

低偏振灵敏度半导体光放大器

段子刚 张哲民 刘德明 黄德修 金锦炎 杨新民 王彩玲
(华中理工大学光电子工程系 武汉 430074) (武汉电信器件公司 武汉 430074)

提要 报道了基于混合应变量子阱材料的半导体光放大器(SOA)。利用张应变量子阱加强了 TM 模的增益,使之接近 TE 模的增益,从而使 SOA 的偏振灵敏度大为降低。在 150 mA 的偏置下,获得了 24 dB 的小信号增益和 1 dB 的偏振灵敏度。

关键词 半导体光放大器,偏振灵敏度,应变量子阱,小信号增益

高偏振灵敏度是阻碍半导体光放大器(SOA)获得实际应用的主要障碍之一。近年来,采用“能带工程”来降低 SOA 偏振灵敏度的研究工作有所报道^[1,2]。基本原理是利用张应变将量子阱的轻空穴能带提到重空穴能带之上,以增强导带电子与轻空穴之间的辐射复合速率,达到提高 TM 模的增益的目的^[3,4]。基于应变量子阱的 SOA,其性能达到了几乎能与掺铒光纤放大器(EDFA)媲美的程度^[2]。我们采用混合应变多量子阱材料制作 SOA,获得了较好的结果。

1 实 验

在 InP 衬底上由 MOCVD 外延生长 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 混合应变量子阱和势垒层。张应变量子阱阱宽为 12 nm,应变量为 -0.75%,压应变量子阱阱宽为 5 nm,应变量为 0.6%,垒宽为 14 nm,应变量为 0.14%。阱宽和应变量为两个十分重要的参数。芯片采用 BH 结构。有源区湿法刻蚀成宽度为 2 μm 的条形,液相外延掩埋生长。制作电极后解理,再腔面增透。安装热沉后加电流,单模光纤耦合,测试。

2 结果与讨论

图 1 和图 2 分别为安装热沉后的腔面未增透 SOA 芯片的 $P-I$ 特性和光谱。测试时,用检偏器分别将 TE 模和 TM 模区分开来。方法是,先用装上热沉的普通半导体激光器芯片所发出的光通过检偏器,光强最大时标定 TE 模对应的检偏器位置,旋转 90°即是 TM 模对应的位置。从 $P-I$ 特性上看出,3T4C(3 个张应变阱和 4 个压应变阱)结构的 TM 模增益不够,没有激射;3T3C 结构的 TM 模大约在 110 mA 偏置下开始激射,微分增益与 TE 模相当;4T3C 结构的 TM 模大约在 100 mA 偏置下开始激射,微分增益较 TE 模为大。由此看出,只有当净应变为张应变,且达到一定的应变量为时,TM 模才能激射。随着张应变量的增加,TM 模的微分增

益加大。并且,随着阱数的增加,材料内部的增益加强,TE 模的微分增益增强。3 种不同芯片的 TE 模阈值电流都在 25 mA 左右。在 TM 模的阈值附近,表现出明显的模式竞争。由于 TM 激射后对载流子的大量消耗,TE 模的微分增益下降, $P-I$ 特性曲线变得平坦。这种模式竞争从图 2 的 4T3C 材料结构芯片的光谱上看得更为清楚。当偏置为 50 mA 时,只有 TE 模式的多模激光器的光谱,当偏置电流加大到 150 mA 时,出现了对应两个不同峰值波长的谱线,分别属于 TE 和 TM 模式。TM 模的中心波长略长于 TE 模。从图上还可以看出因能带填充带来的蓝移。

