

GaAs 半导体激光器腔面高反射涂层的研究

杨晓妍

(长春光学精密机械学院光电子 一系, 长春 130022)

刘 杰

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 通过对 GaAs 激光器谐振腔后腔面蒸镀 SiO₂、Au 高反射膜工艺过程, 分析涂层特性。反射率由无膜时的32%, 提高到94%以上, 保护了器件端面, 降低阈值电流, 提高激光输出功率和工作寿命。

关键词: GaAs 激光器; 谐振腔; 高反射膜; 损耗

1 引 言

我室研制的高功率半导体激光器, 以其体积小、重量轻、功率高、寿命长、使用方便而倍受青睐。GaAs 半导体激光器工作波长范围较宽是用掺 Al 量来调节, 因在腔面处的 Al 极易氧化, 使输出光功率下降。另外, GaAs 激光器谐振腔是器件本身自然形成, 反射率仅32%, 透射率为68%。即器件产生的激光有三分之二因透射而在后腔面浪费掉。为此, 我们在激光器后腔面涂蒸镀 SiO₂、Au 介质合金膜, 使从后腔面透射的光反射, 从前腔面输出, 提高了光输出功率, 阻止 Al 的氧化, 降低了阈值电流, 改善器件性能。

2 原 理

2.1 金 膜

金膜在可见光和红外区的反射率很高, 有良好的化学稳定性、热稳定性和牢固性, 在大气中不易污染, 能保持高的反射率。金膜的折射率为 $n - ik$, 当激光由谐振腔射向空气中时, 其反射率为^[1]

$$R = \left| \frac{1 - (n - ik)}{1 + (n - ik)} \right|^2 = \frac{(1 - n)^2 - k^2}{(1 + n)^2 + k^2} \quad (1)$$

A_n 在 $0.9 \mu\text{m}$ 的附近时 (1) 式中的 $n = 0.17, k = 5.34, R = 97.4\%$, 用钨丝加热, 得到金膜。

2.2 SiO 膜

(1) 在管芯的腔面镀 SiO 膜, 一是为了保护腔面, 二是防止器件在镀金后短路。镀 SiO 介质膜光学厚度 $n_1d = \frac{\lambda}{4}$, n 是 SiO 膜的折射率, d 是几何厚度, λ 是 GaAs 激光器发射激光波长, 此膜是增透膜。根据光学中的选加原理^[3], 激光垂直于腔面射出时, 可以得到反射率 R :

$$R = \frac{(n_0^2 + n_1^2)(n_1^2 + n_2^2) - 4n_0n_1n_2 + (n_1^2 - n_0^2)(n_2^2 - n_1^2)\cos\beta}{(n_0^2 + n_1^2)(n_1^2 + n_2^2) + 4n_0n_1n_2 + (n_1^2 - n_0^2)(n_2^2 - n_1^2)\cos\beta} \quad (2)$$

其透射率:

$$T = 1 - R = \frac{8n_0n_1n_2}{(n_0^2 + n_1^2)(n_1^2 + n_2^2) + 4n_0n_1n_2 + (n_1^2 - n_0^2)(n_2^2 - n_1^2)\cos\beta} \quad (3)$$

式中 n_0, n_1, n_2 分别是空气、薄膜介质、GaAs 衬底的折射率。当位相差 $\beta = \frac{4\pi}{\lambda}n_1d$, 又满足 $n_0 < n_1 < n_2$ 时, (2) 式取极小值。得:

$$R = \left(\frac{n_0n_2 - n_1^2}{n_0n_2 + n_1^2} \right)^2 \quad (4)$$

为得到最佳透射率 T_{\max} , 令 $R = 0$, 由 (4) 式得:

$$n_1 = \sqrt{n_0n_2} = \sqrt{1 \times 3.6} = 1.897$$

因为 SiO 的折射率在 $1.7 \sim 2.0$ 之间, 透明区在 $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$ 区域, 我们所用的器件发射波长 $\lambda = 0.9 \mu\text{m}$ 正好落到透明区, 因此选 SiO 做介质膜。用钨篮进行热蒸发, 方法简单, 膜较坚固, 保护发光区表面。激光器发出激光由后腔面经膜厚为 $\frac{\lambda}{4}$ 的 SiO 膜时, 得到一次增透, 到达 Au 膜被反射, 再经 SiO 膜时, 又得到一次增透, 最后从前腔面射出, 提高了激光输出功率。

3 实 验

3.1 工 艺

首先测试管芯的阈值电流 $I_{th}(A)$, 激光输出功率 $P(\omega)$ 和与之对应的工作电流 $I(A)$, 再装进夹具, 放入真空室中。当真空度达到 $5.3 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 时, 对芯片预热到 $150 \sim 200$, 当真空度达到 $2.7 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 时, 加热钨篮蒸 SiO, 加热电流为 20 A , 用 4 分钟镀完 SiO, 再镀 Au 膜, 加热钨丝电流为 20 A 。

