

# 低重复率毫微秒激光脉冲展宽器

陈奕升

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 本文描述了可测量毫微秒单次激光脉冲的展宽电路及有关测试问题。电路具有结构简单、性能稳定、动态范围宽等特点。在相干反斯托克斯喇曼光谱(CARS)测量中已获得较好的结果。

## Nanosecond laser pulse stretcher at low repetition rate

Chen Yisheng

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

**Abstract:** A stretching circuit capable of measuring peak voltage of a single ns laser pulse and the relevant test issues are described. The circuit has the features of simple structure, stable performance and broad dynamic range etc. Satisfactory results in CARS measurement with this technique have been obtained.

### 一、前言

为检测低重复率(每秒几周至单次)快速变化(毫微秒量级)的脉冲激光信号,一般沿用快速响应光电接收元件和实时宽带示波器。但鉴于这些设备价格昂贵,且使用要求又比较高,很难一时普及。本文描述的电路可通过普通脉冲示波器,用光电变换及窄脉冲展宽技术,在现有元部件的基础上,检测毫微秒激光脉冲信号、喇曼散射信号、相干反斯托克斯喇曼光谱(CARS)信号等。也能检测微秒量级的单次激光信号。

### 二、工作原理

图1示出展宽电路的原理图。本电路由

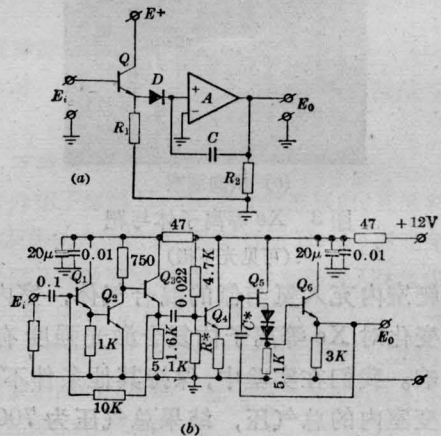


图1 脉冲反馈式展宽器

(a) 方框图; (b) 实际电路图,  $R^*$ 、 $C^*$ 可改变,  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ —3DK3B;  $Q_4$ 、 $Q_6$ —3DG6C,  $Q_5$ —3DJ6F

两部分组成。第一部分是并联电压负反馈放大器,可稳定静态工作点和输出信号电压,大

收稿日期: 1981年4月1日。

大提高了增益的稳定性,并相应减小放大器的输出阻抗。它由  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$  组成,可尽量不失真地放大快速时间变化信号,增益约 20 分贝,实测和根据负反馈理论的计算,结果基本是符合的。第二部分是脉冲反馈型展宽电路。 $Q_4$  是发射极跟随器,起阻抗变换作用,它具有较低的输出阻抗,因此当正向跳变信号在  $Q_4$  的基极出现时,该发射极跟随器可认为以其输出阻抗作信号源,内阻对电容进行充电。 $Q_4$  的基极-发射极结在负向跳变信号时起隔离二极管的作用。 $Q_5$ 、 $Q_6$  构成方框图中的 A 放大器,电压增益  $G_0$  小于 1。按照如图的连接,若放大器 A 带宽足够宽时,充电电容 C 值可有效地减小到  $C(1-G_0)$ ,这样如使  $G_0$  尽量接近于 1,则有效电容将大为减小,从而可探测窄至毫微秒的单次激光脉冲信号。

本电路的时间响应可以这样估算: $Q_4$  的输出阻抗近似以  $Q_4$  的输出电阻  $r_{opt4}$  表示。 $r_{opt4} \approx 26(\text{毫伏})/i_e$ 。例如,若  $r_{opt4} \approx 200$  欧,  $G_0 = 0.95$ ,  $C = 240$  微微法,则充电时间常数  $t_0$

$$t_0 = r_{opt4} \cdot C' = r_{opt4} \cdot C(1-G_0) = 2.4 \text{ 毫微秒}$$

也可根据脉冲反馈型展宽电路的传递函数<sup>[1]</sup>

$$\frac{E_0(s)}{E_i(s)} = G_0 \omega_n^2 \frac{1}{S^2 + 2\eta\omega_n S + \omega_n^2} \quad (1)$$

推出的检测单次窄脉冲的最小宽度  $\tau$  式来计算

$$\tau = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\eta^2}} \quad (2)$$

式中  $\eta = \omega_n [(1-G_0)t_0 + b_1]/2$

$b_1 = t_d$  ( $t_d$  为放大器 A 的上升时间)

$b_2 = t_d^2/2 - \frac{t_r^2}{4\pi}$  ( $t_r$  为放大器 A 的延迟时间)

### 三、实验结果和讨论

下表列出用标定的 FHM-1 毫微秒脉冲发生器作信号源,在其输出重复率为 35 次/秒、脉宽为 5 毫微秒时测量展宽器的实测数

据。

图 2 示出测量展宽器输出电压与峰值输入电压间的关系曲线。

表 1

信号源输出(毫伏)	展宽器输入(伏)	展宽器输出(伏)
30	0.4	0.5
40	0.5	0.7
60	0.8	1.2
70	0.9	1.4
80	1.0	1.5
100	1.2	1.9
200	2.0	3.0
300	3.0	4.4
400	3.5	5.2
500	4.2	5.9