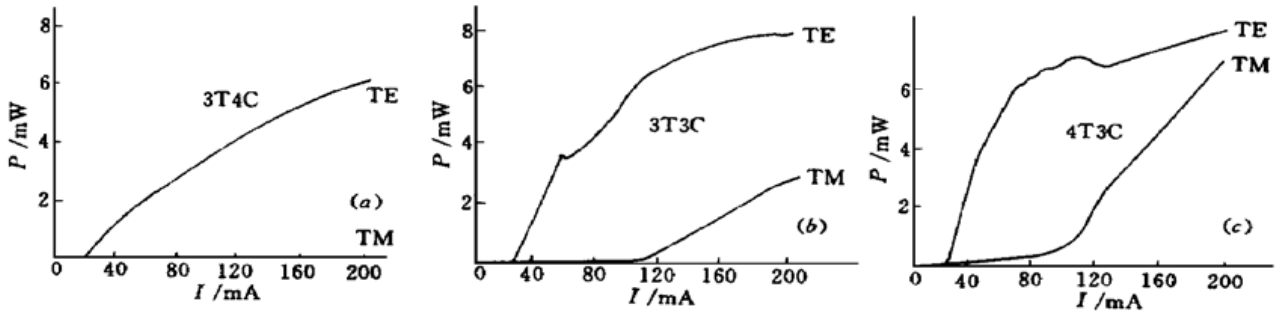


图 1 不同应变量子阱芯片的 $P-I$ 特性曲线

Fig. 1 $P-I$ property of different strained quantum well chips

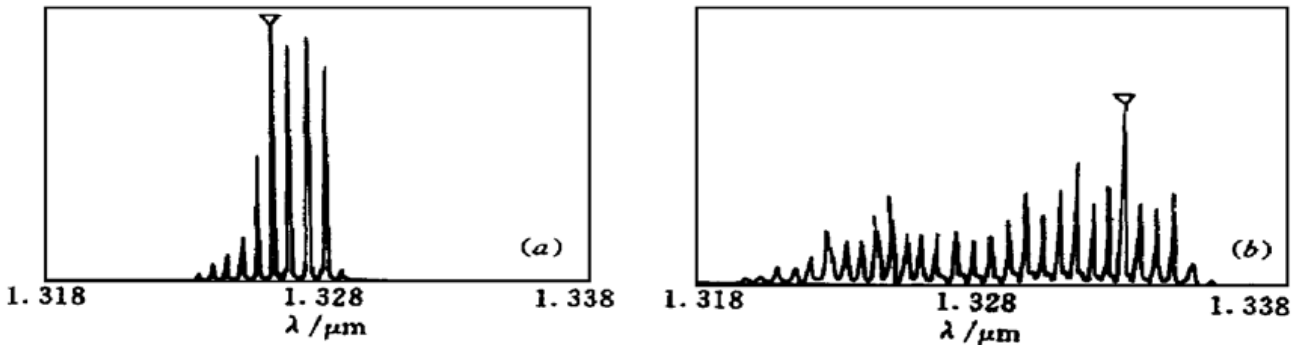


图 2 4T3C 结构芯片的激射谱

Fig. 2 Stimulate spectrum of 4T3C chip

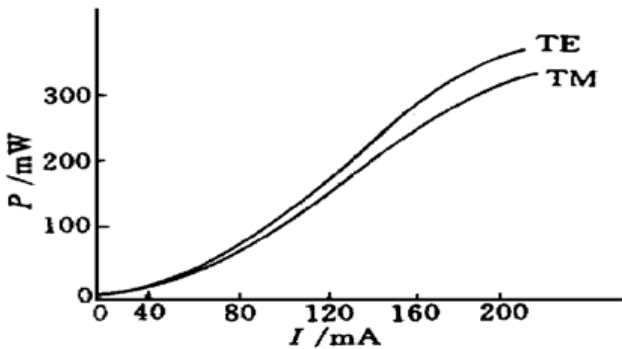


图 3 腔面增透后的 4T3C 芯片的 $P-I$ 特性
Fig. 3 $P-I$ property of 4T3C AR coated chip

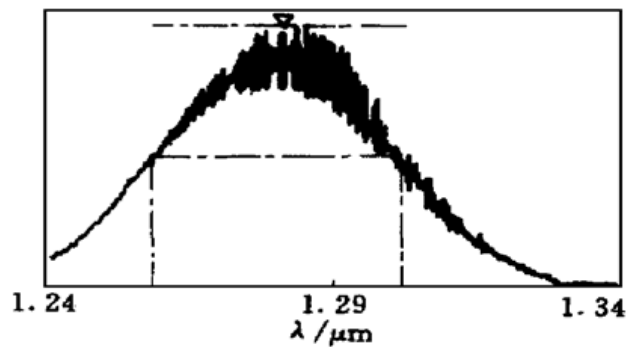


图 4 腔面增透后的 4T3C 芯片的光谱
Fig. 4 The spectrum of 4T3C AR coated chip

采用 SiO 单层膜系对 4T3C 芯片的两个腔面增透后,安装热沉。其 $P-I$ 特性如图 3 所示。最大偏置电流为 200 mA。从图中看出,在此偏置下没有激射。图 4 为其在 100 mA 偏置下的光谱。图中阴影部分是由腔面剩余反射率所引起的调制。这种调制随偏置电流的加大而加深,且由此带来光谱谱宽变窄。

