

YAG:Nd³⁺ 再生式脉冲调 Q 激光器

张杏奎 许自然 陈南斗 张志芳

(南京大学)

应用激光技术进行测量、精密加工及科学研究工作时,往往要求激光输出功率稳定。但是,通常电光调 Q 的脉冲激光重复性较差,峰值功率偏差在 10% 以上。本文介绍应用简单的“再生式”方法,可以使电光调 Q 激光的峰功率稳定在 3% 以内。

一、原 理

通常的电光调 Q 过程是,光泵开始泵浦以后,延迟一段固定时间,光开关开通,发出一巨脉冲。这个巨脉冲的大小,依赖于每次电光开关开通时激活物质内的反转粒子数。通常调 Q 过程只控制氙灯闪光开始后到光开关开通时的延迟时间,与激活物质内的反转粒子数不直接耦合,因而对电网电压变化、氙灯老化、器件热膨胀以及仪器机械振动等,直接影响反转粒子增加速率的因素无法控制^[1];只能取输出激光功率最大的延时为最佳延迟时间,当然激光峰功率不能稳定。再生式电光调 Q 激光器的调 Q 过程,不是控制延迟时间,与染料调 Q 激光器的过程很相似。光开关在开始时闭锁光路,当光泵使腔内激活物质的反转粒子数达到某一数值时,光开关自动打开,巨脉冲产生。染料开关的最大缺点是开关时与外部无法耦合以及开的过程中局部染料损伤等,这一系列缺点在再生式光开关中完全不存在,并且具有峰功率和脉宽连续可调的优点。具体作法是先使普克尔盒处于闭锁状态,光泵输入足够大的能量,使激活

物质内反转粒子增加到光腔内增益等于损耗,开始出现小的激光振荡,也就是产生在高损耗状态下的微弱振荡。当此小激光一旦出现,由于增益饱和效应,即使光泵继续工作,反转粒子数不再增加,仍保持在闭锁光路状态下的阈值水平上。在此期间,若腔内光开关开通,则这个阈值水平上的反转粒子数便产生巨脉冲。只要在调 Q 晶体上加压相同,闭锁状态就相同,产生巨脉冲反转粒子数也就相同,巨脉冲峰功率必然有较好的重复性。调节开关上电压使开关处于不同的闭锁状态,就可以得到不同峰功率的脉冲激光。这种再生式电光开关与反转粒子数直接耦合,从而克服了使激光不稳定的多种因素。

二、实 验 装 置

多种形式的电光 Q 开关都可以用作再生式 Q 开关,我们采用的是铌酸锂双 45° 的普克尔盒,用的是退压方式。工作时首先闭锁光路,也就是普克尔盒上加上适当电压。激光起振的光路按图 1 的虚线, e'' 光由光导纤维线引至快速硅光二极管 (2DU1_L), 光二极管接收光信号后立即发出信号,经相应的电路放大后开动氢闸流管退去普克尔盒上电压,开通光路,激光按图 1 中的实线产生光巨脉冲。因晶体上电压已退去,巨脉冲射出时硅光二极管上几乎无光信号。调节普克尔盒上不同电压,就能改变光路的不同闭锁状态,

收稿日期: 1978 年 11 月 9 日。

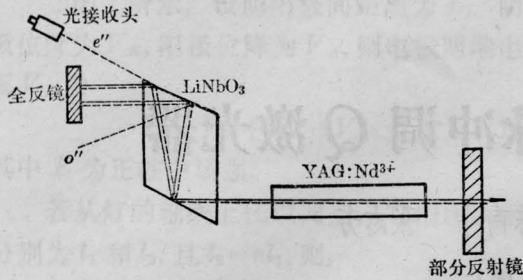


图1 再生式激光原理图

可以得到不同的巨脉冲峰功率和不同的激光脉宽,同时获得千瓦到兆瓦的调Q激光脉冲。

我们用作光再生电光调Q激光器的元件是:(1) $\phi 7 \times 80$ 毫米YAG:Nd³⁺激光棒;(2)光开关——LiNbO₃晶体制成的双45°单块晶体开关;(3)全反射镜100%反射,半反射镜的反射系数从8%至30%均可。在退压式开关的普克尔盒上加半波电压时,光泵需提供能量约为(300微法-700伏),这里要求提供的能量使闭腔激光器能振荡为宜。闭腔振荡是以脉冲形式小激光出现。激光一旦开始振荡,反转粒子数稳定在高损耗时的阈值,这就是再生式调Q激光所利用的关键。由于闭腔激光振荡时的损耗主要来自普克尔盒的关闭状态,普克尔盒的闭锁态由加在盒上的电压决定,所以只要稳定普克尔盒上电压就能重复出现振荡时的反转粒子数。实验原理图如图2。

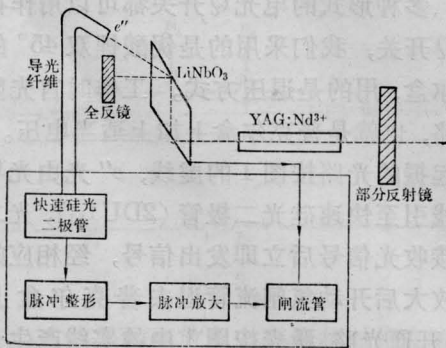


图2 实验原理图

闭腔振荡的小激光信号,由光导纤维导至硅光二极管(2DU1_{Li}),硅光二极管发出电脉冲经两级射极跟踪器(由2G711D×2组

成)进行阻抗匹配推动斯米特整形电路(由3DK26×2组成),整形后脉冲经射极跟踪,最后由3DA14D组成功率放大推动脉冲变压器,变压器输出(空载)300伏左右的脉冲去推动氢闸流管,退去普克尔盒上电压。这个电路产生的脉冲前沿陡、上升时间快正是电路所要求的。电路中脉冲后沿与过程无关,一般不作要求。

