

冷阴极闸流管激光脉冲削波器

朱鑫铭 薛彬* 范滇元

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报导由冷阴极闸流管产生高压脉冲的激光脉冲削波器。采用光电信号悬浮输入的雪崩管触发电路和脉冲预燃工作方式,成功地实现了对调Q激光脉冲的削波,获得前沿为1.8毫微秒、宽度可变的光脉冲。

A laser pulse slicer with cryotron

Zhu Xinming, Xue Bin, Fan Dianyuan

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

Abstract: A laser pulse slicer with a cryotron high voltage pulse generator is reported. An avalanche transistor trigger circuit with suspended photoelectric input and pulse simmering circuit are used. Pulses with a rise-time of 1.8ns and variable widths have been obtained by means of slicing Q-switched laser pulses.

一、引言

削波与单脉冲选择一样,都是利用电光开关来实现的。但由于削出来的光脉冲的前沿和形状直接取决于加到电光开关上高压电脉冲的波形,因此对高压驱动器的要求更为严格。驱动器的核心部分是一个能够快速导通的高压开关元件,常用的有光触发火花隙、雪崩管串和冷阴极闸流管^[1]等。本文报导的削波器是采用KN-22型冷阴极管作为开关元件,以脉冲式加预燃后^[2],闸流管的延时小于40毫微秒,抖动约2毫微秒,寿命长达 10^5 次。在用于触发冷阴极管的雪崩管串电路中,采用负压电源和悬浮触发信号,不用倒

相变压器仍可以得到正脉冲输出,需要的触发信号也不大。在Blumlein线和普克尔盒之间,用了12米长的传输电缆,不仅避免了主脉冲之后的反射信号,还可以利用终端开路反射,对高压幅度的要求降低一倍。我们利用这样的削波器得到上升时间为1.8毫微秒、宽度可变的激光脉冲。

二、线路

冷阴极管电路见图1。在预燃脉冲信号未来到 BG_3 截止,预燃极的电流约70微安。当延时器给出的预燃脉冲信号加到

收稿日期:1982年7月28日。

* 天津大学毕业实习学生。

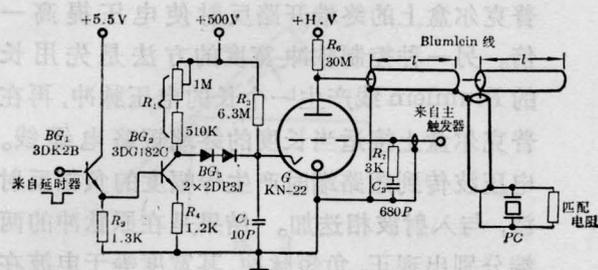


图1 冷阴极闸流管电路
PC—普克尔盒

BG_1 上时, BG_3 导通, 500 伏电压通过可变电阻 R_1 向冷阴极管提供一个从 500 到 900 微安可调的预燃电流。

KN-22 型管子需要一个幅度为 750 伏, 上升快、延时短、抖动小的主触发信号。文献 [1] 中介绍了两种雪崩管串电路。为了得到正脉冲, 一种方法是用变压器倒相, 但我们在实验中发现, 没有高频性能好的铁氧体环作芯子, 变压器的效果就很差。在第二种电路中没有用倒相变压器, 但是, 在被触发管的基极和发射极之间只得到触发信号的一部分分压, 便要求触发信号的幅度要大。而闸流管系统存在几十毫微秒的固有延时, 因此就要求在调 Q 激光脉冲的前沿去触发雪崩管串。这样, 一般的光电管或 PIN 管都很难满足该系统的要求。我们对上述电路作了改进, 见图 2。PIN 管的电源采用干电池, 所以悬浮式触发并没有带来别的麻烦。这里综合了前面两种电路的优点, 输出正脉冲, 幅度大, 无振荡, 需要的触发信号幅度也小。线路中用 4 个性能一致的 2N5551 晶体管, 当电容上的充电电压为 800 伏时, 输出脉冲幅度为 750 伏、前沿为 3 毫微秒。其中 R_4 可以用来调整输出阻抗, 并且在冷阴极管导通过程中有电涌返回到雪崩管串上时, R_4 可以起限流作用。