以 YAG:Nd<sup>3+</sup> 激光器经 LN 倍频作为光源,用 EMI-9789QB 或 GDB-546 光电倍增管接收,由测量展宽器测试。

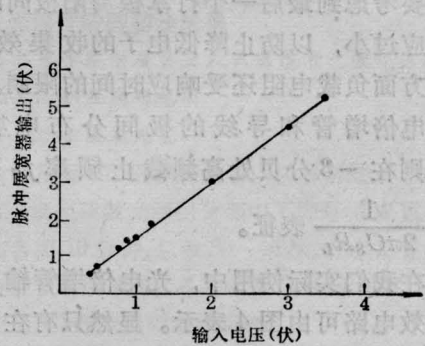


图 2 脉冲展宽器输出电压与输入电压的关系曲线

(脉冲重复率 35 次/秒,脉冲宽度 5 毫微秒)

从测量结果可知,展宽器电路对 35 次/秒、5 毫微秒的重复脉冲列,输出线性范围为 0.4~3 伏。线性误差  $\leq 3\%$ 。对 10 毫微秒、1 次/秒的激光脉冲,输出线性范围为 0.5~1.2 伏。图 3 给出的是倍频激光器输出重复率为 1 次/秒、脉宽为 10 毫微秒时展宽电路的输出电压与输入电压的关系。这两者的差别是由光电倍增管引起的。表 1 中信号源输出与展宽器输入间的非线性可理解为前级放大器(图 1 中的  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ )摆率(转换速率)

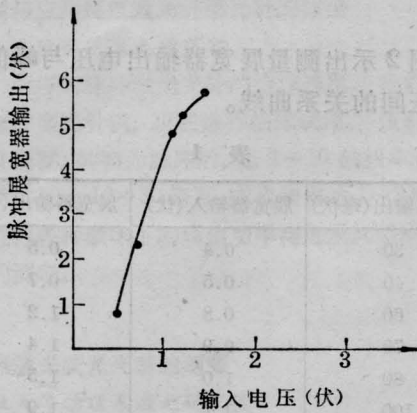


图3 脉冲展宽器输出电压与输入电压的关系曲线

激光脉冲重复率1次/秒;激光脉冲宽度10毫微秒

较小的缘故,若采用更快速的放大器,可望改善之。

众所周知,光电倍增管为恒流源,输出电流不受负载电阻  $R_L$  的影响。但是在具体选择上要考虑到最后一个打拿极与阳极间的电压不应过小,以防止降低电子的收集效率。另一方面负载电阻还受响应时间的限制。若设光电倍增管和导线的极间分布电容为  $C_s$ , 则在  $-3$  分贝处高频截止频率  $f_c$  可由  $f_c = \frac{1}{2\pi C_s R_L}$  表征。

在我们实际使用中,光电倍增管输出负载等效电路可由图4表示。显然只有在负载电路的时间常数  $RC$  比输入电路的时间常数  $\tau$  充分小时(输入电流的上升时间以  $2.3\tau$  表示,负载电路的上升时间以  $2.3RC$  表示),输入电流才能得到不失真的传送。而现在光电倍增管接收10毫微秒的激光脉冲信号,故需

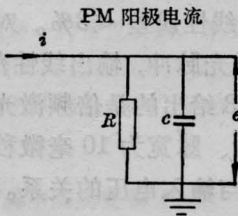


图4 光电倍增管负载电路

选定负荷  $R_L$  为50欧,以获得合适的频率响应。

另外,在实际信号接收测量中,为了提高信噪比( $S/N$ ) 势必应尽量选择低暗流的光电倍增管。倍增管的暗流是在没有外界光照射时存在的一种剩余电流,一般在  $10^{-8} \sim 10^{-11}$  安之间。可通过选定最佳工作电压,折衷选择灵敏度与暗电流,减少光阴极面的有效面积,尽量减小外因产生的漏电流(提高导线、插座的绝缘性能)等措施来减小暗电流。对于微弱光流信息,如单光子计数状态,则可考虑使倍增管的阴极从室温转向致冷方式工作(如半导体致冷、液氮致冷等),一般冷却到  $-10 \sim -40^\circ\text{C}$ 。EMI-9789 QB 的额定工作电压为1150伏,我们选在1000伏左右,光阴极面的有效直径  $\phi 10$  已能满意地工作。

假如倍增管输出电流脉冲的时间常数远小于负荷电路的时间常数,则输出电压脉冲是电容  $C$  的倒数与电荷  $Q$  的乘积,即成为阳极脉冲积分电路。对微微秒单次 Nd 玻璃激光器的输出也可用上面的光电接收电路,由放大展宽器进行测试,典型的展宽脉冲波形如图5所示。

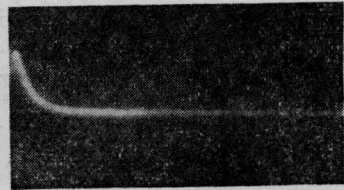


图5 展宽脉冲波形照片

Y:2伏/厘米; X:0.1毫秒/厘米。照片中脉冲振幅4伏;脉冲半宽100微秒

对于王福贵同志提供的激光器和丁安华同志的宝贵意见表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] M. Uno; *Rev. Sci. Instrum.*, 1974, **45**, No. 2, 313.
- [2] 西克夫,《分光研究》, 1974, **23**, No. 4, 185.