

脉冲光压的产生及其应用尝试 (下)

朱连新 余畅和

(云南光学仪器厂设计研究所)

The production of pulse light pressure and its applications (Part 2)

Zhu Lianxin Yu Changhe

(Design Institute of Optical Instrument Factory of Yunnan)

三、应用尝试

在作了光压原理试验、证明液柱跃升现象主要是脉冲光压力的作用之后，为了探索它的应用价值，我们将水银柱作为脉冲光压开关而做了如下试验。

1. 脉冲光压开关用于单 45°LiNbO_3 退压式电光调Q激光器

(1) 开关的原理装置 图11是脉冲光压开关的原理装置简图。图中，椭圆腔、氙灯、高压触发器、整流充电系统等与图3所示的相同。所不同者，是在焦轴 F_2 上放置的系与电源E、负载R相连接的光压开关管。开关管的尺寸为：外径 $D_1 = 6 \text{ mm}$ ，内径 $D_2 = 4 \text{ mm}$ 、 $d = 1 \text{ mm}$ ，高 $H_1 = 58 \text{ mm}$ 、 $H_2 = 20 \text{ mm}$ 。在管内注入水银至 H_2 高度，作为开关的动触点，并在下部接入直径为 0.1 mm 的金属丝作引线，在上部接入同样粗的金属丝作开关的静触点及其引线。静触点离水银面的距离 H_3 可调。同时抽去其中的空气，其真空度为 10^{-6} mmHg 高。根据图3的原理，当焦轴 F_1 上的氙灯闪光时，此脉冲光则汇聚于 F_2 上开关管的水银柱面上，使液柱面受到一个指向轴心的光压力，压缩被光照射部分的液柱，由于水银压缩性小，使其向上跃升，并与静触点相连，于是开关管和

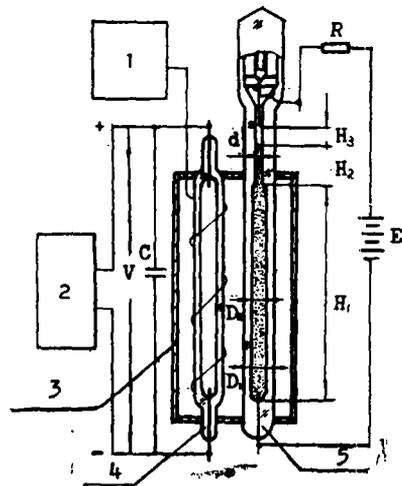


图11 脉冲光压开关原理装置简图
1. 高压触发器 2. 整流充电系统 3. 椭圆聚光腔 4. 氙灯 5. 光压开关管

E、R形成闭合回路。当闪光过后，水银柱很快恢复到原高度，E、R回路被关断。因此在负载R上便输出一个方脉冲。

(2) 电器系统 图12是电器系统方框图。本电器系统有三个电源，电源Ⅱ和电源Ⅲ不与电源Ⅰ共地。这样设置，目的是为了使加在LiNbO₃上的闭锁电压2900V和消光弹效应的电压1000V保持稳定，与电源Ⅰ互不影响。

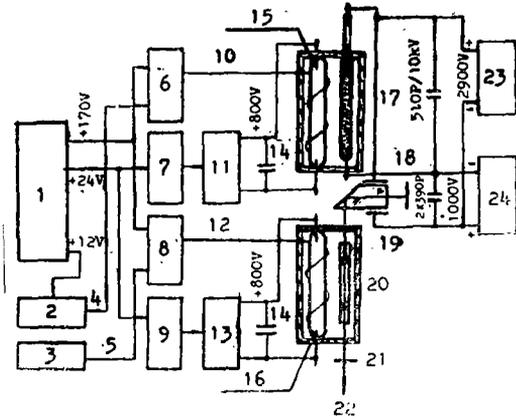


图12 电器系统方框图

1. 电源Ⅰ 2. 手动控制 3. 单稳延迟
- 4、5. 触发信号 6. 氙灯触发电路Ⅰ
7. 充电控制Ⅰ 8. 氙灯触发电路Ⅱ
9. 充电控制Ⅱ 10. 高压脉冲 11. 脉冲氙灯电源Ⅰ
12. 高压脉冲 13. 脉冲氙灯电源Ⅱ
14. 储能电容 15. 脉冲氙灯Ⅰ
16. 脉冲氙灯Ⅱ 17. 光压开关管
18. 全反射镜 19. LiNbO₃晶体
20. YAG晶体 21. 半反射镜
22. 激光输出 23. 电源Ⅱ 24. 电源Ⅲ

