

文章编号: 0258-7025(2006)Supplement-0435-04

# 980 nm 大功率半导体激光治疗仪的设计

单肖楠<sup>1,2</sup>, 张 晶<sup>3</sup>, 王立军\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033  
<sup>2</sup>中国科学院研究生院, 北京 100039  
<sup>3</sup>长春理工大学外语学院, 吉林 长春 130022

**摘要** 设计了一种大功率半导体激光治疗仪的光路、电流源及保护电路和恒温控制单元。采用输出波长为 980 nm 的 InGaAs 大功率半导体激光器作为激光治疗仪的有效光源, 用 670 nm 半导体激光作为瞄准光束, 对 GaAlAs, InGaAs 和 Nd:YAG 三种激光在医学上不同效果进行比较分析, 仪器最大功率为 3 W, 具有输出功率高、体积小、寿命长等优点。在肿瘤、耳鼻喉科以及妇科方面都有很好的应用前景。

**关键词** 医用光学与生物技术; 半导体激光器; 恒流源电路; 吸收能力

**中图分类号** TN249; R318.51 **文献标识码** A

## Design of 980 nm High-Power Semiconductor Laser Therapeutic Equipment

SHAN Xiao-nan<sup>1,2</sup>, ZHANG Jing<sup>3</sup>, WANG Li-jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, The Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130022, China

<sup>2</sup> Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

<sup>3</sup> Foreign Language Department, Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin 130033, China

**Abstract** A kind of which includes high-power semiconductor laser therapeutic equipment is designed beam path, current source and protective circuit and constant temperature control unit. By comparing and analyzing the effects of GaAlAs, InGaAs and Nd:YAG lasers in medicine, InGaAs high-power semiconductor laser therapeutic equipment with output wavelength at 980 nm is used as effective light source, 670 nm semiconductor laser as aiming beam. This equipment has the highest power of 3 W, with such virtues as high output power, small volume and long life span, and has a very good prospect of application to tumor, ear-nose-throat department and gynecology.

**Key words** medical optics and biotechnology; semiconductor laser; constant-current source circuit; absorbcency

## 1 引 言

半导体激光治疗仪利用半导体激光器产生的连续输出光对人体组织进行照射治疗。它的核心部分是以Ⅲ-V族元素所构成的 P-N 结注入式半导体激光器。20 世纪 80 年代末以来,随着激光技术的发展,商品化半导体激光器输出功率越来越大,波长范围覆盖可见光及红外光,加之其自身具有体积小、重量轻、效率高、低驱动等特点,与传统的 CO<sub>2</sub>, YAG 等医用激光器相比,逐渐显示出其特有的优势和广阔的应用前景<sup>[1]</sup>。我国现在已经成为世界第三大激光医疗产品需求国,但国内激光医疗仪器生产厂家生产的激光医疗产品功率大多在几百毫瓦,而具有自主知识产权的

大功率半导体激光医疗产品却鲜有出现,瓦级以上的半导体激光医疗产品一直需要进口。因此早日研制成功我国自行生产、性能可靠、价格低廉的大功率半导体激光医疗产品是很有必要的。

## 2 器件选择及整体设计方案

### 2.1 器件的选择

激光治疗仪设计的第一个问题就是选择作为激光治疗仪的治疗光源的输出波长。由于输出波长不同,生物热效应也有所差异,直接影响临床使用的效果<sup>[2]</sup>。因此对 GaAlAs(808 nm), InGaAs(980 nm) 和 Nd:YAG(1064 nm) 三种激光进行照射生物组织对比

**作者简介:** 单肖楠(1979—),男,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士研究生,主要从事半导体激光器设计及应用的研究。E-mail: shanxiaon@sina.com

