

# JY-100型YAG激光医疗机的内设 激光功率测试系统

刘光华 李俊书 王明秋

(西南技术物理所)

本文叙述了JY-100型YAG激光医疗机的内设激光功率测试系统的设计原理和标定结果。

## 一、前 言

目前国内对连续激光的功率测量,在接收元件方面,采用较普遍的是光电型和光热型。光电型响应时间较快,但承受功率小;光热型响应时间一般较慢,可承受较大功率。硅光电池作为连续激光功率测试的接收元件,已有不少报导,加衰减,最大测试量程可达1W<sup>[1]</sup>。

然而, JY-100型YAG激光医疗机,通过光纤输出0~100W连续可调的1.06 $\mu\text{m}$ 激光。实验结果表明:由漫反射积分球衰减、硅光电池接收构成的激光功率测试系统,最大测试功率可达100W,响应时间快,功率读数采用数字显示。

## 二、激光功率测试系统的设计原理

JY-100型YAG激光医疗机的内设激光功率测试系统,其结构原理如图1所示。图中1为出水孔;2为外壳I;3为内壳I;4为漫反射积分球;5为外壳II;6为滤光片;7为硅光电池;8为出射孔罩;9为入射孔罩;10为内壳II;11为进水孔。

### 1. 硅光电池

结合JY-100型YAG激光医疗机的特点,采用光电型接收元件。在价格低廉的硅光电池和硅光二极管之间作了选择。硅光电池接收面积较大,价格也更便宜,我们对接收灵敏度又没有太高的要求,因此权衡采用2CR61型硅

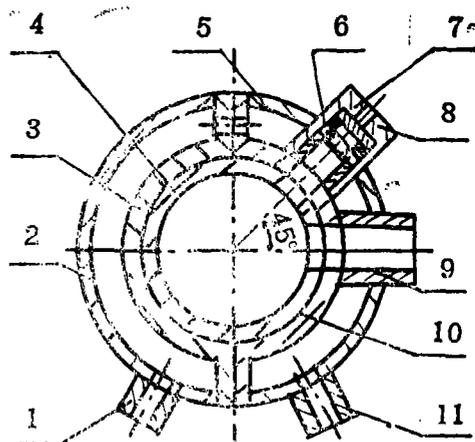


图1 结构原理图

收稿日期: 1987年3月2日。

## 光电池。

硅光电池的主要技术参数：

响应时间， $10^{-6} \sim 10^{-3} \text{s}$ ；

光谱响应范围如图 2 所示。硅光电池的线性输出范围：硅光电池在负载的输出电压是非线性与负载大小有关，当负载小于硅光电池内阻时，可在负载上得到线性输出电压。

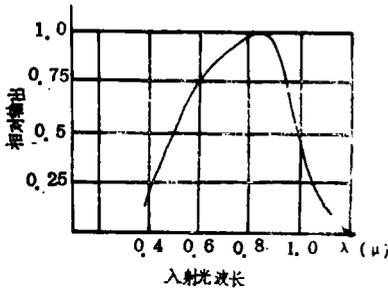


图 2 硅光电池的光谱响应曲线

## 2. 漫反射积分球

如使硅光电池工作在线性区，对光纤输出的连续激光必须进行衰减。经过试验，我们采用了漫反射积分球进行衰减。该积分球是用氧化铝和粘合剂高温烧结而成（由重庆光机所提供）。积分球的内径  $\phi 76 \text{mm}$ ，外径  $\phi 80 \text{mm}$ ，入射孔径  $\phi 20 \text{mm}$ ，出射孔径  $\phi 8 \text{mm}$ 。这种积分球能承受较高输入功率且衰减均匀。

根据积分球理论的基本公式<sup>[2]</sup>：

$$\tau = f_o \rho / [1 - \rho(1 - f_i)] \quad (1)$$

式中， $\tau$ 是球的通过率，即球的出射通量与入射通量之比； $f_o$ 是球的出孔面积与球内表面积的比； $f_i$ 是所有球孔面积的和与球内表面积的比； $\rho$ 是球内壁的反射率。

由以上基本公式可推导出：

$$P_{\text{出}} = \frac{\rho}{1 - \rho} \cdot \frac{P_{\text{入}}}{4\pi R^2} \cdot S$$

式中， $S$ 是出射孔面积； $P_{\text{出}}$ 是出射光功率； $P_{\text{入}}$ 是入射光功率； $\rho$ 是球内壁反射率； $R$ 是球内半径。

若已知积分球内壁对  $1.06 \mu\text{m}$  波长光的反射率和入射光功率，就可以根据上面推导出的公式求得出射光功率。

激光由入射窗进入，到达积分球内壁上，一部分被积分球吸收，一部分漫反射。漫反射光为球形分布的光流，它对球内部各处的照度是相等的。硅光电池就是接收从出射孔逸出的漫反射光的。漫反射积分球在这里起到了均匀衰减的作用。

为减少自然杂散光对硅光电池的干扰，在积分球出射孔与硅光电池之间插入一块  $1.06 \mu\text{m}$  干涉滤光片，其有效通光孔径为  $\phi 8 \text{mm}$ ，带宽  $50 \text{\AA}$ 。