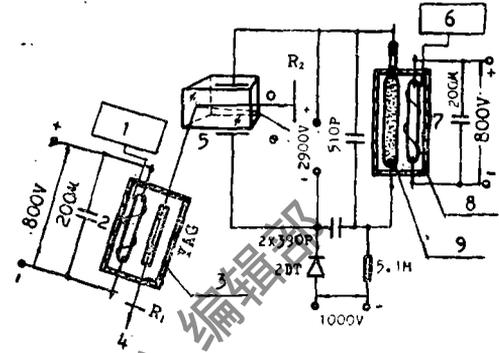


图13 电光调Q装置简图

- 1、6 高压触发器 2. 氙灯Ⅱ 3. 聚光腔Ⅱ
4. 激光输出 5. LiNbO₃晶体 7. 氙灯Ⅰ
8. 聚光腔Ⅰ 9. 光压开关管

(3) 调Q试验装置及试验结果

①调Q试验装置。图13是电光调Q试验装置简图。图中的聚光腔Ⅰ（成竖直放置）、光压开关管、氙灯Ⅰ所构成的

装置就是图11所示的光压开关。聚光腔Ⅱ、氙灯Ⅱ、YAG晶体、LiNbO₃晶体、全反射镜R₂、半反射镜R₁构成激光器件。LiNbO₃晶体为单45°型，加于其上的电压如图所示，2900V是闭锁电压，1000V是消光弹效应电压。R₁、YAG、R₂通过LiNbO₃进行O光准直。

②试验方法和试验结果。试验方法：

a. 当激光器件的光路调好后，再调节光压开关管静触点的位置，即将H₃调到1mm左右（见图11）；b. 开启电器系统；c. 调整单稳延迟，使光压开关的接通时间与动态激光的输出时间吻合，即调整延迟到满足图14所示的时间关系。其中t₁就是在单稳延迟上需要调节的时间，t₂是激光延迟，t₃是从氙灯Ⅰ闪

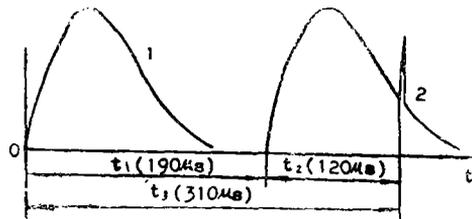


图14 延迟调节应满足的时间关系

1. 氙灯光Ⅰ 2. 氙灯光Ⅱ

光到开关管的水银柱跃升到与静触点刚接触时所需要的时间；d.当延迟调好后，按下手动控制开关，在氩灯 I 闪光后 $310\mu\text{s}$ ，光压开关接通，电容器 510p 通过此开关放电，加在 LiNbO_3 上的电压立刻由正 2900V 降到负 1000V ，于是便获得了电光调 Q 激光的输出。接着可以对这种激光的各种参数进行测试。我们测试的几个主要参数的数据如下：静态激光输出能量的平均值为 307.5mJ ；动态激光输出能量的平均值为 91.8mJ ；动态激光的脉冲波形如图 15 所示，脉宽为 10ns 左右。

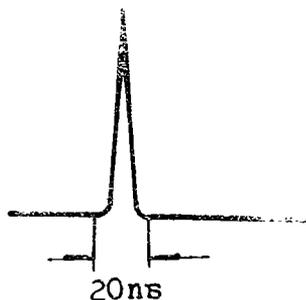


图 15 动态激光波形

从上述试验结果看出，用这种脉冲光压开关作为单 45°LiNbO_3 电光调 Q 激光器件的退压开关，开关的退电压速率高，动态激光波形的脉宽比较窄。说明用这种调 Q 方式，原理是可行的。但这种调 Q 方式存在两个缺点：一是稳定性差；二是光压开关不能倒置。可是，只要采取适当的措施，这两个缺点是能得到解决的。

