

红外 10.6 微米双普克尔盒电光开关的研制和工作性能

蔡英时 伊景荣 牛万青

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文描述了口径 $11 \times 12 \text{ mm}^2$ 红外双普克尔盒电光开关的结构及制作工艺, 测量了工作性能。用它可有效地选出锁模 TEA CO_2 激光单脉冲, 用混合型单纵模 TEA CO_2 激光器输出作削波时, 所得脉冲前沿小于 1 ns。

Development and performances of double Pockels cells at $10.6 \mu\text{m}$

Cai Yingshi, Yi Jingrong, Niu Wanqing

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

Abstract: The development of double Pockels cells with an aperture of $11 \times 12 \text{ mm}^2$ is described and the performances measured. It has been used to select single short laser pulses from a mode-locked TEA CO_2 laser. The rise time of a laser pulse switched-out from the smooth long pulse of a single longitudinal mode hybrid TEA CO_2 laser is less than 1 ns.

一、引言

产生短的激光单脉冲的方法之一是使用光开关, 而目前主要采用的是普克尔盒电光开关, 它的原理在许多激光技术的书中均有论述^[1]。我们曾研制出单普克尔盒电光开关, 有效地用于系统实验^[2]。为了提高消光比, 我们进行了双普克尔盒电光开关的研制。本文将描述我们的双普克尔盒电光开关结构设计、制作工艺和测试结果。

二、结构设计和制作工艺

双普克尔盒电光开关的结构示于图 1。

整个电光开关由普克尔盒、激光触发火花隙、偏振器、电缆、高压充电电源、分光片和和反射

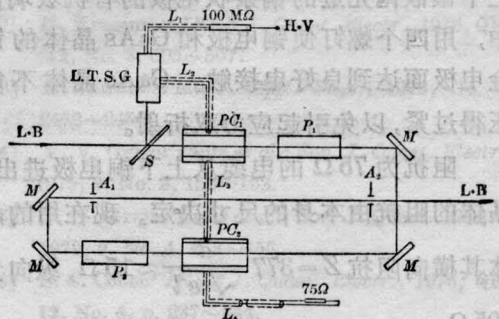


图 1 双普克尔盒电光开关实验装置

L、B—激光束; L、T、S、G—激光触发火花隙;
PC—GaAs 普克尔盒; P—偏振器; L—电缆;
S—分光片; M—反射镜

收稿日期: 1984 年 8 月 23 日。

镜组成。普克尔盒和偏振器装在高低可调的平台上,可做高低、左右、俯仰、旋转四维调节。由四块 Ge 片组成的偏振器各自和整体均可作水平方向的调节。

根据[1],对于 GaAs、CdTe 这类晶体制作电光开关时,横向加电压在晶体的 [110] 方向,光束沿 [110] 方向通过晶体,此时

$$V_{\lambda/2} = \frac{\lambda_0 d}{2n_0^3 r_{41} l};$$

式中 r_{41} 为电光系数; l 为长度; d 为厚度; λ_0 为真空中波长; n_0 为折射率。为防止电光晶体电击穿,要求尽量降低 $V_{\lambda/2}$ 。从材料性能上看, CdTe ($r_{41} = 6.8 \times 10^{-12} \text{ m/V}$, $n_0 = 2.6$) 比 GaAs ($r_{41} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ m/V}$, $n_0 = 3.34$) 优越得多,但我国尚无厂家生产大块 CdTe 单晶,因此我们选用 GaAs。所用的 GaAs 单晶系 [110] 方向生长的圆柱体。首先用 X 光晶体定向仪对端面定向,然后在侧面任取几个面定向,定出 [110] 方向。定向需反复几次,保证精度在 1 分之内。

为了降低 $V_{\lambda/2}$, 必须增加长度,我们现在所用材料的长度是 80 mm, 两端面平行度加工精度达 $10''$ 。半波电压为 12.5 kV。GaAs 的击穿电压为 12 kV/cm, 在脉冲工作时尚可加更高的电压。

上述 GaAs 晶体镀上金电极,然后置入上下镶嵌抛光过的铜条状电极的有机玻璃盒中,用四个螺钉使铜电极和 GaAs 晶体的镀金电极面达到良好电接触。GaAs 晶体不能压得过紧,以免引起应力双折射。

阻抗为 75Ω 的电缆从上下铜电极进出。晶体的阻抗由本身的尺寸决定,现在用的晶体其横向阻抗 $Z = 377 \frac{d}{\sqrt{\epsilon l}} \approx 15 \Omega$, 纵向为 105Ω 。

偏振器由 4 片 $\phi 80 \text{ mm}$ 的锗片构成,入射角为 76° , 取锯齿形放置以避免光束左右位移。由于大角度入射,光束通过 Ge 片表面尺度约为 40 mm。Ge 片加工时要求总光圈

数小于 2, 两个光学面的平行度小于 $10''$, 这样可使激光束通过 8 个面的波前畸变小于 0.5λ [$10.6 \mu\text{m}$]。由费涅尔反射公式可得 4 块 Ge 片的理想偏振度为

$$\left[\left(\frac{2n}{1+n^2} \right)^4 \right]^4 \approx 5.7 \times 10^{-6}。$$

激光触发火花隙开关为标准 75Ω 阻抗同轴型结构^[3], 其中一电极有一小孔让激光聚焦在相对的电极上。用镀增透膜的 Ge 透镜(焦距约为 3 cm)将激光束聚焦。电极间距约 1 mm, 气压为 14 atm。实验中所用各段电缆长度为: $l_1 = 0.5 \text{ m}$, 这样电压脉冲的宽度约为 5 ns。 $l_2 = 0.44 \text{ m}$, 使削波位置在火花隙开关打开后 2.2 ns 取出激光脉冲。 $l_3 = 0.88 \text{ m}$, 使激光脉冲和电脉冲同时到达第二个普克尔盒。 $l_4 = 8.7 \text{ m}$, 为终端电缆, 防止终端反射。

