

文章编号: 0258-7025(2001)09-0786-03

倾斜脊形波导集成超辐射光源*

刘杨 宋俊峰 曾毓萍 吴宾 张源涛 杜国同

(吉林大学电子工程系集成光电子学国家重点联合实验室 长春 130023)

摘要 在研究倾斜氧化物锥形集成超辐射光源的基础上,增加了脊形波导结构,制得了新型的 $1.5\ \mu\text{m}$ 倾斜结构的InGaAsP/InP集成超辐射光源。发现该倾斜结构脊形波导器件具有较好的抑制激射能力。在可测试范围内,在没有蒸镀腔面抗反射膜的情况下,未见激射模式的出现,大大地提高了超辐射功率的输出。最大峰值功率已达到110 mW。

关键词 超辐射发光管, 半导体光放大器, 单片集成, 光谱分割, 脊形波导

中图分类号 TN 248.4 **文献标识码** A

Integrated Superluminescent Light Source with Tilted Structure by Using Ridge Waveguide

LIU Yang SONG Jun-feng ZENG Yu-ping WU Bin ZHANG Yuan-tao DU Guo-tong

(Electronics Engineering Department, State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics, Jilin University, Changchun 130023)

Abstract In this paper, a new type of $1.5\ \mu\text{m}$ InGaAsP integrated device was fabricated by using the ridge waveguide. The lasing was suppressed successfully without any AR (Anti-Reflection) coating on the output facet. No lasing mode was discovered in the range of measurement. Thus, the superluminescent power was improved significantly. Maximum power 110 mW was obtained.

Key words superluminescent diode, semiconductor optical amplifier, monolithic integration, spectrum slicing, ridge waveguide

1 引言

随着波分复用(WDM)器件如阵列波导光栅(AWG)的不断成熟,借助于“光谱分割”^[1-3]技术,使长波长宽谱光源有望成为波分复用系统中的新一代光源,其优势在于用单一光源实现多波长输出,波长调控简便易行。由此,对宽谱光源的功率提出了较高的要求。就目前半导体宽谱光源而言,如发光二极管(LED)和超辐射二极管(SLD)等,它们的输出光功率都很低,虽然普通SLD较LED的功率有很大提高,但它还远远满足不了光谱分割技术的需求。这是因为半导体超辐射器件是通过抑制激射来

实现超辐射发光的,但这种抑制不是绝对的,残存的端面反射使超辐射输出被限制在较低的抽运水平下,而在高增益区往往伴随激射的出现,从而限制了较高超辐射功率的获得。可见抑制激射的手段成为提高超辐射功率的关键。

为了抑制激射,我们提出了倾斜结构^[4]单片集成器件的思想,但是发现在未镀腔面抗反射膜的情况下,随着注入电流的增加(大于1.2 A时)很快出现了腔面间的F-P振荡激射。在此研究基础上,本文引入了脊形波导结构,同样在没有蒸镀腔面抗反射膜的情况下,有效地抑制了激射的发生,在可测试范围内没有激射模式的出现。

2 器件结构及工艺过程

该脊形波导集成器件的结构如图1所示,它由条形超辐射(SLD)区和锥形放大器(SOA)区两部分

* 国家“863”高技术计划、国家自然科学基金(60077021)、教育部博士点基金和973重大基础研究项目(G2000036605)资助。

收稿日期:2000-05-30;收到修改稿日期:2000-07-20

组成,器件的中轴相对输出端面的法线方向倾斜 6° , 锥形的张角为 5° 。整个器件除了引入脊形波导结构外,其张角与倾角与文献[4]相同,典型尺寸如下:SLD 区长为 $300\ \mu\text{m}$, 条形电流注入区宽度为 $5\ \mu\text{m}$, SOA 区长为 $1500\ \mu\text{m}$ 。