2. 脉冲光压开关用作直流高压退压开关

(1) 原理装置 图 16 是脉冲光压开关用作直流高压退压开关的原理装置简图。此装置除光压开关管、静电高压表和高压发生器外，其余的与图 11 装置相同。光压开关管的尺寸为：外径 $D_1 = 6\text{mm}$ ，内径 $D_2 = 3.5\text{mm}$ ， $d = 1.9\text{mm}$ ，高 $H_1 = 58\text{mm}$ ， $H_2 = 20\text{mm}$ ， H_3 可调。液柱仍为水银。动触点的引线是直径为 2mm 的金属丝，静触点是直径为 1.6mm 且下端被研磨成平面的金属丝。水银柱上面的真空度为 $2.7 \times 10^{-5}\text{mmHg}$ 高。静触点引线与静电高压表和高压发生器的连接为耐高压导线，在各焊接处涂以高绝缘物。用静电高压表测开关管两端的电压。开关的原理与图 11 装置的原理相同。

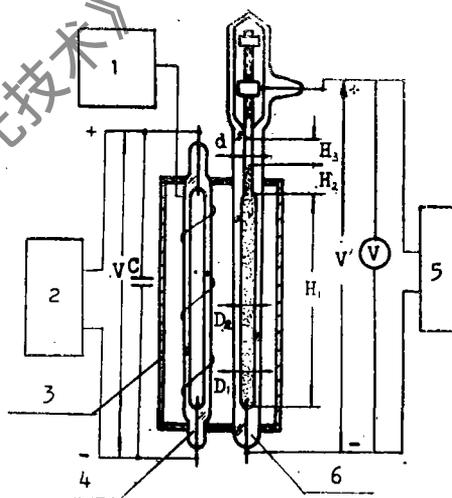


图 16 直流高压退压开关原理装置简图
1. 高压触发器 2. 整流充电系统 3. 椭圆聚光腔 4. 氩灯 5. 高压发生器 6. 光压开关管

(2) 试验结果 本试验分为两种情况进行：测量在不同高度 H_3 的临界击穿电压；观测在不同高度 H_3 的退电压情况。

临界击穿电压试验。不使氩灯闪光，变动 H_3 ，并在其对应的高度上加上高压 V' ，反复调节高压发生器，观测电压击穿情况，其后以最小的击穿电压为临界击穿电压。试验结果见表 3。

表 3

动、静触点间的距离 H_3 (cm)	2	1.5	1	0.5	0.25
临界击穿电压 V' (kV)	18.5	18	17	16	16

退电压试验。使氙灯闪光（即加光压），在 $V = 800V$ 、 $C = 200\mu F$ 、 $V' = 15kV$ 、变动 H_3 的情况下进行试验。观测氙灯每次闪光后，电压 V' 是否立刻退到零（即是否有残余电压）。试验方法是，在动静触点间加上 $V' = 15kV$ 的高压后，立刻切断高压发生器的电源，在 V' 未变动前使氙灯闪光，水银柱跃升到与静触点接触，电压 V' 很快下降，同时测读出其退电压后所剩的残余电压。试验结果见表 4。

表 4 $V' = 15kV$

动、静触点间的距离 H_3 (cm)	2	1.5	1	0.5	0.25
退电压后剩的残余电压 V''	0	0	0	0	0

从这两个试验结果看出，这种光压开关作为高压退压开关是可行的。它除了尝试 1 中所述的退电压速率高外，且不留残余电压。

最后，谈一谈光压开关的波形和大电流试验的情况。

在做第一个试验前，我们曾用图 11 所示的装置做过开关的波形试验。在开关管的两电极上接入示波器，观测开关波形，结果测得的开关波形如图 17 所示。它是一个前沿很陡的方波，即使在示波器的时标格值为 50ns 时，也观察不到脉冲的前沿宽度。

