

如何测量钹玻璃激光器输出波形 和毫秒级脉冲宽度?

编辑同志:

我们做激光打孔的试验已有两年多时间了,有一个问题解决不了。就是采用固体激光(钹玻璃)打孔时,激光输出的波形和脉宽无法测量。在我们所看到的资料中,尚未有计算激光脉宽的公式(包括经验公式),虽然在试验中通过调整放电电路的参量也能找到比较合适的工作点,但在试验和设计中还无法估算激光功率密度。希望你们能请有关单位通过试验,给出中小功率的固体激光器在不同的工作参量(如放电电路的参量,包括串电感和不串电感;谐振腔;工作物质等等)下激光脉宽的试验数据,以便更好地开展激光试验工作。

广西机械研究所激光组

我们知道,普通的钹玻璃激光器(即能量器件)输出激光的总脉宽在毫秒数量级(如1~几十毫秒范围内),这个脉冲并且常常(除非有声调制、锁模等内腔调制器时)是一串无规则的尖峰(即小脉冲)的系列,每个小脉冲(所谓 Spike)的宽度在 μs (微秒)数量级,它们之间的间隔与其宽度可以比拟。它们的高度和间隔随着激光输出功率的加强而变高又密集。

在原则上讲,只要我们能够接收到一定强度的激光信号并通过一定方式进行显示,就可以观察到激光波形和脉冲宽度的。因此,可以有各种可能的办法适应我们的具体实验需要的。在一般情况和条件下有三种测试方法,下面着重介绍一下这三种实验测试的方法。

A: 在光电元件中,随着半导体光电元件的发展,由于半导体光电二极管响应时间快、使用简单等已被广泛使用,对1.06微米波长的激光可以使用硅二极管和锗二极管。它们对1.06微米波长都有相应的光谱灵敏度。以硅光二极管为例,我们可以采用图1的测试光路。

如前所说,由于激光尖峰宽度为微秒级(10^{-6} 秒),示波器应具有相应带宽(如 ≥ 15 兆赫)。当然响应时间足够的硅光电二极管是可以找到的(如 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 秒)。管子选好后,要注意入

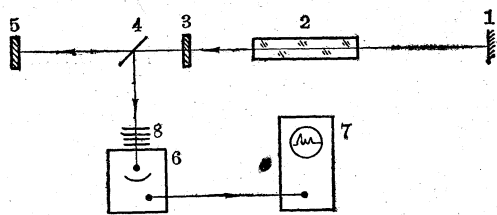


图1 测试光路

1—全反射介质膜腔板 2—工作物质(钹玻璃棒)
3—输出端腔板 4—分光板 5—靶 6—光电二
极管 7—示波器 8—干涉滤光片、衰减片组

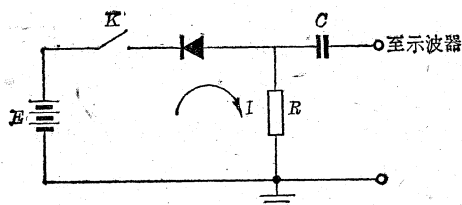


图2 硅光电二极管线路

射到管子的光强大小,以保证工作在动态光电特性曲线的线性范围,以避免波形畸变(即光电管发生对信号响应的饱和效应)或者信号再大要烧坏管子。这可以借助于加在管子前面的衰减片进行调整,在线路简图2中,负载电阻的选择应满足 $E \gg IR$ (在通常使用条件下管的工作电流为毫安),根据管子实测灵敏度(mA/mW) R 值一般可取几千欧的值就行。

如需准确测量出脉宽,应使用标准信号标定示波器 x 方向(水平方向)的扫描速度。

当被接收的激光信号无法用二极管接收(在二极管灵敏度以下),可使用倍增管做同样测量。

B: 黑纸盘接收方法 按时间均速旋转光速测量激光脉宽。

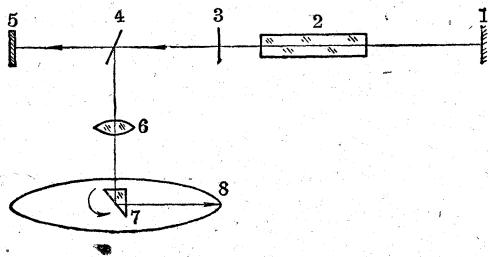


图3 光路简图

其中1、2、3、4、5说明同图1,6—透镜,7—旋转反光镜,8—黑纸(或其它光敏的纸)盘。

单透镜可以使黑纸上烧蚀出小而清晰的点子。所测脉宽就是

$$\tau = \frac{T}{2\pi} \cdot \theta$$

θ —烧蚀点分布角度,

T —反光镜旋转周期。

准确测量需要标定马达转速,及保证黑纸足够的光灵敏度。

C: 从激光器设计角度来看,我们知道是要求工作物质、氙灯参数及能源电参数匹配的,例如工作物质外形尺寸与氙灯尺寸匹配,氙灯内阻(严格讲为动态内阻)与能源特征阻抗的匹配等,对于特定激光器,这些参数是已知的。