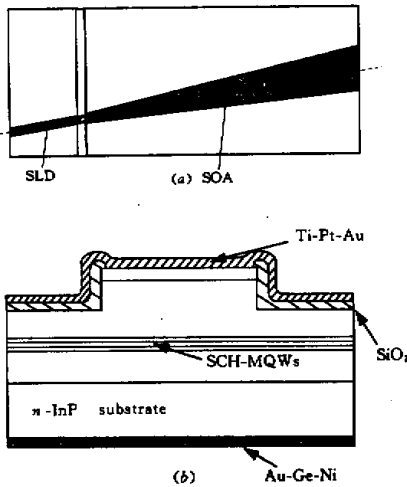


图 1 超辐射集成光源结构示意图
(a) 俯视图; (b) 垂直于轴向的剖面图
Fig. 1 Schematic structure of integrated superluminescent light source
(a) top view; (b) cross-sectional view

整个器件是在 $n\text{-InP}$ 衬底上,采用金属有机化学气相淀积(MOCVD)技术生长的。有源区采用分别限制的多量子阱结构(SCH-MQWs),阱区和垒区分别由 $5\ \text{nm}$ 厚的压应变 ($\lambda_g = 1.60\ \mu\text{m}$) 和 $10\ \text{nm}$ 厚的张应变 ($\lambda_g = 1.30\ \mu\text{m}$) 的 InGaAsP 材料构成。

在制备好的衬底上通过光刻和湿法腐蚀工艺,制出脊形波导结构,如图 1 中剖面图所示,脊深为 $1.2\ \mu\text{m}$;随后,淀积 $300\ \text{nm}$ 厚的 SiO_2 薄膜,通过二次光刻腐蚀工艺,在脊形上开出电流注入窗口;最后,经过蒸镀上电极、减薄、蒸镀下电极、解理、烧结、键合等工艺过程,完成整个器件的制作。器件的出射端面上没有蒸镀抗反射膜(AR coating)。

3 结果和讨论

该器件的测试是在脉冲(脉宽为 $10\ \mu\text{s}$, 占空比

为 1:100)条件下进行的,图 2 为测得的该集成超辐射器件功率和电流的关系曲线,该曲线呈现了超辐射器件特有的典型“软”阈值特征。同样地,随着超辐射部分的电流注入,器件光功率输出与放大器单独工作时相比有较大的提高。由此足以显示出这种集成超辐射器件在提高光功率方面的优势。

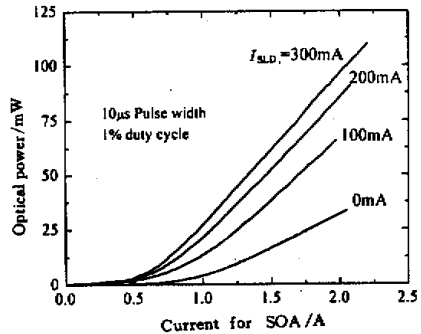


图 2 在超辐射区不同的注入电流下,由放大器输出端得到的超辐射光功率与放大器注入电流的关系曲线
Fig. 2 Optical output power of the device versus current injection of SOA at different SLD current injection

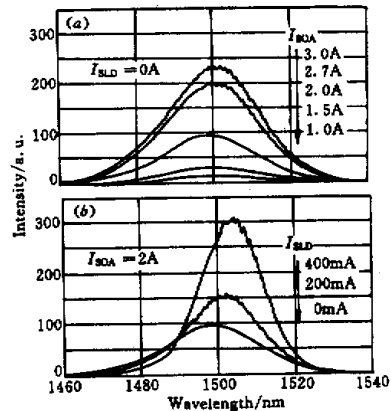


图 3 集成超辐射光源的光谱图(分辨率 $1\ \text{nm}$)
(a) 当 $I_{\text{SLD}} = 0\ \text{A}$ 时,在不同的放大器区注入电流下的情形;
(b) 当 $I_{\text{SOA}} = 2\ \text{A}$ 时,在不同的超辐射区电流注入下的情形
Fig. 3 Spectrum of integrated superluminescent light source (resolution: $1\ \text{nm}$)
(a) spectrum at different SOA currents when $I_{\text{SLD}} = 0\ \text{A}$;
(b) spectrum at different SLD currents when $I_{\text{SOA}} = 2\ \text{A}$