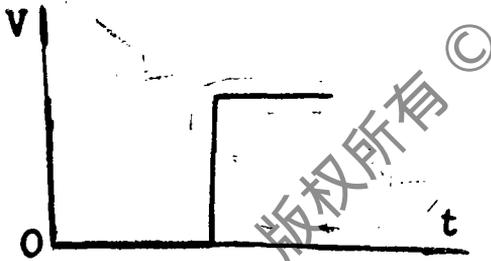


图 17 开关波形

对于大电流试验，图 18 是光压开关的大电流试验装置简图。图中， V 、 C 和氙灯与图 11 相同。 R 是限流电阻， V' 是加在开关管两端的电压，其值为 200V。 $C' = 100\mu F$ 。水银开关管电阻用精密电表测得其值为 0.45Ω 。按电容放电公式计算，开关单位平方厘米上的瞬时电流达 1000A 以上。

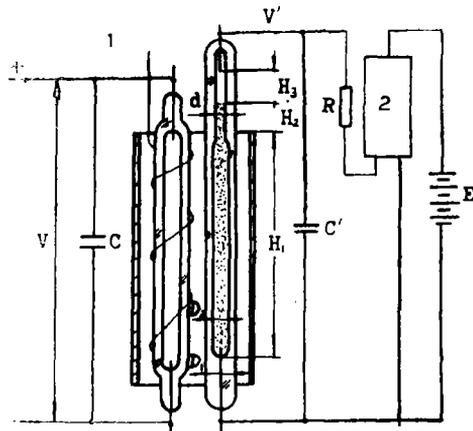


图 18 光压开关大电流试验装置简图

1. 接高压发生器 2. 充电控制系统

从上面的几个应用试验看出，这种开关承受的直流电压高，电流较大，放电速率高，不留残余电压，开关的波形前沿陡。

本试验得到了曹昌祺教授和麦伟麟高级工程师的帮助。万家荣、李培基同志参与了电光调Q电器线路的拟制。李发富同志为实验装置做了大量工作。桂龙发同志和中国科学院高能物理所夏志国、吴仕培同志参与了部分试验。吴保枢、赵全、赵永达、王光福、周守智等同志对实验给与了协助，并提出了宝贵的建议。我们在此一并致谢。

参 考 文 献

- (1) 曹昌祺,《电动力学》,1961年,第18~35页。
- (2) 胡宁,《电动力学》,1963年,第117~120页。
- (3) 伊·耶·塔姆,《电学原理》(中译本),1960年,第498~505页。
- (4) 郭硕鸿,《电动力学》,1978年,10月,第195~203页。
- (5) (美)V.F.韦斯科夫,《二十世纪物理学》(中译文),1979年,第191页。
- (6) H.J.Gray & Alan Isaacs, A new dictionary of physics,1975,P. 370, P.435.
- (7) Г.С.兰斯别尔格,《光学》(中译本),1957年,第604~607页。
- (8) Д.Г.库兹涅佐夫,《流体力学》(中译本),1955年,第183~184页。
- (9) Г.С.兰斯别尔格,《光学》(中译本),1957年,第198页。
- (10) С.Э.福里斯, А.В.季莫列娃,《普通物理》(中译本),1958年,第三卷,第一分册,第15~16页。
- (11) S.D.Hunter et.al., 16 th International Cosmic Ray Conference, 1975.

*

*

*

作者简介:朱连新,男,1940年6月出生。高级工程师。现从事激光器的设计研制工作。

余畅和,男,1932年9月出生。工程师。现从事电子激光技术工作。

收稿日期:1988年7月27日。

· 简 讯 ·

Semetex 公司接受研制空间光调制器合同

加利福尼亚托兰斯的Semetex公司接收了海军武器中心的42,000美元的合作,提供高速不丢失信号的2-D空间磁光调制器(SIGHI-MOD)。SIGHI-MOD具有小于200ns开关速度,可实时处理光信号;有40000:1的高对比度,可改善信噪比。

译自 Laser & Optronics, 1988, Vol.7, No.9, P.16.

于祖兰 译 刘松明 校