三、削波实验

削波实验的总体排布见图 3。调 Q 振荡

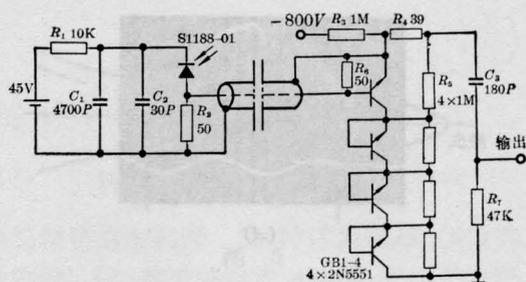


图2 主触发器线路

器产生一个半极大全宽约为 120 毫微秒的调 Q 脉冲。电光晶体是 $1 \times 1 \times 2$ 厘米³ 的铌酸锂, 横向运用。多路延时触发器给出信号触发点燃氙灯, 经过 500 微秒打开调 Q 晶体, 产生调 Q 激光。从触发氙灯的信号中分出一部分去触发延时器, 延时 T_1 后给出一个宽度为 T_2 的脉冲控制冷阴极管的大电流预燃, 约 700 微安。 T_1 、 T_2 是可调的, T_1 取 485 微秒, T_2 取 20 微秒。

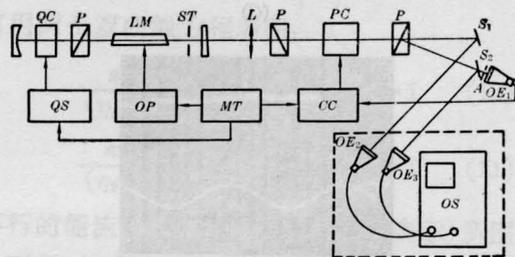
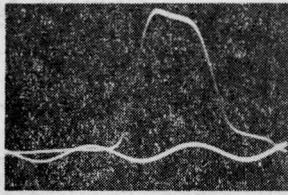


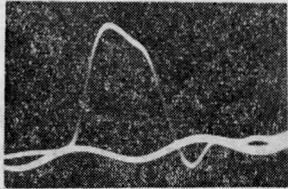
图3 削波实验装置

QC—调 Q 晶体; P—洛伽棱镜; LM—激光棒; ST—小孔; L—透镜; PC—普克尔盒; S—分束镜; QS— Q 开关电源; OP—光泵; MT—多路延时触发器; CC—冷阴极闸流管电路; OE—光电探头; OS—7904 示波器; A—衰减片

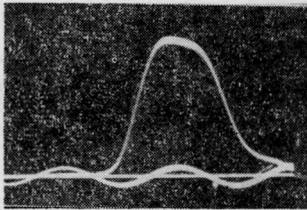
当用特性阻抗为 25 欧的电缆作为 Blumlein 线, 用 50 欧电缆作为其负载时, 得到的电压幅度等于冷阴极管阳极电压的 85%, 电脉冲前沿为 1.3 毫微秒。当全部改用 75 欧电缆时, 电脉冲前沿可减小到 0.9 毫微秒, 输出幅度等于阳极电压的 57%。如果用 150 欧电阻作为负载, 输出幅度仍能达到阳极电压的 85% (见图 4)。实验中很难实现电传系统完全匹配, 因此传到普克尔盒上的



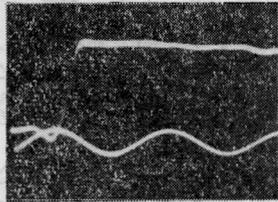
(A)



(B)



(C)



(D)

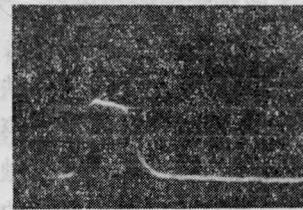
图4 用OK-19示波器测得的电脉冲波形
Blumlein线的特性阻抗为: (A) 25 欧姆;
(B) 75 欧姆; (C) 把(A)中的电脉冲加到
普克尔盒上后的电波形; (D) 示波器的响
应,方波的上升时间小于0.3 毫微秒。图中
的时标均为100 兆周

电波形中,在主脉冲后总有一些反射信号存在。为此,我们在 Blumlein 线和普克尔盒之间用了一根 12 米长的高频传输电缆。这样,反射信号要在主脉冲之后 120 毫微秒才传到普克尔盒,调 Q 激光也基本过去了,从而对削出来的激光波形没有什么影响。改变 Blumlein 线的长度 l 便可得到不同宽度的脉冲。这种接法还有另一个优点是可以利用

普克尔盒上的终端开路反射使电压提高一倍。另一种控制脉冲宽度的方法是先用长的 Blumlein 线产生一个长的电压脉冲,再在普克尔盒上接适当长度的终端短路电缆线。电压波传到短路端时产生等幅度的负相反射波,与入射波相迭加。结果是在原脉冲的两端分别出现正、负短脉冲,其宽度等于电波在短路线中传输一个来回所需的时间,其余部



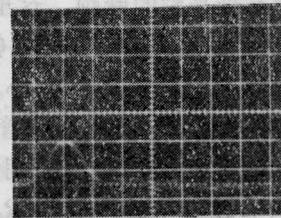
(A)



(B)



(C)



(D)

