

脉冲激光输出的电光稳定器

胡企铨 舒海珍 殷立峰 袁国雄*

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报道一种适用于多种毫微秒脉宽的脉冲激光输出稳定方法。所研制的电光稳定器插入损耗 $< 20\%$ ，它使脉冲激光输出的起伏由 $> 10\%$ 减小到 $< 2\%$ 。

An electro-optical stabilizer for pulsed laser output

Hu Qiquan, Su Haizheng, Yin Lifeng, Yuan Guoxiong

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

Abstract: An E-O stabilizer for pulsed laser output applicable to many types of pulsed lasers has been developed. We present here both the operational principle and the experimental results. Its insertion loss is 20% . Using this device the pulsed laser output fluctuation can be decreased from more than 10% to less than 2%

一、引言

在激光物理、激光化学和激光光谱学的实验研究中，大量使用各种类型的脉冲激光器。由于脉冲激光输出的起伏较大，稳定其输出对许多定量实验研究具有重要意义。过去的做法主要着眼于稳定脉冲激光的泵浦、精确控制 Q 开关的开启时间或选择合适的工作条件等措施，这种措施都和可用的激光器件有关。最近，S. White 等人研制成一种自调整光学衰减器^[1]，可以和激光器无关独立工作，把锁模钕玻璃激光器的输出起伏由 $> 10\%$ 稳定到 $< 1\%$ 。他们装置采用了硅光电子开关及电子管式高压、高速非线性放大电路，因而用这种装置稳定非锁模的脉冲激光输出有一定限制，且插入损耗较大（~

50%）。本文报道我们研制的另一种形式的脉冲激光输出稳定器，它具有工作原理简单，只使用普通的光电子学元件及线路，调整方便，插入损耗小，稳定效果好等特点。它原则上运用于稳定脉冲宽度为毫微秒量级的各种脉冲激光输出，并兼有多用途功能。

二、工作原理

我们根据两端网络理论，把脉冲激光输出稳定器等效成一个两端无源网络。假设两端网络的传递函数为 T ，而且 T 是两端网络的输入 I_i （也即脉冲激光器的输出峰值功率或积分能量）的函数， $T = T(I_i)$ ，则两端网络的输出 I_o （即通过稳定器的激光输出）应为：

收稿日期：1984年10月23日。

* 成都电讯工程学院1984届毕业实习生。

$$I_0 = I_i T(I_i) \quad (1)$$

如果要求 I_0 不随 I_i 而变, 则两端网络应满足如下条件:

$$\frac{dI_0}{dI_i} = 0 \quad (2)$$

也即传递函数 $T(I_i)$ 应满足下式:

$$T(I_i) + I_i \frac{dT(I_i)}{dI_i} = 0 \quad (3)$$

由此可解得:

$$T = C/I_i \quad (4)$$

上式 C 为常数。由(4)式可知 T 和 I_i 的关系不是线性关系, 因而这种两端网络不可能用线性电路来实现。但可以考虑一种开关方式工作的两端网络, 它具有如下特定的形式:

$$T(I_i) = \begin{cases} T^0 & I_i \leq I_i^0 \\ 0 & I_i > I_i^0 \end{cases} \quad (5)$$

这表明在 $I > I_i^0$ 时 $T(I_i)$ 满足(3)式, 即脉冲激光输出 I_i 小于或等于某一期望的稳定值 I_i^0 时, 稳定器以某一确定的透过率 T^0 使激光透过, 当 I_i 一旦超过 I_i^0 时, 稳定器瞬即关闭, 不再输出激光。如果 I_i 代表脉冲激光输出的积分能量或峰功率值, 则稳定器可稳定激光输出的积分能量或峰值功率。

具有(5)式表示的传递函数形式的两端网络可用图1所示方案来实现。在一对正交偏振棱镜 P_1 、 P_2 之间的普克尔盒 PC 上加电压 V_0 , 根据马吕定律, 其透过率为:

$$T^0 = I_0/I_i = \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{V_0}{V_{\lambda/2}}\right) \quad (6)$$

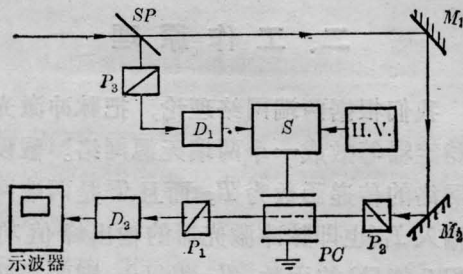


图1 脉冲激光输出稳定器实验原理图

P_1 、 P_2 、 P_3 —偏振棱镜; PC —电光晶体; D —光电二极管; HV —高压电源; M_1 、 M_2 —反射镜构成光学延时线; SP —分束板; S —快速电子开关

式中 $V_{\lambda/2}$ 是普克尔盒的半波电压。把脉冲激光输出分一部分至光电转换器 D , 经一比较器来控制快速开关 S 。当 $I_i \leq I_i^0$ 时, S 保证 PC 上加有电压 V_0 , 其透过率为 T^0 。当 $I_i > I_i^0$ 时, S 使 PC 上电压瞬即退为零, 其透过率为零。这一装置的理论透过特性如图2所示。由于 T^0 随 V_0 而变, 这一装置还可兼有电控可变衰减器的作用。

