

超辐射触发电光调 Q 开关获得高稳定激光输出

陈南斗 赵炎生

(南京大学物理系) (江苏省地质仪器室)

孙占鳌 李永春

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

用光再生式电光调 Q 获得稳定的激光输出,是一种简易可行的方法。但这种方法必然有前置激光脉冲;也容易导致后置激光脉冲。这种缺点限制了这一方法在激光放大和测距等方面的应用。我们提出的轴向超辐射 Q 开关,克服了光再生方法中的不足。它的原理是,在脉冲电光调 Q 激光器的光泵过程中,一定的轴向超辐射强度对应激活介质中一定的反转粒子数。只要控制接收器中超辐射的光电转换电平,就能控制打开 Q 开关时的反转粒子数,也就能稳定输出的巨脉冲激光。在激光阈值附近,改变氙灯电压,测得超辐射 Q 开关激光峰值幅度变化小于线路延迟开关变化的四分之一。在同一氙灯电压时,超辐射 Q 开关的激光输出重复性也有所改进。

一、引 言

P. Banes^[1] 和张杏奎^[2] 等利用电光 Q 开关闭锁时(光谱谐振腔处于高损耗)激光振荡的阈值,稳定了激活介质中的反转粒子数,并用激光振荡时的第一个激光尖峰起电调 Q 开关,构成了光再生电光调 Q 系统,实现了稳定的调 Q 巨脉冲激光输出。在这类系统中,由于利用了闭腔激光振荡,必然存在前置激光脉冲,同时由于采用了稳定谐振腔结构和退电压调 Q 方式,容易产生后置激光脉冲。因此再生式调 Q 系统就不能满足很多应用的要求,如激光测距和放大等。为此我们提出了轴向超辐射触发电光 Q 开关。在单块双 45° LiNbO₃ 晶体上,以脉冲加压方式开通光腔光路,在高损耗型非稳定谐振腔上获得了高稳定巨脉冲激光输出。这种方法提高了器件的可靠性,扩大了应用范围。

基本原理如下:在光泵过程中,激活介质的反转粒子数与自发辐射强度有一定的对应关系。当反转粒子数达到某一水平后,荧光通过激活介质产生放大形成超辐射。

$$I(N) = I_0(N)e^{G(N)L},$$

其中, L 为光路中经过激活介质的长度, $I_0(N)$ 为对应单位体积反转粒子数 N 的荧光, $I(N)$ 为 $I_0(N)$ 经过激活介质放大后的超辐射。若激活介质的增益系数 $G(N)$ 较高,在激活介质的轴向有 $I(N) \gg I_0(N)$ 。当 $I(N)$ 在激活介质的轴向射出时,其强度随距离的增加衰减较慢;处于漫反射的杂散光衰减较快,经过某一距离后,轴向光就只剩下超辐射了。如能控制超辐射接收器的光电转换电平,并以此电讯号起电调 Q 开关,就能使调 Q 过程与激活介质中一定反转粒子数相对应,从而实现稳定的巨脉冲激光输出。

二、实 验

1. 实验装置

实验装置如图 1 所示,图中虚线表示 Q 关闭锁时荧光和超辐射的光路,实线表示激光振荡的光路,取样直角棱镜安置在铌酸锂晶体开关后的虚光路中,将激活介质中的近轴光取出,由超辐射接收器接收。

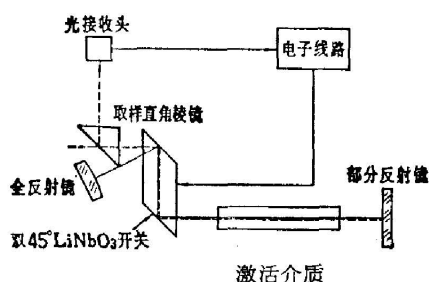


图 1 实验装置图。

Fig. 1 Schematic experimental arrangement

激光器的工作参数: Nd^{3+} :YAG 棒 $\phi 5.7 \times 60\text{mm}$; 双 45° 铌酸锂晶体开关光轴长 24mm ; 平凸型不稳定谐振腔; 激光器的重复频率每秒一次。

电子线路参考文献[2]。当光电转换电平低于取样电平时,调 Q 开关不工作,当光电转换电平一到取样电平时, Q 开关起动。从接收超辐射讯号到光路开通小于 450ns 。

2. 实验测量

(1) 超辐射触发 Q 开关与延时触发 Q 开关输出巨脉冲激光的稳定性对比:

方法: 改变激光器氙灯电压测量激光输出的幅度。

测量仪器: 强流光电管与 212 示波器。

数据: 每测一百次的平均值如表 1 中的读数。

(2) 改变氙灯电压,用超辐射触发 Q 开关,获得激光巨脉冲波形(图 2)。激光巨脉冲半宽度为 4ns 左右。用 519 示波器记录,时标 $5\text{ns}/\text{格}$ 。

(3) 固定氙灯电压,超辐射触发与延时触发 Q 开关的巨脉冲幅度(图 3)。

表 1

超辐射触发调 Q 激光测试					固定延时调 Q 激光测试				
氙灯电压	激光峰值 (示波器读数)	灯 压 变化值	激光峰值 变化	激光峰值 变化百分比	氙灯电压	激光峰值 示波器读数	氙灯电压 变化值	激光峰 值变化	激光峰值 变化百分比
1000 伏	4.26 格	30 伏	0.03 格	0.7%	1000 伏	>6 格	30 伏	>0.8 格	>13%
970 伏	4.23 格				970 伏	5.20 格			
1000 伏	3.85 格	40 伏	0.23 格	6%	1000 伏	4.74 格	40 伏	1.34 格	28%
960 伏	3.62 格				960 伏	3.40 格			
1070 伏	6.00 格	50 伏	0.31 格	5.2%					
1020 伏	5.69 格								

