

文章编号: 1001-5078 (2006) 10-0938-02

# 半导体功率放大激光器耦合效率的研究

杨 琏<sup>1</sup>, 杨晓妍<sup>1</sup>, 朱明方<sup>2</sup>, 刘 丹<sup>1</sup>, 王征宇<sup>1</sup>, 李松柏<sup>1</sup>, 王安锋<sup>1</sup>, 博报学<sup>1</sup>, 任大翠<sup>1</sup>  
(1. 长春理工大学, 吉林 长春 130022; 2. 长春一汽技术中心, 吉林 长春 130021)

**摘要:**通过对波长 808nm 的 GaAlAs/GaAs 半导体功率放大激光器端面镀 SiO<sub>2</sub> 减反射膜工艺过程, 从理论和实验上分析了其涂层特性, 透射率由无膜时的 69% 和 32.6% 提高到镀膜后的 90% 和 80% 以上, 提高器件的耦合效率、输出光功率和工作寿命。

**关键词:** 半导体功率放大; 耦合效率; 减反射膜

**中图分类号:** TN248.4      **文献标识码:** A

## Study on the Coupling of Laser with Semiconductor Power Amplification

YANG Lian<sup>1</sup>, YANG Xiao-yan<sup>1</sup>, ZHU Ming-fang<sup>2</sup>, LU Dan<sup>1</sup>, WANG Zheng-yu<sup>1</sup>  
LI Shong-bai<sup>1</sup>, WANG An-feng<sup>1</sup>, BO Bao-xue<sup>1</sup>, REN Da-cui<sup>1</sup>

(1. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China;

2. Technical Center of Changchun First Automobile Manufacturer, Changchun 130021, China; )

**Abstract:** The properties of coatings have been analysed theoretically and experimentally throughout the deposition process of SiO<sub>2</sub> antireflection films on facets of GaAlAs/GaAs laser with semiconductor power amplification, and with a wavelength of 808 nm. The transmissivities of cavity faces have been increased from 69% and 32.6% without coatings to above 90% and 80% with coatings. The coupling efficiency of device, output power of laser and operating lifetime have been improved.

**Key words:** semiconductor power amplification; coupling efficiency; antireflection films

### 1 引言

半导体功率放大激光器是一种新型的激光光源, 是把半导体激光器与功率放大器集成一体的半导体功率放大器件。该器件采用 GaAlAs/GaAs 材料的双异质结增益导引氧化物条形结构, 如图 1 所示。该器件体积小、重量轻、输出光功率高、光束质量好, 这种结构不仅优化光源系统和冷却系统, 还降低器件成本。为进一步提高器件的输出光功率, 就需要提高半导体激光器与功率放大器的耦合效率。

### 2 原理

半导体功率放大激光器结构如图 2 所示。采用直接耦合方式将半导体激光器 (LD) 与功率放大器 (SLA) 集成一体。这种器件工艺简单经济实用, 一般用于对光源输出功率要求不太高的情况。为提高

输出功率, 我们采用端面镀膜工艺来提高半导体激光器与功率放大器的耦合效率。

Au - Zn		
SiO <sub>2</sub>	P - GaAs	SiO <sub>2</sub>
P - GaAlAs		
P - GaAs		
n - GaAlAs		
n - GaAs		
Au - Ge - Ni		

图 1 增益导引条形 LD - SLA 横截面结构

作者简介: 杨 琏 (1965 - ), 女, 讲师, 主要从事电子技术研究和物理教学工作。

收稿日期: 2006-03-27

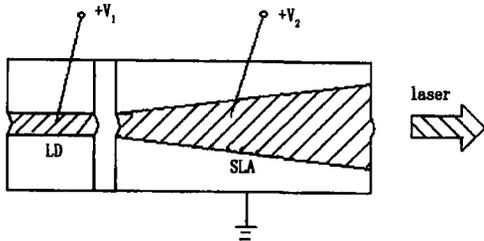


图 2 LD - SLA 电子分别注入图

根据薄膜理论<sup>[11]</sup>:当光线从折射率为  $n_0$  的介质垂直射入折射率为  $n_s$  的另一介质时,两种介质分界面上产生反射和透射,反射率  $R$  为: $R = (n_0 - n_s)^2 / (n_0 + n_s)^2$ ;透射率  $T$  为: $T = 1 - R$ 。其中,  $n_0$ 、 $n_s$  分别为空气折射率和 GaAs 材料折射率,取  $n_0 = 1$ 、 $n_s = 3.5$ 。在中心波长 808nm 处的  $R_{中心}$ 、 $T_{中心}$  分别为

$$R_{中心} = (1 - 3.5)^2 / (1 + 3.5)^2 = 31\% \quad (1)$$

$$T_{中心} = 1 - R_{中心} = 69\% \quad (2)$$

由上面计算可知:半导体激光器所产生的光有 31% 被 LD 端面反射而返回原 LD,只有 69% 的光从 LD 端面透射<sup>[21]</sup>。当透射光射到 SLA 端面时,这 69% 的光中又有其中的 31% 被 SLA 端面反射。若不考虑其它损失,LD 所产生的光只有  $69\% \times 69\% = 47.3\%$  在 SLA 中被放大。在 SLA 的出光端面输出的放大光,又有 31% 的光被 SLA 的出光端面反射而返回原 SLA 中。现在姑且不讨论光在 SLA 中放大的量,只讨论 LD 端面透射的光在 SLA 的出光端面输出的光的比例: $47.3\% \times 69\% = 32.6\%$ 。为了提高器件的外量子效率、提高半导体激光器与功率放大器的耦合效率,必须在 LD 右端面和 SLA 端面镀减反射膜<sup>[31]</sup>。