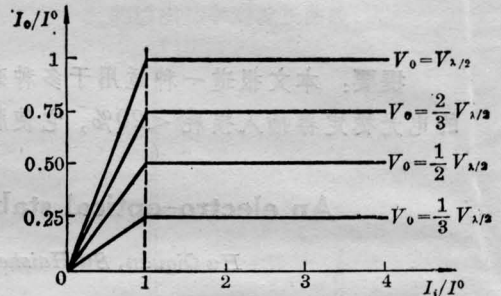


图2 开关式工作的两端网络理论透过特性

三、实验装置及结果

实现图1所示方案, 关键在于选用合适的电光晶体和快速电子开关。我们选用的铌酸锂电光晶体尺寸为 $5 \times 4 \times 44$ (单位为 mm) 其半波电压在 $0.48 \sim 0.63 \mu\text{m}$ 处为 $360 \sim 410 \text{V}$, 消光比约 $100:1$ 。常用的快速电子开关元件有高压火花隙, 冷阴极闸流管和雪崩晶体管三极管。由于所用的电光晶体半波电压较低, 可以选用雪崩三极管线路作快速电子开关。实验线路见图3。根据文献[2]介绍的测试方法, 我们测量了2N5551雪崩晶体管的雪崩电压, 雪崩触发电平及触发雪崩延时, 所得参数见表1。用快速存储示波器拍摄了触发信号及雪崩波形, 见图4。我们用PIN硅光电二极管(S1188型) D 作光电探测并直接提供2N5551所需的触发信号。光电二极管前用一可调偏振器来调整所需稳定的脉冲激光输出幅度可以不用比较器。当需要稳定较小的光脉冲输出幅度时, 可调整偏振片使进入光电二极管的光脉冲衰减小一些,

表 1 2N5551 雪崩管参数

雪崩电压(V)	263
触发延时(ns)	10
触发电平	2V(触发信号脉宽 10ns) 4V(触发信号脉宽 3ns)
雪崩前沿(ns)	<2
触发雪崩抖动(ns)	<2

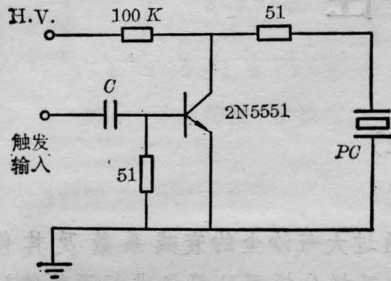
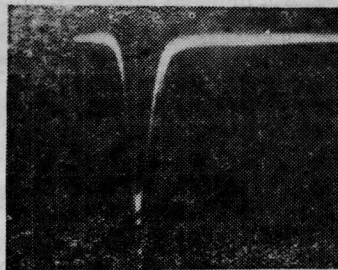


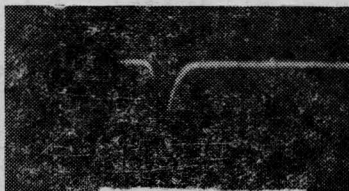
图 3 快速电子开关线路



图 4 2N5551 雪崩晶体管触发信号(上轨道)及雪崩波形(下轨道)



(a) 脉冲激光器的输出波形(发射 10 次)



(b) 脉冲激光器输出稳定后的波形(发射 10 次)

图 5

较小的光信号此时即可触发雪崩晶体管开关动作。反之则使稳定的光脉冲输出幅度大一些。由于雪崩晶体管的触发雪崩延时约 10 ns, 在实验装置中还使用了一段光学延迟线, 其延时保证光脉冲到达电光晶体普克尔盒的时间与快速电子开关动作时间匹配, 我们所用的延迟线长约 3 m。用图 1 所示实验装置, 普克尔盒加电压 280 V, 稳定 YAG 二次谐波泵浦的脉冲染料激光器, 稳定前后 10 次激光发射的波形用存储示波器记录的照片见图 5(a)(b)。实验结果表明该装置的插入损耗 <20%, 它使脉冲激光输出的起伏由 >10% 减小到 <2%。稳定后的激光波形复现性较好。

四、几点讨论

1. 实验中发现雪崩晶体管的工作参数, 例如雪崩工作电压、触发电压等要选用得当, 否则开关电路易发生振荡。为使开关电路能稳定工作, 我们在电光晶体回路中串有 50 Ω 的一只电阻。这只电阻使雪崩前沿变缓, 从而使稳定后的激光波形后沿不是明显的削波形状。(见图 5(b))。

2. 雪崩晶体管的触发前沿有抖动, 一般 <2 ns, 所以限制了稳定器只能稳定脉宽大于 2 ns 的脉冲激光实验表明宽度为 5 ns 的脉冲染料激光能被很好地稳定。

3. 用单块双 45° 铌酸锂晶体代替偏振棱镜对和普克尔盒可以使得稳定器的插入损耗更小, 调整使用更方便。初步的实验表明这种单块双 45° 铌酸锂稳定器更有实用意义。

参 考 文 献

[1] White S. et al.; *Opt. Commun.*, 1983, **44**, No. 6, 405~410.
[2] 莽燕萍等;《中国激光》, 1983, **10**, No. 4, 242~245.