

## 1.3 $\mu\text{m}$ 波长单模激光器实用化组件的研制

张莲英 谢黄海 方祖捷

(中国科学院上海光机所, 201800)

**提要:** 研制出单横模半导体激光器。使用国产元件已制成具有光控、温控、尾纤输出的组合器件, 其基本性能达到了光通信实用化的要求。

**关键词:** 单模半导体激光器, 光纤耦合

### Development of practical modules for coupling 1.3 $\mu\text{m}$ single-mode laser output into optical fibers

Zhang Lianying, Xie Huanghai, Fang Zujie

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

**Abstract:** The single-transverse mode laser diode was developed. A practical moduled fiber pigtail consisting of light and temperature control element and end fiber was fabricated with domestic elements, its basic properties meet requirements of practical optical fiber communication.

**Key words:** single-mode laser diode, optical fiber coupling

## 一、引 言

石英光纤在1.3 $\mu\text{m}$ 波段具有损耗低、色散小的优点, 深受人们重视。目前, 由于采用无模式展宽的单模光纤, 实现了长距离、大容量信息传输, 作为光通信系统光源的1.3 $\mu\text{m}$  In GaAsP 激光器也得到了很大发展, 为此我们开展了实用化组合器件的研制, 解决了激光器与单模光纤的耦合这一关键技术。

## 二、光 耦 合

激光器与光纤之间的耦合归根到底是一个模式匹配问题, 即两者之间光强分布及发散角和接收角的匹配。

对多模光纤, 由于纤芯比较大, 实验室条件下耦合效率可达90%, 一般也容易做到70~80%<sup>[1]</sup>。对单模光纤, 由于芯径很小耦合就比较困难。视激光束为高斯光束。对于平端光纤, 光源面积比纤芯小得多, 耦合效率近似为

$$\eta = (1-R) \operatorname{erf}(\operatorname{tg} \theta_c / \operatorname{tg} \alpha_{\perp}) \operatorname{erf}(\operatorname{tg} \theta_c / \operatorname{tg} \alpha_{\parallel})$$

式中  $\theta_c$  为光纤的孔径角, 可以写成:  $\sin \theta_c = (n_2^2 - n_1^2)^{1/2}$ ;  $\alpha_{\perp}$ 、 $\alpha_{\parallel}$  分别为激光束垂直和平行于  $p$ - $n$  结方向上的发散角;  $R$  为光纤端面的反射率。要提高效率, 就要有尽量大的  $\theta_c$  和尽量小的  $\alpha_{\perp}$  及  $\alpha_{\parallel}$ 。

对于单模光纤, 纤芯面积可与光源的发光面积相比较, 这就限制了耦合效率。实验中我们比较了不同光纤头的耦合效率, 获得了较理想的锥形半球端透镜光纤, 如图 1 照片。这种光纤头可以提高有效数值孔径、放宽光线“切向入射”、纤芯孔径的限制, 因此获得了高的耦合效率。图 2 为锥形半球端透镜光纤的原理图。由光路法分析表明, 光线在纤芯内的折射角  $\nu$  是纤芯外光线与光纤轴向夹角  $\theta$  的函数:

$$\nu(\theta) = \sin^{-1}[(1+d/r) \sin \theta] - \sin^{-1}[1/n_2(1+d/r) \sin \theta] - \theta$$

光耦合效率是  $d/r$  的函数。 $d$  是激光器与光纤端面之间的距离;  $r$  是半球端的曲率半径。由图 2 可知耦合中另一个重要因素是位偏容差<sup>[2]</sup>。对于不同结构的激光器及不同光纤端面情况, 要维持一定高的耦合效率所允许的三维位偏容差也不同。实验表明, 较高的耦合效率, 位偏容差比较小。为获得稳定的光功率, 要适当降低些耦合效率, 以便有较大的位偏容差。为兼顾两者, 我们采取折中的办法。很显然, 单模光纤与多模光纤相比, 位偏容差小得多。