3.2 测 试

把镀膜后的管芯 N_1, N_2, N_3 取出, 测其阈值电流 $I_{th}(A)$, 激光输出功率 $P(\omega)$ 及与之对应的工作电流 $I(A)$, 与镀膜前对照。如表 1 所示。

Table 1. Comparison of I_{th} , I , P , for devices N_1 , N_2 , N_3 , with coating and without have not coating:

devices		N_1		N_2		N_3		
without coating	$I_{th} (A)$	8		7		9		
	$I (A)$	22	34	16	34	20	34	
	$P (\omega)$	5	5.5	4	5.5	4.5	6.5	
	$\eta_D \%$	4		8.3		14.2		
with coating	front cavity	$I_{th} (A)$	6.5		5		6.5	
		$I (A)$	18.5	34	12	34	16	34
		$P (\omega)$	5	7.5%	4	8	4.5	9
	back cavity	$P (\omega)$	fluorescence		fluorescence		fluorescence	
	$\Delta I_{th} \%$	18.8		28.5		27.5		
	$\Delta P \%$	36		45.5		38.4		
$\eta_D \%$	16.1		18.2		25			

ΔI_{th} , ΔP , η_D 分别是阈值电流降低百分率, 光输出功率提高的百分率及功率转换效率。(见图1, 图2)

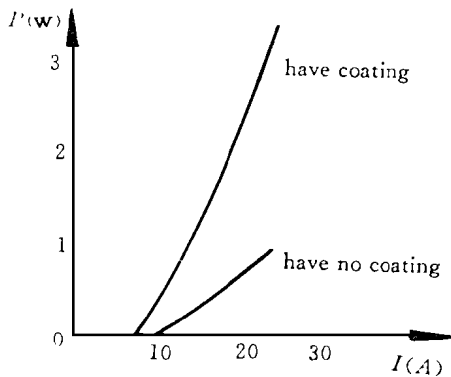


Fig. 1 External differential quantum efficiencies of SiO Au coated devices and that without

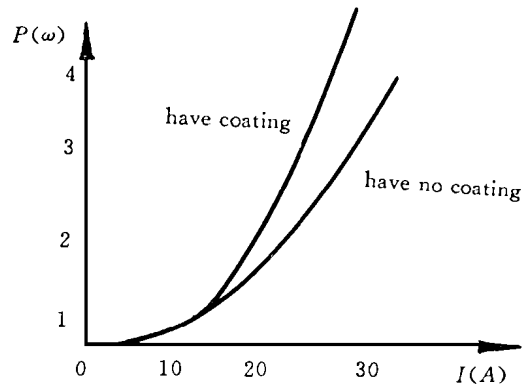


Fig. 2 The external differential quantum efficiencies of back cavity surfaces.

4 讨 论

1) Au 膜厚度要大于激光穿透深度, 使后腔面无激光透过。

2) SiO 膜厚控制在 $n_{1d} = \frac{\lambda}{4} = \frac{0.91}{4} = 0.2275 \mu\text{m}$ 热蒸发 SiO 膜时, 由于真空室剩余的氧分子与 SiO 反应生成 SiO_2 ($n = 1.45$) 或 Si_2O_3 ($n = 1.55$) 使膜的折射率下降而导致透射率下降。在蒸发速率一定时, SiO_x ($0 < x < 2$) 的折射率随真空度变化, 因此蒸镀时要保持真空度。另外, 可通过调正蒸发速率来控制膜层折射率。

3) 真空度为 $2.7 \times 10^{-3} \text{ Pa}$, GaAs 衬底加温到 200 以上时, 管芯自身功率明显下降, 本实

验衬底加温150 ,消除材料之间内应力,使膜与器件腔面有较强结合力。

5 结 论

1) Au 膜在可见区、红外区反射率高达97.4%。并且截止带宽,稳定性好。

2) 器件后腔面镀 SiO₂、Au 复合膜时,激光器阈值下降18.8%~27.7%,功率提高36%~45%,功率转换16.1%~25%。由此可见镀高反射膜有利于制备高效率光源。

参 考 文 献

[1][2] 唐普发,顾培夫.薄膜光学与技术.北京:机械工业出版社,1989:142~143

[3] 赵善麒,高鼎三.SiO₂膜作为光控晶闸管减反射膜的研究.半导体光电,1993,11(1):67~70

[4] Vasicek A. Optics of Thin Films. North-Holland Publishing Company Amsterdam, 1960:187

The Study of High Reflecting Coatings for GaAs Semiconductor Laser Cavity Surface

Yang Xiaoyan

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Changchun 130022)

Liu Jie

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

Through the technology process of evaporating SiO₂ Au high reflecting coatings on GaAs laser back cavity surface, we analysed the coating characteristics. The reflectivity have been increased from 32%, in the case of no coatings, to above 94%. By this, the device cavity surfaces have been protected. The laser output power and working lifetime have been enhanced.

Key words: GaAs lasers, High reflecting coatings, Resonant cavities, Loss

杨晓妍 女,1948年出生。1982年毕业于长春光机学院“应用物理”专业,获学士学位。多年来一直从事高功率半导体激光器的研制工作。