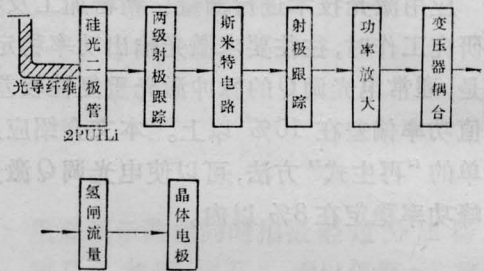


图3
(具体电路见附图)

线路中主要延迟时间来自脉冲变压器,所以要求脉冲变压器的磁环材料较好。选好材料后,在300毫微秒内完成动作我们已实现。即硅光二极管接到信号后,300毫微秒内退去普克尔盒上电压。这段时间即使长些,如几个微秒也是可以的,只要在这段时间中小激光继续存在,就不会影响结果。

三、实验测量

(1) 闭腔小激光开始振荡(阈值)时输入能量与普克尔盒上所加电压的关系:

用2DU1_{Li}硅光二极管作为接收头,用示波器检测,得到激光开始振荡时输入能量与调制电压之间曲线如图4。

在四能级的激活物质中,反转粒子数正比于光泵输入能量,只要控制普克尔盒上电压就能较好地控制所需的反转粒子数,也就能控制光脉冲的峰功率。曲线在1千伏附近出现的反常现象是晶体应力造成的。

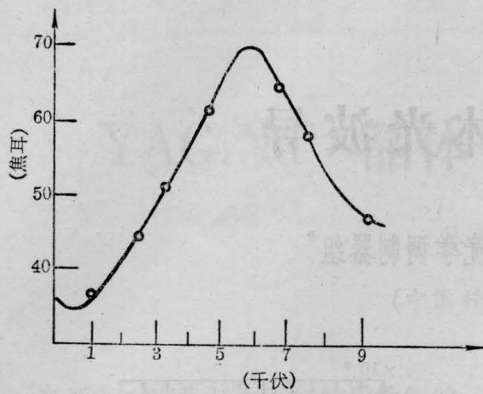


图4 激光阈值时的调制电压与输入能量关系

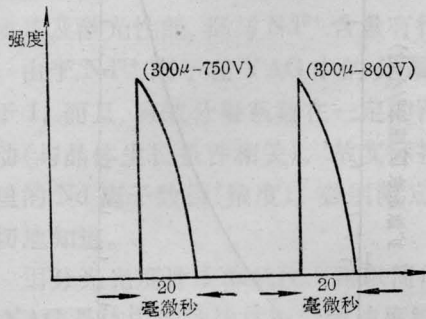


图5 脉宽测量

(2) 再生式调Q激光脉冲宽度的测量(半波电压时):

用强流光电管接收激光脉冲, 用示波器显示(SBM14), 看到的激光脉冲波形如图5。目测示波器上激光半功率点脉宽约10毫微秒。

(3) 稳定度测量:

因示波器SBM14只能目测无法照相, 看到的结果是稳定的, 峰值偏差在3%以内。因无法拍照, 不能迭比, 这是测量中不足之处。

四、问题讨论

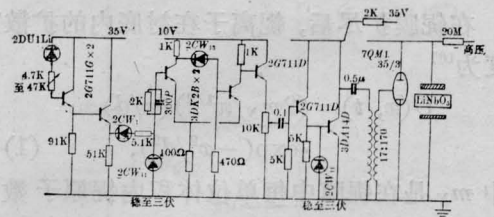
(1) 再生式电光调Q激光器, 需要在闭腔情况下振荡, 所以应用高增益系数的工作物质, 如红宝石、YAG:Nd³⁺和CaWO₄:Nd³⁺

等, 增益系数低的材料不宜作为工作物质。

(2) 光再生调Q激光器由硅光二极管接收小激光信号后发出电脉冲去开通光路, 而触发氙灯的电脉冲是万伏级的脉冲, 这个触发电脉冲可能作为干扰信号提前开通光路, 出现假调Q; 这个万伏级信号不易屏蔽。但如果把所有电路和硅光二极管都装在一个机壳内, 用光导纤维导入小激光信号, 同时有一条较好的地线, 屏蔽就变得较容易, 不再出现误触发开通光路现象。

(3) 再生式电光调Q开关一般以激光输出为偏光形式, 便于制作。若激光输出是无规偏光, 则开关要求就高, 也即要考虑开关晶体质量和制作精度对两束偏光闭锁是否相同。用双45°单块调Q时, 只有光开关对o'光和e'光具有相同的闭锁, 才能任选o''和e''中任一条作开关信号, 否则就要测量出闭锁较好的那一条偏光作信号才能保证激光的稳定。

(4) 此激光器峰功率稳定, 并连续可调, 可作显微光谱仪的光源等用。另外再生式小激光形成过程比一般调Q激光形成时间长, 腔内来回次数多, 所以可用较简单办法选出单纵模和横模^[2]。



电路附图

参考文献

- [1] P. Banes; *J. Appl. Phys.*, 1973, **44**, No. 9, 4067.
- [2] D. C. Hanna; *Electronics Letters*, 1972, **8**, No. 15, 369.
- [3] 周振卓等;《激光》, 1978, **5**, No. 4, 6.