

# 取样光栅 DFB 激光器\*

阚 强 赵玲娟 周 帆 王宝军 王 圩

(中国科学院半导体研究所 国家光电子工艺中心, 北京 100083)

摘要: 制作了取样光栅 DFB 激光器, 比较研究了三种取样光栅的制备工艺, 测试得到的取样光栅 DFB 激光器梳状光谱和理论计算大致吻合.

关键词: 取样光栅; 取样光栅 DFB 激光器; 梳状光谱

EEACC: 4320J

中图分类号: TN248

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2005)S0-0189-03

## 1 引言

近年来, 取样光栅(SG)结构的宽带可调谐激光器成为研究的热点. 这是由于取样光栅制作工艺与传统全息曝光光栅制作工艺兼容, 无需使用昂贵和低效的电子束刻蚀工艺和灵活性差的相位掩膜板曝光技术, 并且取样光栅结构同样能实现高的边模抑制比(SMRS)和较大的调谐范围<sup>[1]</sup>. 我们制作了取样光栅结构的 DFB 激光器, 达到了验证取样光栅制作工艺的目的, 而且取样光栅结构是一种较好的实现多波长激射的方法<sup>[2]</sup>. 本文分析比较了三种取样光栅的制备工艺, 其中使用 InP 进行掩膜和光刻, 是效果最好的方法, 并用传输矩阵方法对取样光栅进行理论分析, 测试结果与理论计算得到的取样光栅的梳状光谱大体相对应.

## 2 实验

器件采用与普通 DFB 激光器相同的一次外延结构, 在上波导上制作光栅, 取样光栅结构如图 1 所示.  $Z_0 = 57\mu\text{m}$  为取样周期,  $Z_1 = 7\mu\text{m}$  为单个取样周期内光栅长度. 空白无光栅区域为相移区. 本文测试的激光器有 10 个取样周期.

通过介质进行掩膜或者二次曝光的方法达到只在很小区域内形成光栅的目的. 图 2, 3 分别是采用  $\text{SiO}_2$  和 InP 做掩膜介质得到的取样光栅. 波导上方

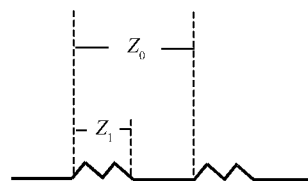


图 1 取样光栅示意图

Fig. 1 Schematic diagram of sampled grating

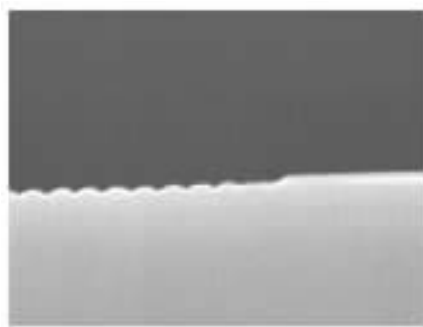


图 2  $\text{SiO}_2$  掩蔽生成取样光栅

Fig. 2 Sampled grating fabricated using  $\text{SiO}_2$  mask

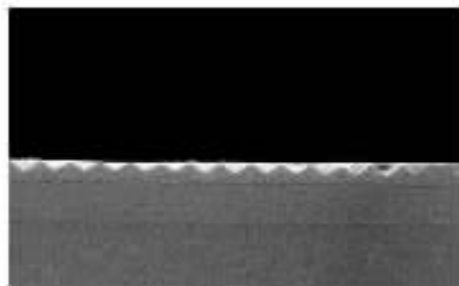


图 3 InP 掩蔽生成取样光栅

Fig. 3 Sampled grating fabricated using InP mask

\* 国家高技术研究发展计划资助项目(批准号: 2002AA312150)

分别生长了  $\text{SiO}_2$  和  $\text{InP}$  介质. 在需要制作光栅的区域光刻出光栅窗口后, 采用全息曝光方法制备光栅, 然后去掉掩膜介质. 可以发现采用  $\text{InP}$  做掩膜介质制作的取样光栅, 光栅区和非光栅交界的边界清晰, 介面平整, 较采用  $\text{SiO}_2$  掩膜更为优越. 采用二次曝光方法也能得到效果很好的取样光栅. 但是采用二次曝光方法时, 非光栅区域的波导也会被刻蚀掉同光栅深度相当的厚度, 这种方法不适合于将来取样光栅 DBR 的制作.

