

增镀光学薄膜改善 DFB 激光器的光谱特性

毕可奎 汪孝杰 朱洪亮

(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 利用增镀光学薄膜的方法,有效地将原来处于双模工作的 $1.3\mu\text{m}$ DFB 激光器变为单模工作的激光器。选择的增镀膜层起到了抑制边模的作用,从而改变了激光器的模式特性。实验表明,增镀光学薄膜技术可望成为改善 DFB 激光器单模成品率的一种辅助方法。

关键词: 光谱特性, 激光器, DFB, 镀膜

PACC: 6855, 6110, 6170Q

文章编号: 0253-4177(2000)01-0085-04

Improved Spectral Characteristics of DFB Lasers by Added Coating^{*}

BI Ke-kui, WANG Xiao-jie and ZHU Hong-liang

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

Received 20 July 1998, revised manuscript received 24 September 1998

Abstract The selected coating technique can be used to improve the single longitudinal mode yield of the index-coupled(IC) DFB lasers, because the facet of the grating for IC-DFB lasers can be changed by the selected coating on the facet. The experiments show that the selected coating technique is an efficient method for transforming two mode operation of IC-DFB lasers to single mode.

Key Words: Spectral Characteristics, Lasers, DFB, Coating Film

PACC: 6855, 6110, 6170Q

Article ID: 0253-4177(2000)01-0085-04

毕可奎 1940 年出生,高级工程师,近几年主要从事研制光学薄膜和在半导体激光器上的应用。

汪孝杰 1942 年出生,高级工程师,从事光电子器件测量。

朱洪亮 1957 年出生,副研究员,光电子器件及量子阱材料外延生长。

1998-07-20 收到, 1998-09-24 定稿

1 引言

由于光栅的引入, DFB 激光器在较宽的工作温度和电流范围内, 具有稳定的单纵模模和很高的边模抑制比(SMSR). 特别是在高速调制下仍保持单纵模特性, 成为远距离高速光通信系统中的理想光源. 因而在飞速发展的光电子领域中受到极大的重视.

众所周知, DFB 激光器的光反馈, 是由腔内光栅的分布反射提供的. 光栅在解理端面处的相位会对激光器的特性起重要的影响. 这已通过离子刻蚀逐步改变腔面位置, 也就是改变了端面光栅的相位的实验所证实^[1,2].

从理论上讲, 折射率耦合 DFB 激光器存在着模式简并现象, 容易出现双模. 已经有许多文献报道了消除这种简并的方法^[3,4]. 其中简单有效的技术是在激光器解理端面镀非对称光学膜, 人为造成这两个简并态之间出现增益差, 从而改善 DFB 激光器的单模工作几率.

但即使在 DFB 激光器一个端面镀高反射膜(HR), 另一个端面镀增透膜或称为抗反射膜(AR), 仍有部分激光器工作在非单模状态. 本文的工作是以这些器件为样品, 在其出光端面增镀适当厚度的膜层, 使其中部分激光器实现单模工作. 实验证明, 增镀光学薄膜技术可成为提高 DFB 激光器单纵模工作的一种辅助手段.

2 实验

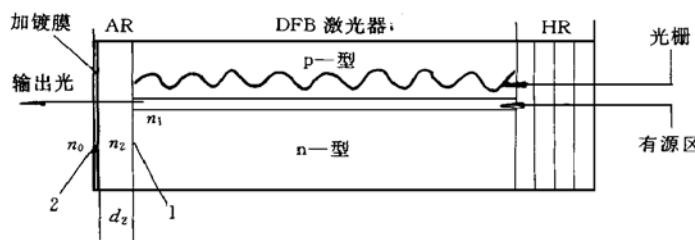


图 1 实验用 DFB 激光器的基本结构示意图

FIG. 1 Diagram of DFB Laser Structure

膜的反射系数 r 可用复数形式表示为^[5]:

$$r = |r| e^{j\phi} = \frac{r_1 + r_2 e^{-j2\delta_2}}{1 + r_1 r_2 e^{-j2\delta_2}} \quad (1)$$

$$|r| = \left[\frac{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos 2\delta_2}{1 + r_1^2 r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos 2\delta_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left[\frac{r_2(1 - r_1^2) \sin 2\delta_2}{r_1(1 + r_2^2) + r_2(1 + r_1^2) \cos 2\delta_2} \right] \quad (3)$$

其中 $|r|$ 和 ϕ 是反射系数的振幅和相位; r_1 和 r_2 是界面 1 和界面 2 的反射系数; d_2 是单层增透膜的厚度; δ_2 是薄膜的位相厚度. 考虑到激光器反射的光是垂直透过单层增透膜的. 这样, 反射系数 $r_1 = (n_1 - n_2)/(n_1 + n_2)$ 和 $r_2 = (n_2 - n_0)/(n_2 + n_0)$, 位相厚度 $\delta_2 = 2\pi n_2 d_2 / \lambda$, 其中 λ 是工作波长.