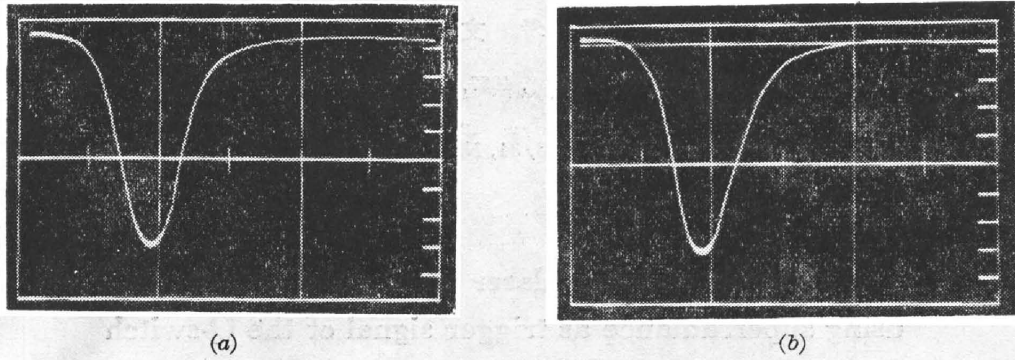


图 2 超辐射触发 Q 开关巨脉冲激光波形

(a) 氙灯电压在 1070 伏时巨脉冲波形 (b) 氙灯电压在 1120 伏时巨脉冲波形

Fig. 2 Waveform of a laser giant pulse using superradiant signal to trigger Q-switch

(a) Voltage of xenon-flash lamp at 1070 V (b) Voltage of xenon-flash lamp at 1120 V

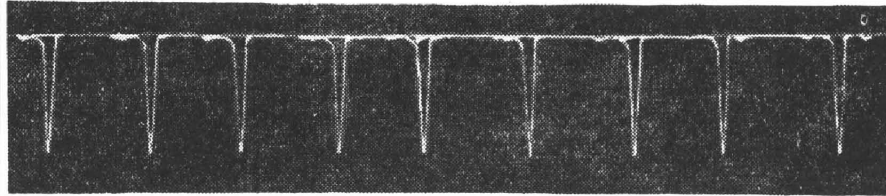


图 3(a) 氙灯电压在 1080 伏, 超辐射触发 Q 开关巨脉冲的幅度

Fig. 3(a) Waveform of giant-pulse using the superradiant signal to trigger Q-switch (with xenon-flashlamp voltage at 1080 V)

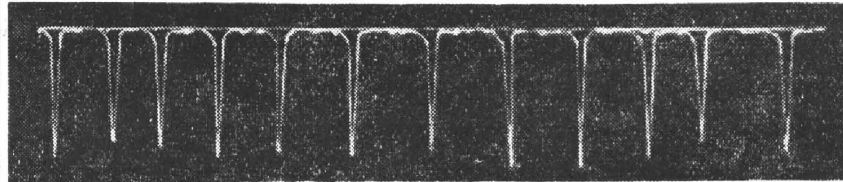


图 3(b) 氙灯电压在 1080 伏, 延时线路触发 Q 开关的巨脉冲幅度。

Fig. 3(b) Waveform of giant-pulses using time-delay circuitry (with xenon-flash lamp voltage at 1080 V)

三、讨 论

(1) 从上列测量中可以看出, 由超辐射触发 Q 开关所得的结果与延时线路触发 Q 开关结果比较: 在激光阈值附近, 超辐射 Q 开关对氙灯电压变化引起激光幅度的变化, 小于延时电路触发变化的四分之一; 在同一氙灯电压情况, 超辐射触发 Q 开关产生巨脉冲的重覆性也有明显提高。

(2) 控制线路还可作一些改进, 如缩短线路的开动时间, 提高触发闸流管电压的幅值等。

本工作得到冯端教授的指导; 在测量工作中, 得到陆雨田、陈绍和以及吴兆庆等同志的帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] P. Bares *et al.*; *J. A. P.*, 1973, **44**, No. 9 (Sep), 4067.
[2] 张杏奎等;《激光》, 1979, **6**, No. 5 (May), 23.
[3] W. G. Wagner, B. A. Lengnel; *J. A. P.*, 1963, **34**, No. 7 (Jul), 2041.

Highly stabilized laser giant pulse output using superradiance as trigger signal of the Q-switch

CHEN NANDOU

(*Department of Physics, Nanjing University*)

ZHAO YANHENG

(*Nanjing Institute of Instrumentation, Jiangsu Bureau of Geology*)

SUN ZHANAQ AND LI YONGCHUN

(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academic Sinica*)

(Received 4 June 1980)

Abstract

The optically regenerative Q-switch method, by which the laser output can be stabilized, is simple and easy to operate. But the disadvantages of laser prepulses inevitable and the successive pulses easily produced severely limit the applications of this method to laser amplifiers and laser range-finders. To overcome these shortcomings we have designed a new method using axial superradiant signal to trigger the Q-switch. The principle is as follows: The superradiant signal intensities near the axial correspond to certain population during the laser process of the optical pumping. So we can control the population which can trigger the Q-switch by controlling the superradiant convert electrical level in the superradiant detector and then the laser output can be stabilized. Near the laser threshold the variation of peak heights of laser pulses controlled by superradiant signal triggered Q-switch is reduced to only 1/4 of original value when we change the voltage of xenon-flash lamp near the laser threshold. The laser output reproducibility may also be improved by this method.