设灯管半径为 r , 长度为 l , 则动态内阻有经验公式

$$R_d = \frac{\rho l}{\pi r^2},$$

其中 ρ 为与灯的静态参数(如气压等)、动态参数(如工作电流等)有关的常数。

当然 $R_d = \frac{V}{I_x}$, V 、 I_x 就等于灯的工作电压和电流。因此 R_d 也可用实验测出 V 、 I_x 得到。

(i) 当电源为简单电容器组能源时: 设总电容为 C , 则放电时间 $\tau_{\text{放}} = R_d C$, 即为指数放电时间常数。

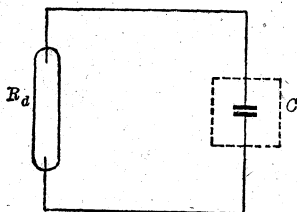


图4

(下转第40页)

下表给出几支激光管的结构和参数,其中输出功率的大小不仅取决于结构尺寸,还与每支管子的工艺质量有很大的关系。

激光管的工作参数

管子序号	毛细管长度 (毫米)	毛细管内径 (毫米)	He气压强 (托)	放电电流 (毫安)	镉源温度 (°C)	管压降 (伏)	输出功率 (毫瓦)	反射镜透过率	
								$R=\infty$	$R=1.6$ 米
7501	600	2.5	4.3	100	—	2090	10.8	2.8%	全反射
7507	600	1.7	5.8	70	—	2650	14.5	全反射	4%
7508	600	2.3	4.5	100	199	2050	11.0	全反射	4%
75011	800	3.2	3.1	130	210	1900	21.0	全反射	4%

He-Cd 激光器作为一种新的激光器,还正在进一步研究和改进之中,我们对它的研究还只是初步的,今后在功率和寿命方面还须进一步提高,在输出功率的稳定和降低辐射噪声方面也待进行探索。

参 考 资 料

- [1] W. T. Silfvast; *Scientific American*, 1973, **228**, No. 2, 89.
- [2] J. P. Goldsborogh; *Appl. Phys. Lett.*, 1969, **15**, No. 6, 159~161.
- [3] J. R. Fendly, K. G. Herngvist *et al.*; *RCA Review*, 1969, **30**, No. 3, 422~428.
- [4] D. C. Brown, T. M. Swift; *IEEE, J. Quantum Electronics*, 1974, **QE-10**, No. 1, 94~95.

(上接 42 页)

(ii) 串电感构成仿真线路以改善波形时:我们知道,仿真线路的特征阻抗 $\sigma = \sqrt{\frac{L_i}{C_i}}$, (对一节而言), 在实验上我们希望 $R_d = \sigma$, 因而 $\tau_{放} = 2n\sqrt{L_i C_i} = 2RC$, n 节仿真线路单元相对于灯可以有各种组合(如 n 并、 n 串、并串混合等等)可以作类似计算得到。

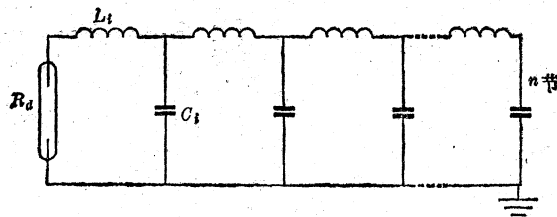


图 5

这样得到的 $\tau_{放}$ 首先是与实际放电时间不会准确一致(会由于各种实际原因影响)。另外就是要注意 $\tau_{放}$ 并不是激光脉宽本身,在一般实验条件下,激光时间总是短于氙灯放电时间的。只有在把能源的充电电压继续提高时可以达到激光脉宽与氙灯放电时间逼近相等的工作点(这时一定要注意在灯负载强度允许范围内进行),这时的激光脉宽也就不随着电压升高而变长了。

以上只介绍一下在通常条件下可以实用的比较简单的测试激光波形和脉宽的方法。

尚 石 颖