取样光栅工艺完成之后, 生长  $\text{p-InP}$  cladding 层和  $\text{p}^+\text{-InGaAs}$  电接触层; 再刻出脊波导, 脊宽为

$$T_g = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma L) - \frac{j\Delta\beta}{\gamma} \sinh(\gamma L) & -\frac{j\kappa}{\gamma} \sinh(\gamma L) \\ \frac{j\kappa}{\gamma} \sinh(\gamma L) & \cosh(\gamma L) + \frac{j\Delta\beta}{\gamma} \sinh(\gamma L) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$P = \frac{\lambda^2}{2\mu_g Z_0} \quad (4)$$

式中  $R$  为向前传播的电场;  $S$  为向后传播的电场;  $T$  为  $2 \times 2$  矩阵;  $T_h$  是相移区传输矩阵;  $T_g$  是光栅区对应传输矩阵;  $\beta = \mu_g k_0 + jg_{th}/2$  为传播常数;  $\Delta\beta = \beta - \beta_0$ ,  $\beta_0 = \pi/\Lambda$  为布拉格传播常数;  $\gamma^2 = \kappa^2 - \Delta\beta^2$ ,  $\kappa$  为光栅耦合系数.

利用传输矩阵理论计算出的梳状光谱如图 4 所示. 由(4)式可以算出梳状光谱反射峰间隔  $P$ ,  $\mu_g$  为波导结构有效群折率, 本文激光器对应有效折率  $\mu_g = 3.22$ , 布拉格光栅对应激射波长  $\lambda = 1.57 \mu\text{m}$ .

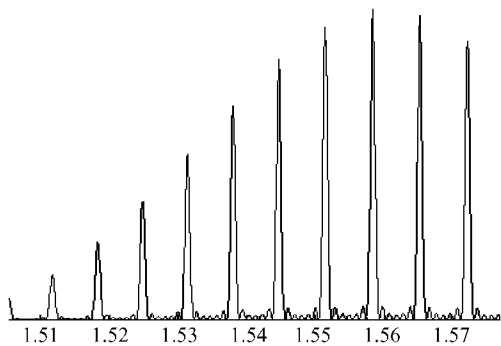


图 4 模拟计算梳状光谱

Fig. 4 Calculated comb spectrum

图 5 为光谱仪测试出的激光器激射的梳状光谱. 由于解理精度不够的原因造成端面光波相位的不确定性, 是产生误差的一个主要原因.

$2 \mu\text{m}$ ;  $\text{p}$  面溅射  $\text{Ti/Pt/Au}$ , 芯片背面减薄至  $100 \mu\text{m}$ , 背面蒸发  $\text{Au/Ge/Ni}$ , 之后进行解理测试.

### 3 理论分析和测试结果

由传输矩阵理论<sup>[3]</sup>:

$$\begin{pmatrix} R(L) \\ S(L) \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} R(0) \\ S(0) \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$T_h = \begin{bmatrix} \exp(-j\beta L) & 0 \\ 0 & \exp(j\beta L) \end{bmatrix} \quad (2)$$

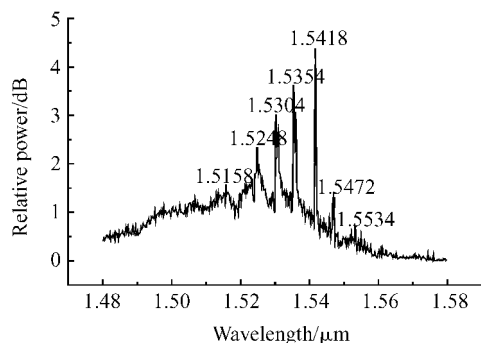


图 5 取样光栅 DFB 阈值以下光谱

Fig. 5 Spectrum of sampled DFB laser before threshold

### 4 结论

实验比较了三种取样光栅制备方法. 其中采用  $\text{InP}$  做掩膜的方法可以得到质量良好的取样光栅, 利用这种方法成功制作了取样光栅 DFB 激光器. 文中模拟了取样光栅 DFB 激光器的发射光谱, 与测试结果大体吻合, 证明我们的取样光栅制作工艺是成功的. 关于取样光栅宽带可调谐激光器的进展情况我们将很快进行报道.

### 参考文献

- [1] Jayaman V, Chuang Z M, Coldren L A. Theory, design, and performance of extended tuning range semiconductor lasers with sampled gratings. IEEE J Quantum Electron, 1993, 29

- (6):1824
- [ 2 ] Hussein M, Vilcot J P, Decoster D, et al. Design and simulation of a dual mode semiconductor laser using sampled grating DFB structure. IEEE Proceedings in Optoelectronics, 2000, 147(1):37
- [ 3 ] Makino T. Effective-index matrix analysis of distributed feedback semiconductor lasers. IEEE J Quantum Electron, 1992, 28(2):434

## Sampled Grating DFB Laser\*

Kan Qiang, Zhao Lingjuan, Zhou Fan, Wang Baojun, and Wang Wei

(*Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** A sampled grating DFB laser is fabricated. Three methods of fabricating sampled grating are compared. The comb spectrum of the laser is approximately coincided with the calculated spectrum.

**Key words:** sampled grating; sampled grating DFB laser; comb spectrum

**EEACC:** 4320J

**Article ID:** 0253-4177(2005)S0-0189-03

\* Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China(No. 2002AA312150)

Received 16 October 2004, revised manuscript received 29 November 2004

©2005 Chinese Institute of Electronics