这些关系表明, 在增透膜的折射率 n_2 被选定后, 改变光学膜的厚度就改变了位相厚度. 这既改变了反射系数的振幅, 也改变了反射系数的相位. 端面处光学膜与光栅各自的反射振幅和位相, 将共同影响激光器的光谱特性.

实验过程中, 首先对背面镀 HR 膜, 正面镀有 AR 膜的一批 $1.3\mu\text{m}$ DFB 激光器进行光谱特性和输出特

本实验所用 $1.3\mu\text{m}$ DFB 激光器的基本结构如图 1 所示. DFB 激光器的一个端面用电子束蒸发镀有多层介质高反射膜(HR), 光输出端面镀有单层厚度为 $1/4$ 波长的增透膜(AR). 图中的 n_1 , n_2 和 n_0 分别表示激光器波导区, 增透膜和空气的折射率. 1 是指激光器的解理面与增透膜的界面, 2 是指增透膜和空气的界面.

从薄膜光学原理知道, 单层光学

性的测量,选出具有双模工作特性的器件作为本实验的样品.然后在这些器件的出光端面上增镀适当厚度的膜层,膜厚是由控制蒸发速率的石英晶体振荡控制仪指示的.

3 结果和讨论

图 2 为实验样品的曲型光谱特性,可以看到,不管在小电流下,还是在较高电流下工作,激光器的主模一侧总出现一较强边模.该边模随注入电流的增加而增强,使器件的 SMSR 变得很小.通过实验,在出光面适当增镀一定厚度的膜层之后,器件的这一边模就得到了抑制,小电流和大电流下都有很高的 SMSR(见图 3).