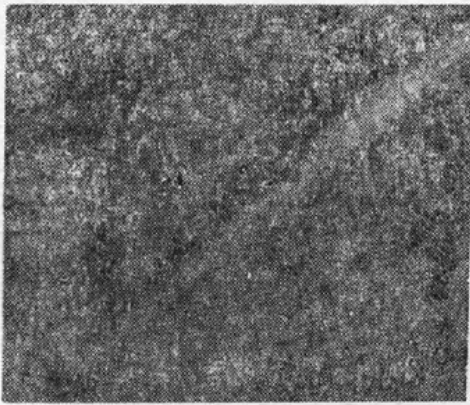


图 1 光纤锥形半球端透镜

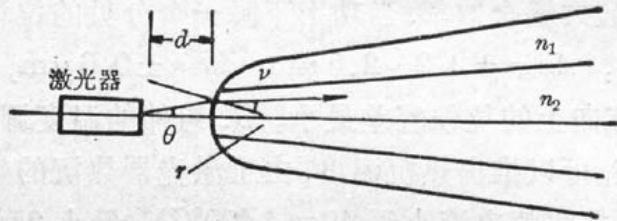


图 2 光纤锥形半球端透镜耦合模型

激光器本身的横模特性对耦合效率及其稳定性也有较大的影响。我们研制的单模半导体激光器, 模式比较稳定, 尤其是 DCP-BH 激光器光束的椭圆度相对比较小, 故有利于提高耦合效率。

### 三、组件的设计和装架

对于组件设计要求全面考虑耦合、光控、温控三个方面: 1. 设计既方便又稳固的光纤支架, 支架固定于防震台上, 微动器的调整精度为  $0.1 \mu\text{m}$ , 有良好的重复性; 2. 光探测器接收激光器的后向出光, 提供光功率监控信号, 由于单模半导体激光器模式稳定, 前后面光场强比较对称; 3. 半导体泊尔帖元件致冷(也可加热), 热敏电阻测温, 如图 3。控制半导体激光器热沉温度所用探测器、致冷器、热敏电阻均为国产元件。实验证明, 这些元件均能符合组件的要求。组件的基本性能达到了光通信实用化的要求。组件的外壳、基座均为自行设计加工; 管脚采用双列直插式。

组装前对激光器进行挑选, 一般选用阈值电流低于  $40 \text{ mA}$  ( $20^\circ\text{C}$ )、伏安特性正常、串联电

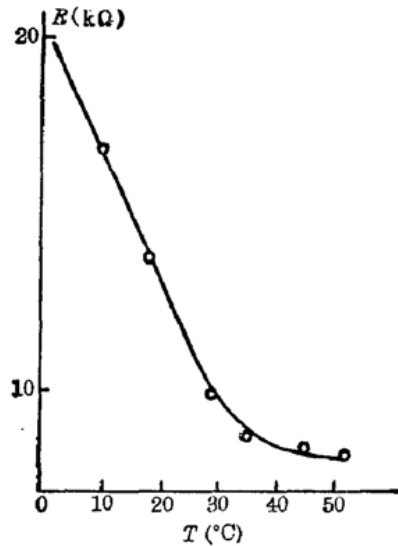


图3 热敏电阻的温度曲线

阻低、激光束远场基横模工作、发散角小并进行初步老化试验的器件。

### 四、实验结果

1. 耦合效率: 单模组件的耦合效率大于 20%, 最高在 30% 以上, 如图 4。2. 耦合位偏容差: 调整到最大耦合效率, 当功率下降一个分贝的位移, 定义为位偏误差。测试结果如下(精度为  $0.1\mu\text{m}$ ):  $\Delta x = \pm 2.2 \sim 2.5\mu\text{m}$ ,  $\Delta y = \pm 0.6\mu\text{m}$ ,  $\Delta z = 15\mu\text{m}$ (沿光纤轴向)。可见在垂直于 p-n 结方向上的位偏容差最小。3. 组件的温度调节特性见图 5。在不同致冷电流下测量热敏电阻值, 可以推出热沉温度, 由于激光器热沉的热容量较小, 致冷器效率较高, 因此致冷功耗很小。器件阈值电流小于 40 mA ( $20^\circ\text{C}$ ), 最小 25 mA ( $20^\circ\text{C}$ ), 基横模工作。监控电流大于