对该器件的光谱特性测试表明,其输出光谱为连续谱,未见激射模式出现。图 3(a)为当超辐射区注入电流为 0 时,在不同的放大器电流注入下的光谱图。随抽运强度的增加,光谱半宽(FWHM)没有明显改变,始终保持在 28 nm 左右,只是其中心波长先后经过“蓝移”和“红移”的过程,这是典型的由于带填充效应和热效应综合作用的结果。

图 3(b)为光放大器的抽运电流为 2 A 时,SLD 区不同注入下的光谱图,由图可见,随着对 SLD 区注入的提高(即随着 SOA 区的入射光功率的提高),光谱宽度(FWHM)逐渐变窄,说明在输出的光束中,受激放大的成分在不断增加。

图 4 是该器件的远场图样,图中出射光束的主峰位于 20° 附近,这是由于器件的轴线倾斜所致。与文献[4]器件相比, 0° 附近未见任何峰包出现,说明没有光束沿垂直解理面方向出射,也就是说,文献[4]中所提及的两解理面之间的 F-P 振荡现象没有出现。这说明在器件结构尺寸相同的情况下,本文引入的脊形波导结构,较好地抑制了两解理面之间的 F-P 振荡。我们认为这是由于脊形波导结构的存在,即波导内外波导层厚度差的存在(见图 1(b)),使得波导内外的有效折射率(n_{eff})出现差异,从而在横向上对光线产生了限制,将大部分的光线导引在脊形波导内,根据波导的模式理论^[5],我们

对脊形波导内外多层平板波导的有效折射率进行了模拟数值计算,得到脊形波导内外的有效折射率差值 Δn_{eff} 为 0.01~0.02 左右,这种有效折射率的变化足以使沿垂直于解理面方向传播的光线在脊形波导边缘处发生偏折,从而有效地减弱了沿这一方向的传播的光束,抑制了 F-P 振荡激射模式的建立。

通过以上对器件光谱及其远场特性的分析,我们可以断定倾斜脊形波导结构成功地抑制了 F-P 激射。

当放大器的注入电流为 2.0 A,超辐射区的注入电流为 300 mA 时,我们得到了 110 mW 的最大超辐射输出功率。此时,光谱宽度(FWHM)和平行、垂直于结平面的远场半宽分别为 20 nm, 15° 和 60° 。

4 结 论

在倾斜结构^[4]单片集成器件的基础上,引入了脊形波导结构,制得了倾斜型脊形波导结构的 1.5 μm 集成超辐射光源。在没有蒸镀面抗反射膜的情况下,有效地抑制了激射的发生,在测试范围内没有激射模式出现。最大超辐射功率达到 110 mW,光谱宽度(FWHM)为 20 nm。

参 考 文 献

- 1 D. K. Jung, S. K. Shin, C.-H. Lee *et al.*. WDM passive optical network based on spectrum slicing techniques. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1998, 10(9):1334~1336
- 2 K.-Y. Liou, U. Koren, K. Dreyer *et al.*. A 24-channel WDM transmitter for access systems using a loop back spectrally sliced LED. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1998, 10(2):270~272
- 3 D. D. Sampson, W. T. Holloway. 100 mW spectrally-uniform broadband ASE source for spectrum-sliced WDM systems. *Electron. Lett.*, 1994, 30(19):1611~1612
- 4 Liu Yang, Zeng Yuping, Song Junfeng. InGaAsP/InP integrated superluminescent light source with tilted structure. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 2001, 28(5): 412~414 (in Chinese)
- 5 Guo Changzhi. *The Mode Theory of Semiconductor Lasers*. Beijing: People Publishing House of Posts and Telecommunication, 1989. 198~204 (in Chinese)

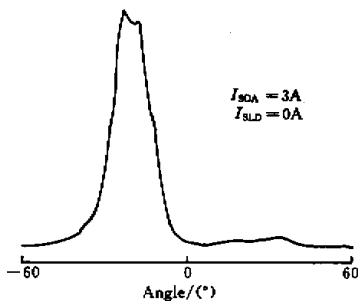


图 4 集成超辐射光源的平行于结平面的远场图

Fig. 4 Far field pattern parallel to the junction plane