\* 通信联系人。E-mail: nanmu1979@sina.com

实验,并将结果结合水及蛋白红外吸收谱线进行分析,见图 1 所示。从图中可以看出三种激光中 InGaAs 激光对水和蛋白吸收产生的热和温度都高于 GaAlAs 激光和 Nd:YAG 激光。临床使用激光治疗仪,要求既有良好的凝固作用又有高效的吸收能力, InGaAs 激光无论是凝固作用还是吸收能力都强于 GaAlAs 激光和 Nd:YAG 激光,表现出较强的生物热效应。另一方面,从半导体激光器性能来看,980 nm 的激光晶体晶格常数是匹配的,而 808 nm 是非匹配的。这种匹配的晶格结构赋予了激光器一个宝贵的性能,即对材料中的缺陷损伤有自行抑制扩散作用,从而保证激光器具有抗损伤、温度稳定性高、阈值电流小的优点。980 nm 波长激光的散射系数小于 808 nm 波长激光,散射不仅造成工作能量的损耗,而且对侧向组织的辐射会造成不必要的损伤<sup>[3]</sup>。经过对以上三种激光器在医学方面和物理结构方面的对比,从而确定输出波长为 980 nm 的 InGaAs 激光器作为大功率半导体激光治疗仪的治疗光源。

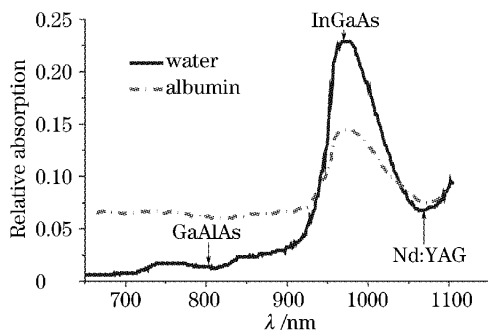


图 1 GaAlAs, InGaAs 和 Nd:YAG 激光对水和蛋白的吸收曲线

Fig. 1 Absorption curves of GaAlAs, InGaAs and Nd:YAG lasers to water and albumin

### 2.2 整体设计方案

系统主要由激光电流源和光学系统两大部分组成,整体设计方案如图 2 所示。

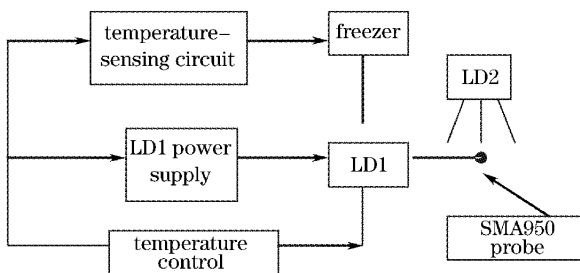


图 2 系统原理结构图

Fig. 2 Block diagram of systematic principle

仪器中 980 nm 大功率半导体激光器 LD1 所发出的光为治疗用半导体激光,由于治疗光为红外光,因此,在医疗中应加入导引光,由半导体激光器 LD2(可用波长为 670 nm)来提供。LD2 为低功率半导体激光器,可由简单的硬件电路驱动,只需要通过开通切断电源即可,无需降温,无需调节功率。而 LD1 为大功率半导体激光器,因此需对其进行复杂的驱动和控制。