经过偏振控制器后, 1 kHz 交流调制的小信号经单模光纤输入给 4T3C 结构的 SOA, 输出信号由大面积光探测器输入给 1 kHz 选频放大器后给出。由此测出单端耦合的 SOA 的增益。测试前, 先用普通量子阱 SOA 来调节偏振控制器, 找到对应 TE 模的状态, 然后在此状态下, 测试应变量子阱 SOA 的 TE 模增益, 再调节偏振控制器, 使之相对于 TE 模, 在同一偏置和输入信号下, 输出信号最大或最小, 此时, 偏振控制器的状态对应 TM 模。在测定了 TM 模的信号后, 再调节偏振控制器, 使输出信号相对于 TM 模最小或最大, 由此来检验已测得的 TE 模信号。在选频放大器的测量精度范围内, 前后二者一致。反复测试, 信号大小的相对误差小于 6%。测试结果如图 5 所示。

由图 5 可见, 小信号最大增益约为 24 dB。偏振灵敏度 ($G_{TE}-G_{TM}$ 的绝对值) 约为 1 dB。

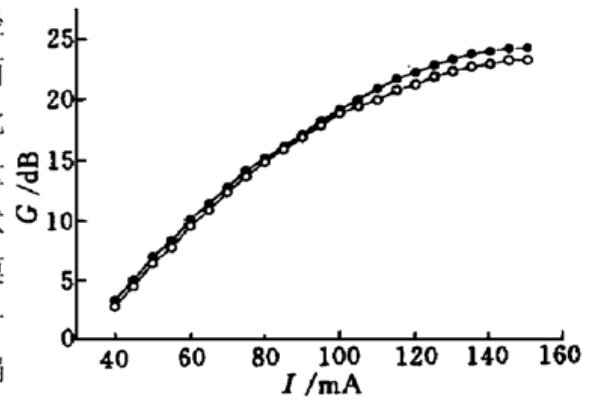


图 5 4T3C 结构 SOA 的增益与电流的关系
Fig. 5 Gain versus biased current of SOA with 4T3C structure

参 考 文 献

- 1 L. F. Tiemeijer. High performance MQW laser amplifiers for transmission systems operating in 1310 nm window at bitrates of 10 Gbit/s and beyond. *Proc. Twenty-first Eur. Con. on Opt. Comm. (ECOC95-Brussel)*, 1995. 259~ 266
- 2 P. Doussiere, P. Garabedian, C. Graver *et al.*. 1.55 μm polarisation independent semiconductor optical amplifier with 25 dB fiber to fiber gain. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1994, **6**(2): 170~ 172
- 3 Minoru Okamoto, Kenji Sato, Hiroyasu Mawatari *et al.*. TM mode gain enhancement in GaInAs-InP lasers with tensile strained layer superlattice. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1991, **27**(6): 1463~ 1469
- 4 Shun Lien Chuang. Efficient band-structure calculations of strained quantum wells. *Phys. Rev. B*, 1991, **43**(12): 9649~ 9661

Semiconductor Optical Amplifier with Low Polarization Sensitivity

Duan Zigang Zhang Zhemin Liu Deming Huang Dexiu

(Department of Optoelectronics Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Jin Jinyan Yang Xinmin Wang Cailing

(Wuhan Telecommunication Device Co Ltd, Wuhan 430074)

Abstract This paper reports 1.31 μm waveband semiconductor optical amplifier (SOA) based on tensile strained quantum wells and compress strained quantum wells. For TM mode the gain is enhanced by tensile strained quantum wells, the SOA performs with low polarization sensitivity. Under the condition of 150 mA bias current, the SOA shows 24 dB small signal gain and 1 dB polarization sensitivity.

Key words semiconductor optical amplifier, polarization sensitivity, strained quantum wells, small signal gain