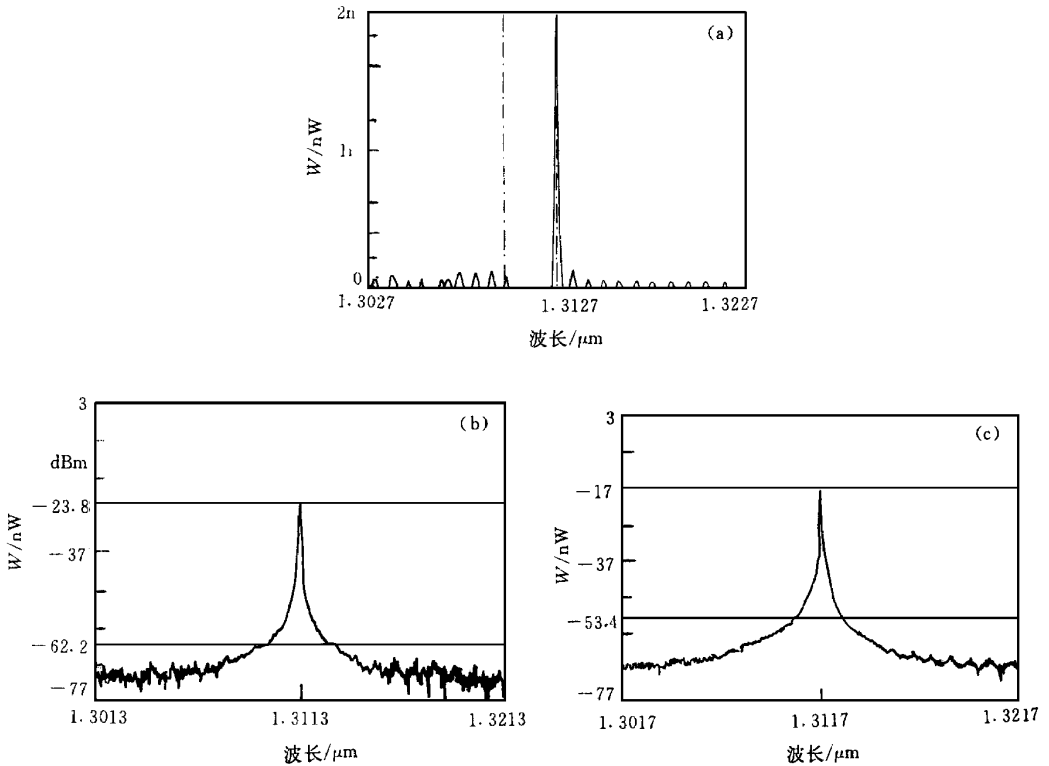


图 5 DFB 激光器在室温下不同注入电流的激光谱

(a)  $I < I_{th}$ , (b)  $I = 18\text{mA}$ , (c)  $I = 53\text{mA}$ .

#### 4 结论

在国内首次采用全MOVPE 技术研制成功  $1.3\mu\text{m}$  应变多量子阱部分增益耦合DFB 激光器 其中增益耦合光栅采用直接刻蚀有源区技术, 从光栅的制作到光栅表面的再生长都与常规的折射率耦合DFB 光栅工艺兼容, 工艺简单可行, 器件实现了阈值电流  $10\text{mA}$ ,  $\text{SM SR}$  大于  $35\text{dB}$ , 线性功率达  $25\text{mW}$  的 CW 单纵模激光

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] Y. Lou, R. Takahashi, Y. Nakano *et al* , Appl Phys Lett , 1991, **59**(1): 37~ 39
- [ 2 ] P. J. A. Thijs, T. van Dongen, L. F. Tiemeijer *et al* , J. Lightwave Technol , 1994, **12**(1): 28~ 36
- [ 3 ] H. Watanabe, T. Aoyagi, A. Takemoto *et al* , IEEE J. Quantum Electron , 1996, **32**(6): 1015~ 1023
- [ 4 ] H. Lu, C. Blaauw, T. Makino, J. Lightwave technol , 1996, **14**(5): 851~ 858
- [ 5 ] Y. Luo, H. L. Cao, M. Dobashi *et al* , IEEE Photonics Technol Lett , 1992, **4**(7): 692~ 695

## 1.3 $\mu\text{m}$ InGaAsP/InP Strained MQW Complex-Coupled DFB Lasers

Chen Bo, Wang Wei, Zhang Jingyuan, Wang Xiaojie, Zhou Fan,  
Zhu Hongliang, Bian Jing, Ma Chao-hua

*(National Research Center for Optoelectronic Technology, Institute of Semiconductors,  
The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083)*

Received 10 March 1998, revised manuscript received 21 May 1998

**Abstract** 1.3 $\mu\text{m}$  InGaAsP/InP strained Multi-Quantum Well DFB Lasers with complex-coupled grating formed by etching through the top 3~4 QWs of active region are reported. The laser structure is grown by allMOVPE and subsequently processed into PBH-LD devices. The threshold current is 10mA. The Side Mode Suppression Ratio (SMSR) is more than 35dB. The 70% of uncoating devices are lased in single longitudinal mode.

**EEACC:** 4320J, 0510D, 4250