### 3 薄膜工艺

1) 当光正入射到蒸镀  $K$  层膜,厚度均为  $\lambda/4$  (为输出光的波长)的 GaAs 光源腔面时,其反射率  $R_K$  为<sup>[41]</sup>:

当  $K$  为奇数时:

$$R_K = (n_1^2 n_3^2 \dots n_K^2 - n_2^2 n_4^2 \dots n_{K+1}^2 n_0 n_s)^2 / (n_1^2 n_3^2 \dots n_K^2 + n_2^2 n_4^2 \dots n_{K+1}^2 n_0 n_s)^2 \quad (3)$$

当  $K$  为偶数时:

$$R_K = (n_1^2 n_3^2 \dots n_{K-1}^2 n_s - n_2^2 n_4^2 \dots n_K^2 n_0)^2 / (n_1^2 n_3^2 \dots n_{K-1}^2 n_s + n_2^2 n_4^2 \dots n_K^2 n_0)^2 \quad (4)$$

式中,膜层的次序从空气一边算起,  $n_0$  为空气折射率,  $n_1$  到  $n_K$  为第一层到第  $K$  层膜的折射率,为得到最大透射率,使  $T_{max} = 1$ 。令  $R_K = 0$ ,则满足:

当  $K$  为奇数时:

$$n_1^2 n_3^2 \dots n_K^2 = n_2^2 n_4^2 \dots n_{K+1}^2 n_0 n_s \quad (5)$$

当  $K$  为偶数时:

$$n_1^2 n_3^2 \dots n_{K-1}^2 n_s = n_2^2 n_4^2 \dots n_K^2 n_0 \quad (6)$$

取  $K = 1$  (单层增透膜)时, (5) 式变成:

$$n_1^2 = n_0 n_s \quad (7)$$

(5) 式至 (7) 式中  $n_K$  的下角标  $K$  表示的是所镀膜层的层数,当  $K = 1$  时镀 1 层膜, (5) 式等号左侧只剩下  $n_1^2$ , (5) 式等号右侧只剩下  $n_0 n_s$ , (5) 式变成:  $n_1^2 = n_0 n_s$ 。因此,对 GaAlAs/GaAs 半导体激光器出光端面镀单层增透膜时,取  $n_s = 3.5$ 、 $n_0 = 1$ ,由 (7) 式得:  $n_1 = 1.85$ 。SiO 膜的折射率在 1.7 ~ 2.0 之间,透明区在 0.5 ~ 3μm 范围内,因此实验上选 SiO 作中介质膜;

2) 采用型号为 DMD - 450 型镀膜机,当真空度达到  $3 \times 10^{-3}$  Pa 时用电子束蒸镀 SiO 膜。膜的光学厚度  $nh = \lambda/4 = 808/4$  (nm),用 MKY - 1A 型光学膜厚控制仪精确控制 SiO 薄膜厚度。

### 4 结 语

(1) 在 LD 端面和 SLA 端面分别镀厚度为  $nh = \lambda/4$  SiO 减反射膜,使从 LD 端面输出的光增加,当此光射向 SLA 的入射光端面时,被 SLA 的端面的反射减少,即大大增加 SLA 端面入射光透射。提高光的输出功率达 30% 以上,又提高半导体激光器与功率放大器的耦合效率;

(2) 在 SLA 的输出光端面也镀厚度为  $nh = \lambda/4$  的 SiO 减反射膜,可进一步提高光的输出功率又保护 SLA 的输出光端面;

(3) 由于 SiO 薄膜的作用,减少了空气中酸、碱、盐等对端面的污染,保护 LD 和 SLA 的输出光端面,提高了器件的工作寿命;

(4) 提高半导体激光器与功率放大器的耦合效率,使其应用范围更广:可做光纤通信光源、泵浦源,可用于测量、跟踪等。

### 参考文献:

[1] 唐普发,顾培夫. 薄膜光学与技术 [M]. 北京:机械工业出版社,1989,142 - 143.  
 [2] 刘明大,石家纬. SiO 高效减反射膜的蒸镀和监控 [J]. 半导体光电,1993,14(2): 172 - 174.  
 [3] 王剑格. 半导体光电器件中的减反射膜 [J]. 半导体光电,1993,14(2): 175 - 177.  
 [4] 杨晓妍. GaAlAs 激光器腔面减反射涂层 [J]. 半导体光电,1995,16(2): 174 - 176