图 5

(A) 舍弃光波形,水平扫描 20 毫微秒/格; (B) 和 (C) 是削出来的激光脉冲,水平扫描 5 毫微秒/格; Blumlein 线的臂长为: (B) 75 厘米; (C) 30 厘米; (D) 采用 9 厘米长终端短路线时削出来的激光脉冲,水平扫描 2 毫微秒/格

(下转第 338 页)

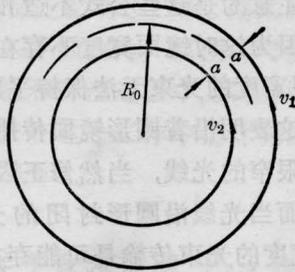


图 5

$$\Delta f = \frac{4A\Omega}{\lambda P} \left(1 + 2 \frac{S}{R_0} + \frac{S^2}{R_0^2} \right) \quad (23)$$

当光斑均匀、半径为 a 时, 类似上节的处理可得平均拍频差为

$$\Delta f = \frac{4A\Omega}{\lambda P} \frac{\int_{-a}^a 4 \left(1 + 2 \frac{S}{R_0} + \frac{S^2}{R_0^2} \right) \sqrt{a^2 - S^2} dS}{\pi a^2} \quad (24)$$

$$= \frac{4A\Omega}{\lambda P} \left(1 + 0.5 \frac{a^2}{R_0^2} \right)$$

在光斑大小为 w 的高斯光束时同样可得频差为

$$\Delta f = \frac{4A\Omega}{\lambda P} \left(1 + 0.5 \frac{w^2}{R_0^2} \right) \quad (25)$$

(上接第 376 页)

分的电压相消为零。这种做法要求 Blumlein 线足够长, 保证后面那个负脉冲在调 Q 激光过去以后再传到普克尔盒, 不起削波作用。

这里用 25 欧电缆做成 Blumlein 线, 利用上述两种方法获得不同宽度的光脉冲, 见图 5。从照片上直接观察到被削出来的光脉冲前沿为 2 毫微秒, 强流光电管和示波器的标称上升时间分别为 0.3 毫微秒和 0.7 毫微秒。根据平方和公式可推算出光波形的实际上升时间为 $\sqrt{2^2 - 0.7^2 - 0.3^2}$, 即 1.8 毫微秒, 而从图 4(C) 中量出普克尔盒上电脉冲的上升时间为 2 毫微秒, 两者之间的差别正被电光开关的透过率公式

$$I_0/I_i = \sin^2[(\pi/2)V/V_\pi]$$

所反应。式中 I_i 和 I_0 分别为入射和透射光强; V_π 为半波电压; V 是加在晶体上的电

当 w 代表腰斑大小时, 并取圆周长为振荡腔长, 由激光物理熟知的关系式得^[5]

$$w^2 = w_0^2 = \frac{\lambda(2\pi R_0)}{2\pi}$$

所以
$$\frac{w}{R} = \frac{\lambda}{w} \quad (26)$$

(25) 式便过渡到

$$\Delta f = \frac{4A\Omega}{\lambda P} \left(1 + 0.5 \frac{\lambda^2}{w^2} \right) \quad (27)$$

与文献[1]的结果比较修正系数小一倍, 而且这儿结果是频率蓝移。

参 考 文 献

- [1] M. S. Zubairy *et al.*, *Opt. Commun.*, 1981, **36**, 175.
- [2] E. J. Past; *Rev. of Modern Phys.*, 1967, **39**, 475.
- [3] Л. Д. 朗道, E. M. 栗弗席兹著; “场论”, 311 页, 1962 年, 人民教育出版社
- [4] W. M. Maced *et al.*; “Proceedings of the Symposium on Optical Maser”, New York (1963), p. 199.
- [5] 激光物理编写组; “激光物理学”, 120 页, 1975 年, 上海人民出版社。

压。如果用 75 欧电缆作 Blumlein 线, 并缩小普克尔盒的电极电容, 可望获得前沿更陡的光脉冲。实验中观察到的削波位置大约有 10 毫微秒的抖动, 这主要是由于激光器输出功率的起伏而造成的。冷阴极管本身的抖动不大于 2 毫微秒。当然这和预燃电流的大小直接有关, 预燃电流为 100 微安时, 抖动增加到 10 毫微秒, 延时约 50 毫微秒, 电流为 70 微安时, 抖动达 20 毫微秒, 延时将超过 60 毫微秒。

在本实验的准备阶段, 曾得到莽燕萍、李永春的帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 吉田国雄; «クライトロンスイッチ应用物理», 1979, **48**, No. 9, 38~43.
- [2] Lasermetrics INC, “Modol 8601C High voltage pulse generator”, Manual, 1981.