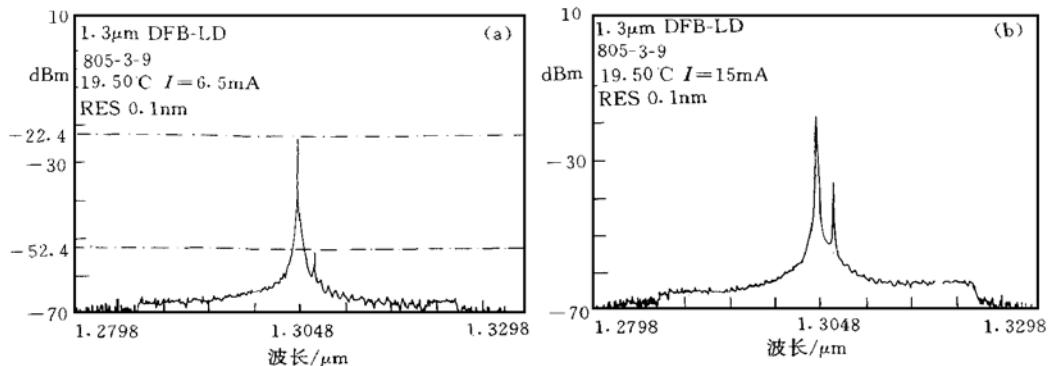


图 2 1.3μm DFB 激光器样品实验前的光谱特性

FIG. 2 Spectrum of 1.3μm DFB Laser Without Coating

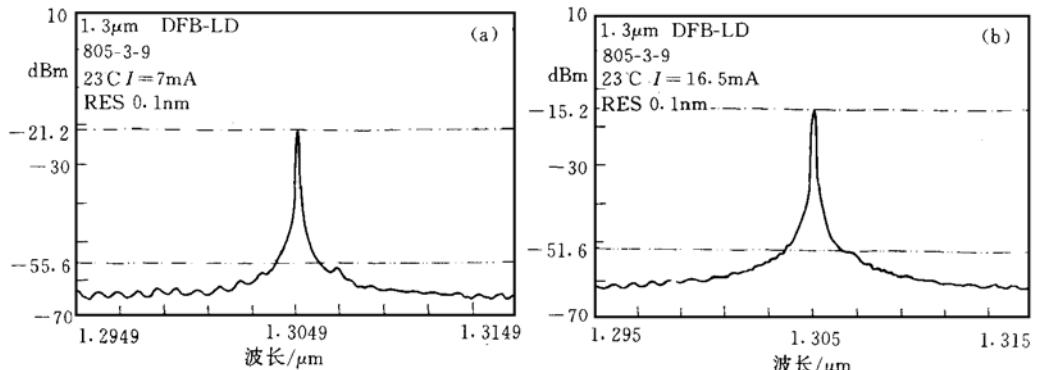


图 3 加镀膜后的 1.3μm DFB-LD 光谱

FIG. 3 Spectrum of 1.3μm DFB Laser with Coating

表 1 1.3 m DFB-LD 增镀 AR 膜后的结果

Table 1 Results of 1.3 m DFB-Laser with Coating

外延片号	实验管号	实验前双模 管子数量	增镀后单模 管子数量
805-3	6* [8]* [9]* 55* [58]** [59]*	6	4
805-4	[8]** [10]* [11]** 12** [13]* [14]* 16** 18** [19]* 20**	10	6

1. 外标[]的管号表示增镀后该激光器变成单模.

2. 管号下标*的个数表示增镀的次数.

表 1 是我们两次实验的结果统计.一次实验共 6 只器件,第一次增镀 AR 膜后,有 3 只管子由双模变成单模,余下的取了两只进行第二次增镀,结果有 1 只成为单模.另一次实验共 10 只器件,第一次增镀 AR 膜后,有 4 只变成单模,余下的 6 只进行第二次增镀,有 2 只变成单模.统计结果表明,每次实验都有相当比例的管子由

双模变成单模.

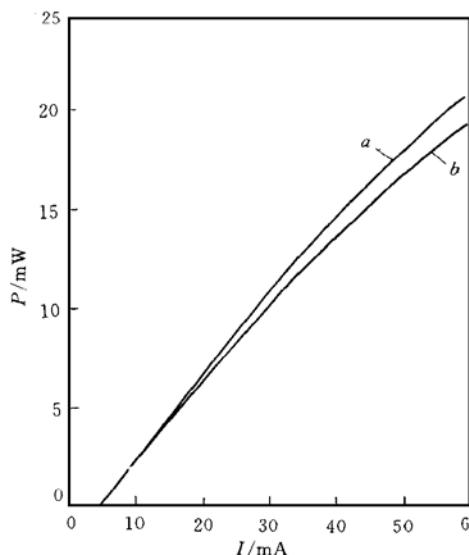


图 4 1.3 μm DFB 激光器样品的输出特性

(a) 实验前 (b) 实验后.
FIG. 4 Output of 1.3 μm DFB Laser
(a) before Coating, (b) after Coating.

图 4 是样品实验前后的光输出特性. 增镀膜层后器件的外量子效率有所降低. 说明增镀的膜略微增大了出光端面的光反射率.

理论和实验均说明^[6,7], 在 DFB 激光器的一个端面镀高反膜, 另一端镀增透膜, 能有效地提高器件的单模成品率. 但部分器件仍出现如图 2 所示的双模, 作者认为这是端面相位不匹配所致. 因为激光器端面光栅的相位是随机的. 在增镀一定厚度的光学薄膜之后, 膜层的相位补偿了光栅的相位差, 从而可抑制边模, 起到了改善器件模式特性的作用.

4 结论

利用增镀光学薄膜的方法成功地把处于双模工作的 1.3 μm DFB 激光器变成了单模工作的激光器. 实验中选择的增镀膜层起到了抑制边模的作用. 这一技术可望成为提高 DFB 激光器单模成品率的有力辅助手段.

致谢 作者在此对于王圩院士给予此项工作的具体指导和为本文所做的认真校审表示衷心的感谢.

参 考 文 献

- [1] T. Matsuoka, H. Nagai, Y. Noguchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 1984, **23**: L138~ L140.
- [2] T. Matsuoka, Y. Yoshikuni and H. Nagai, IEEE J. Quantum Electron., 1985, **QE-21**: 1880~ 1886.
- [3] Y. Itaya, K. Wakita, G. Motosugi and T. Ikegami, IEEE J. Quantum Electron., 1985, **QE-21**: 527~ 532.
- [4] J. Glinski and T. Makino, IEEE J. Quantum Electron., 1987, **QE-23**: 849~ 858.
- [5] 林永昌, 卢维强, “光学薄膜原理”, 北京: 国防工业出版社, 1990 [Lin Yongchang, Lu Weixiang, Principles of Optical Films, National Defence Industry Press, Beijing, China, 1990].
- [6] C. H. Henry, IEEE J. Quantum Electron., 1985, **QE-21**: 1913~ 1918.
- [7] T. Matsuoka, Y. Yoshikuni and G. Motosugi, Electron. Lett., 1985, **21**: 1151~ 1152.