### 3 电源设计

大功率半导体激光治疗仪电源的总体设计框图如图 3 所示,虚框内为激光器内部包含器件。

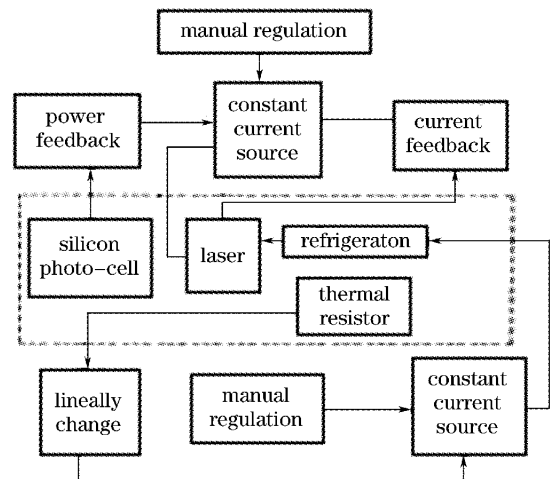


图 3 980 nm 大功率半导体激光器电源总体设计框图

Fig. 3 Overall design of 980nm high-power semiconductor laser supply circuit

#### 3.1 半导体激光器供电电路

半导体激光器的工作电流要求非常稳定,1~3 W 及 3 W 以上均要求工作电流的稳定度达到 1% 以上。故采用恒流源电路对激光器供电,有利于激光器发射功率的稳定,保证激光器的各项性能指标的稳定和使用寿命的延长<sup>[4]</sup>。采用 LM338 和 LM396 构成的恒流源电路简便实用,可以达到要求的电流稳定度。图 4(a)所示是可调稳压电路,输出电压为

$$U_o = 1.25 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj} R_2, \quad (1)$$

其中  $I_{Adj} = 5 \text{ mA}$ , 改变  $R_2$  便可以改变输出电压。

图 4(b)所示是可调恒流电路,输出电流为

$$I_o = \frac{1.2}{R}, \quad (2)$$

改变电阻  $R$ , 便可改变输出电流的大小。

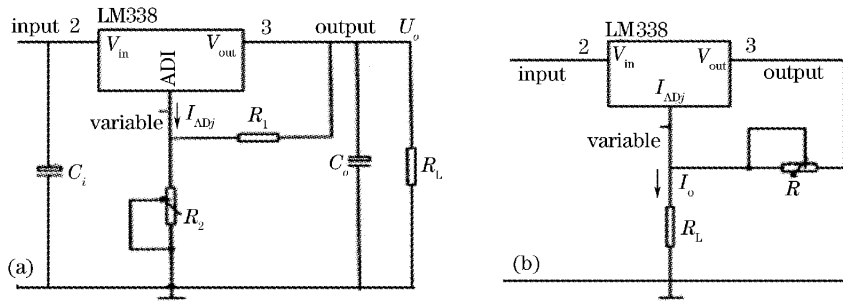


图 4 LM338 和 LM396 可调稳压电路(a), 可调恒流源电路(b)

Fig. 4 LM338 and LM396 adjustable regulated voltage circuit (a), adjustable constant-current source circuit (b)

### 3.2 控制电路

半导体激光器工作电流不仅要求连续可调,而且要求稳定度高。同时电源要具备电流控制模式,也要具备功率控制模式。激光器内部装有硅光电池,可用它来探测激光器发射功率的大小。通过引入功率反馈,可进一步提高激光器输出功率的稳定性。引入功率反馈的控制电路如图 5 所示。光电池所建立的电压  $U_1$  和激光器取样电阻  $R$  上的电压  $U_2$  加到运算放大器的反相端,起到进一步稳流的作用。当通过激光器的电流增加时, $U_1$  和  $U_2$  增加,运算放大器的输出电压  $U_0$  下降,使 BG1 的基极电压下降,则 BG2 的基极电压也下降,因此 BG2 的集电极电流下降,等效电阻增加,LM338 的输出电流下降,进一步起到稳定功率的作用。

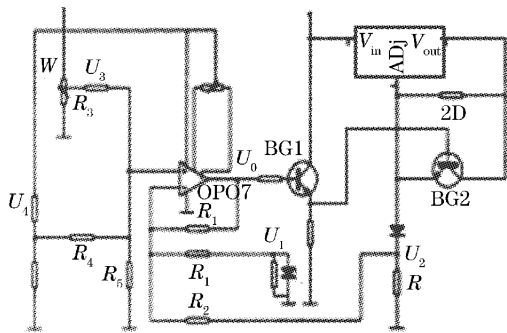


图 5 功率反馈的控制电路

Fig. 5 Control circuit of power feedback

### 3.3 致冷器供电电路

大功率半导体激光器内部装有半导体致冷器,致冷器是激光器工作温度控制的执行元件,工作电压为 9V,工作电流为 4 A。为了使温度稳定,致冷器采用恒流源供电,电路如图 6 所示。