## 3. 放大电路

放大电路原理如图 3 所示。

前面已经介绍过积分球基本公式的推导公式及其意义。可以计算出在入射  $100 \text{W}$   $1.06 \mu\text{m}$  激光时，出射孔出射光经滤光片到达硅光电池上的光功率为  $164 \text{mW}$  左右。硅光电池接收面积为  $\phi 8 \text{mm}$ ，这时实验测得其内阻  $1.6 \text{k}\Omega$  左右。要使硅光电池在有负载时输出电压呈线性，负载电阻必须小于这个值。

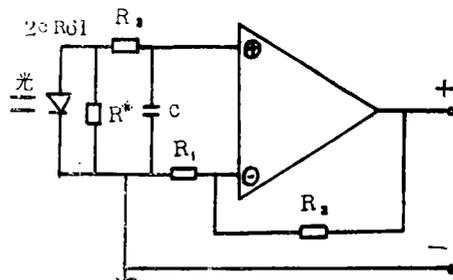


图 3 放大电路原理

图3所示的放大电路为同相输入情况，放大器闭环输入阻抗为  $r'_{i,r} = R_s + (1 + K_0 \frac{R_1 + R_2}{R_1}) r_{i,r_0}$ ，式中  $K_0 = 10^5$  左右， $r_{i,r_0} = 1 M\Omega$ 。那么放大器闭环输入电阻很大 ( $> 10^5 M\Omega$ )，由此硅光电池负载的大小仅决定于  $R^*$ ， $R^*$  应远小于  $1.6 k\Omega$ 。实验中反复调整  $R^*$  和反馈电阻  $R_2$ ，既使光电池在负载的输出电压为线性，又在适当的放大倍数下使数字显示与实际激光功率值对应。

为减少干扰，电路采用了屏蔽措施。

#### 4. A-D转换及数字显示

采用DM-82B数字面板表，该表内含集成电路1CL707做成3½位A-D转换器，应用双积分变换，得到数字显示。

#### 5. 水冷系统

由于进入积分球的最大光功率达100W，会导致积分球发热。结构上硅光电池与积分球又在一体，可能引起硅光电池的温度升高，因此应当考虑散热的问题。我们在积分球外部设计了金属夹层通自来水冷却，通水孔  $\phi 3 mm$ 。

### 三、功率测试系统的标定结果

我们以JY-100型YAG激光医疗机光纤输出激光作光源，用西南电子技术研究所生产的JGⅡ型激光功率计对激光功率测试系统进行标定。标定结果如表1所示。

表1 标定结果

输入电功率 (W)	输出 (W) (JGⅡ型功率计测值)	输出 (W) (功率测试系统测值)	误差 (%)
1496	7.2	6.9	4.16
2424	37	36.2	2.16
2940	57.5	56	2.6
3488	77	76.3	0.9
4050	98	97.5	0.5
4237	102	103.6	1.56

所以，JY-100型YAG激光医疗机内设激光功率测试系统的标定误差  $< 5\%$ 。其它技术参数：

量程：0~100W；可测模式：单模、多模；响应时间： $10^{-6} \sim 10^{-3}s$ ；稳定读数时间  $< 3s$ 。

### 四、结束语

1. JY-100型YAG激光医疗机内设激光功率测试系统，响应时间快 ( $10^{-6} \sim 10^{-3}s$ )，稳定读数时间  $< 3s$ 。

2.  $1.06\mu m$ 激光功率在0~100W范围内，

标定误差  $< 5\%$ 。采用数字显示，直读、醒目、方便。

3. 如果在0~100W范围内采取分段（或称分挡）补偿和在放大电路上采取改进措施，可进一步提高精度。

### 参考文献

[1] 付吉孝等，《激光与红外》，1985年，第1期，第29~33页。

[2] D.J.Lovell, Laser Focus, 1984, No.5, P.86~92。

(下转第26页)

主系统:

发动机: 两级(助推器+主发动机)固体燃料火箭发动机

制导: 汤姆逊-通用无线电报公司TMV585Ariel激光自动导引头和汤姆逊-通用无线电报公司/马丁·玛丽埃塔公司的激光照射器挂架Ⅱ型激光照射器, 轴向逼近陀螺, 带半主动激光自动电视目标跟踪比例导引自动导引头。

弹头: 烈性炸药

现状与展望:

第一阶段, 空对地30激光导弹/自动跟踪激光照射器系统装备法国空军幻影III ES和美洲虎As, 但是幻影F<sub>1</sub>和2000C采用该武器的工作在进行之中。

译自 Aircraft armament, 1986, P.181~184.

汪国驹 译 卿光平 校

(上接第19页)

The measuring system of the laser powers was installed in JY-100  
YAG laser medical apparatus

Liu Guanghua, Li Junshu, Wang Mingqiu

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract

Design of laser power measuring system built in JY-100 YAG laser medical apparatus and its calibration are described.

作者简介: 刘光华, 男, 1953年出生, 1978年毕业于北京工业学院。曾参加“JY-30型 YAG激光医疗机”研究, 该项成果曾获1986年原兵器工业部科技进步二等奖。

李俊书, 男, 1934年出生。1986年曾获原兵器工业部两项科技进步二等奖。

王明秋, 男, 1940年出生。1986年曾获原兵器工业部两项科技进步二等奖。