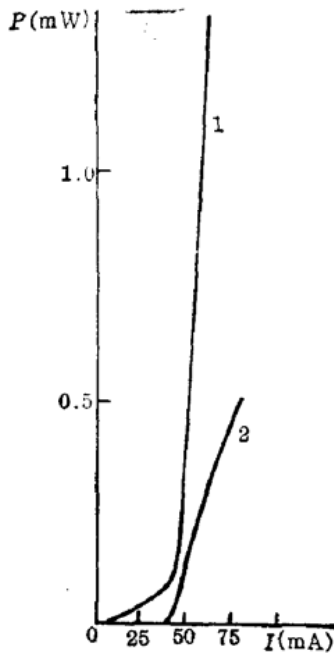


图4 耦合前后的光功率-电流特性曲线  
曲线1—耦合前; 2—耦合后

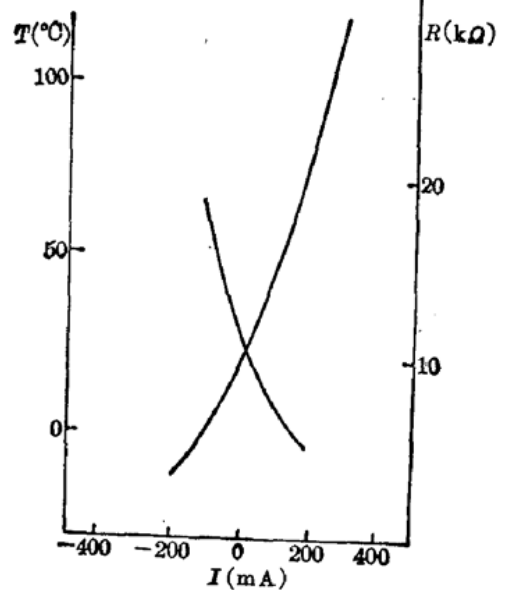


图5 组件的温度调节特性

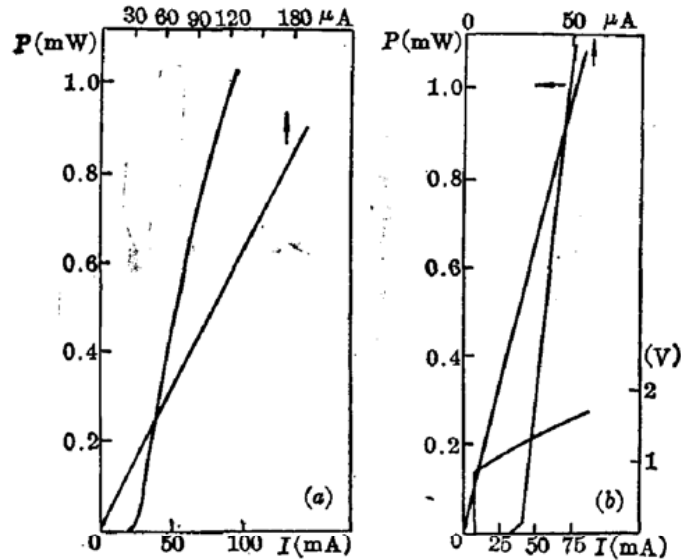


图6 组件尾纤的输出  $P$ - $I$  特性、激光器的  $V$ - $I$  特性及监控信号特性。(a)单模组件;(b)多模组件  
 $50 \mu\text{A}/\text{mW}$ , 最高达  $200 \mu\text{A}/\text{mW}$ , 典型结果如图6所示。单模组件尾纤光功率大于  $0.5 \text{mW}$ , 高达  $1 \text{mW}$  以上。多模组件尾纤光功率大于  $1 \text{mW}$ , 高达  $3 \text{mW}$  以上。

### 参 考 文 献

- 1 W. H. Cheng, C. S. Wang *et al.*, *Appl Opt.*, **21**(19), 3409~3410 (1982)
- 2 L. d'Auria *et al.*, *Electr. Lett.*, **16**(4), 322~324 (1980)

## 低功率激光综合治疗外阴肿瘤 63 例

自1985年7月至1989年4月,我院以低功率激光综合治疗外阴肿瘤共63例,取得了满意的疗效。

临床将63例分成四组,具体情况如下:

A组: 使用3W的便携式 $\text{CO}_2$ 激光器治疗外阴尖锐湿疣12例,全部治愈。创面一般在两周内痊愈,未发生感染、出血或其它并发症。

B组: 使用3~5W的便携式 $\text{CO}_2$ 激光和10W YAG激光器治疗外阴各种肿瘤共21例,其中8例外阴血管瘤和8例尿道口肉阜经1次激光治疗痊愈。4例罕见的良性肿瘤分别经2~4次激光治疗,20~30天痊愈。1例paget's病经4次激光治疗后痊愈。随访4年至今良好。

C组: 采用3W  $\text{CO}_2$  了激光并配以 He-Ne 激光或扩束后的  $\text{CO}_2$  激光治疗外阴白色病变29例。其中1例只用  $\text{CO}_2$  激光,3例疗效不理想。19例在用  $\text{CO}_2$  激光气化后,再用 He-Ne 激光或扩束后的  $\text{CO}_2$  激光照射均治愈。

D组: 1例外阴转移性腺癌冷冻后用3~5W  $\text{CO}_2$  激光照射,将病灶气化,20天后愈合。随访10个月至今未复发。

(上海医科大学肿瘤医院, 200032 曹如彬 励世展 周美华)