致冷器的恒流源供电电路与激光器的供电电路相同。在其控制电路中引入了一个装在激光器中的热敏电阻。激光器的工作温度如果发生变化,热敏

电阻的阻值也会相应改变。此热敏电阻具有负温度系数,温度升高,阻值下降;温度下降,阻值升高。

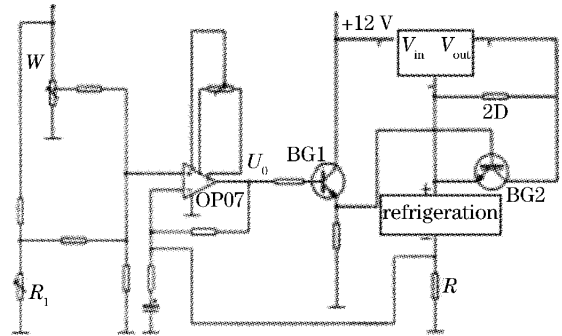


图 6 致冷器恒流源供电电路

Fig. 6 Constant current resource power supply circuit of freezer

控制电路的工作原理如下:当激光器温度升高时,热敏电阻  $R_t$  的阻值下降,分压电路分得的电压上升,运算放大器的输出电压  $U_0$  增大,从而控制集成稳压块 LM338,使之输出电流增大,流过半导体致冷器的电流增大,致冷量增加,这样激光器的工作温度降低,达到稳定激光器工作温度的目的。调节电位器  $W$ ,可调节流过半导体致冷器的工作电流,从而调节激光器的工作温度。此控制电路的使用,不仅可以方便地设置激光器的工作温度,而且使激光器围绕设置的工作温度工作,其温度稳定度达到  $\pm 1^\circ\text{C}$  以上。

### 3.4 显示电路

电源的显示电路采用 SM2000 型三位半数字面板表。该面板表采用日本索尼公司生产的大规模集成电路 A/D 转换器直接推动 LED 数码管作显示的数字面板表。这种面板表装调非常方便,只需外接少许元件,就可制成各种档位的电压表、电流表和电阻表。

## 4 结 论

980 nm 大功率半导体激光治疗仪采用大功率半导体激光器及可见光指引,由稳定可靠的大功率电源驱动,实现恒温控制和稳定的光功率控制,经过组装、调试后整机输出最大功率为 3 W,工作温度 20 ℃,质量 12 kg,平均无故障率为 8000 h,具有输出功率高、体积小、操作简单、寿命长等优点。在肿瘤、耳鼻喉科、皮肤科以及妇科方面都有很好的应用前景。

### 参 考 文 献

- 1 Shan Xiaonan, Zhang Jing, Shan Chengyu *et al.*. Laser's application in clinical medicine and its prospect [J]. *Chinese J. Clinical Rehabilitation*, 2004, **8**(29): 6538~6539
- 2 Li Hejie, Zhang Xuexue, Liu Jing. Heat transfer analysis on laser-tissue thermal interaction using heterogeneous model [J]. *Chinese J. Lasers*, 2002, **A29**(5): 465~470  
李和杰,张学学,刘 静. 激光与生物组织热相互作用的多层结构模型 [J]. 中国激光, 2002, **A29**(5): 465~470
- 3 Zhao Youquan, Fan Shifu, Li Xiaoxia. Study on photothermal transfer and thermal damage of bio-tissues [J]. *Chinese J. Lasers*, 2004, **31**(5): 631~634  
赵友全,范世福,李小霞. 生物组织光热传输和热损伤的研究 [J]. 中国激光, 2004, **31**(5): 631~634
- 4 Li Yizheng, Zhou Peizhang, Xue Xigang *et al.*. High power laser conditioning systempreionization experimental research [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 1998, **12**(2): 178~180  
力一铮,周丕璋,薛锡刚 等. 强激光能源系统预电离实验研究 [J]. 强激光与粒子束, 1998, **12**(2): 178~180

1 Shan Xiaonan, Zhang Jing, Shan Chengyu *et al.*. Laser's