三、测量结果和工作性能

在光路的各个部分观察连续 CO_2 激光器高斯光束的光斑, 在通过普克尔盒和偏振器后无明显变化。实验中曾发现 Ge 片的加工质量较差时, 光斑会变长, 呈椭圆形。这说明提高 Ge 片的加工质量是合理的。

双普克尔盒理想的消光比是很大的。但由于入射到 Ge 片上的角度不是准确的布鲁斯特角, 以及 GaAs 晶体的剩余双折射将使消光比大为降低。由于消光比的测量必须测出微弱的漏光信号, 我们加入 $g_0 L$ 约为 9 的前置放大器来测量。取正交时的数值和拿掉一个偏振器后的数值相比较, 得到的消光比约为 4000:1。这样测出的消光比可能偏低些, 因为有放大器饱和的影响。实验发现, 减小固定 GaAs 晶体和 Ge 片时的应力非常重要。如出现应力, 测得的消光比大幅度降低。

制作了一个输出阻抗为 75Ω 的 T 型电阻分压器^[4], 测电压波形。用 OK-19 高压示波器观察了各点电压波形, 在第一个普克尔

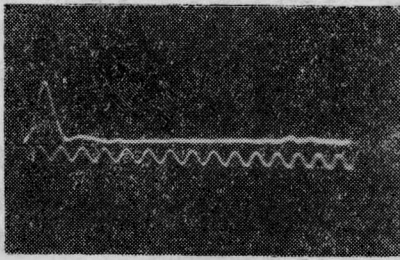


图2 第一个普克尔盒上测得的电压波形

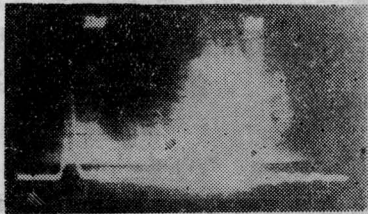
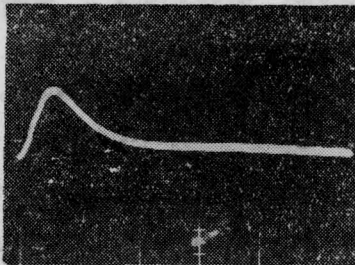
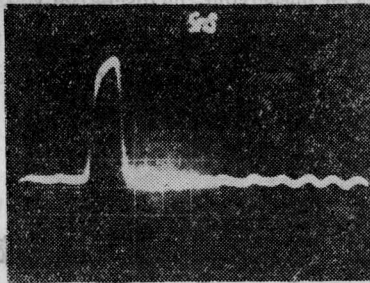


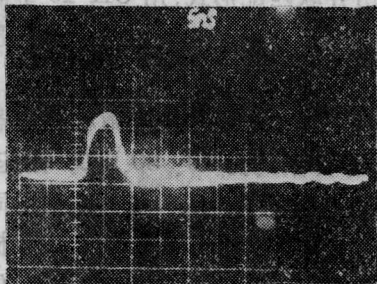
图3 普克尔盒开关选出的锁模激光脉冲



(a) 混合型 TEA CO₂ 激光器激光波形



(b) 经一个普克尔盒削出的激光短脉冲



(c) 双普克尔盒削出的激光短脉冲

图4 激光脉冲波形

盒上测得的电压波形照片示于图2。电压脉冲上升时间为1 ns, 脉宽为5 ns, 脉宽由充电电缆长度决定。

用高速500 MHz示波器和光子牵引接收器对普克尔盒产生的激光短脉冲作了测量。当振荡器为主动锁模TEACO₂激光器^[5]时, 普克尔盒选出的1.5 ns激光脉冲示波照片示于图3。当振荡器为混合型单纵模TEACO₂激光器时^[6], 进入普克尔盒前的长激光脉冲示波照片和经一个、二个普克尔盒削出的激光短脉冲示波照片示于图4(a)、(b)、(c)。结果表明: 普克尔盒开关可获得上升前沿小于1 ns的短激光脉冲。

上述普克尔盒电光开关可产生大于2 ns且可变脉宽的红外短激光脉冲, 是CO₂激光系统可靠的组件。实验中发现达到电匹配是十分困难的, 但失配对前沿影响较小。这样便可调节在第二个普克尔盒的光电时差, 并将最后的偏振器旋转90°, 从而利用两个前沿削出短激光脉冲, 达到改善后沿的目的。由于脉冲电击穿时欧姆加热的热效应很小, 因此可望击穿电压大大提高。为了产生小于2 ns的短激光脉冲, 可大幅度提高电压, 如加到 $V_{3\lambda/2}$, 此时就可在偏振面旋转到透过率 $T = \sin^2 \left[\frac{\pi V(t)}{2V_{\lambda/2}} \right]$ 峰值的瞬间削出激光脉冲。由于此类光开关的后面常接高增益放大器, 平行平面的GaAs晶体会产生反射耦合, 有可能自振, 采取小角度磨斜是有好处的。用高速光电元件来取代火花隙开关, 将会提高电光开关的性能。

参 考 文 献

- [1] A. 亚里米; “量子电子学”, 上海科学技术出版社, 1983, p. 358.
- [2] 丁爱臻等; 《激光》, 1980, 7, No. 12, 9.
- [3] 林礼煌等; 《激光》, 1979, 6, No. 1, 4.
- [4] I. A. D. 勒威斯, F. H. 威尔斯; “毫微秒脉冲技术”, 科学出版社, 1965, p. 140.
- [5] 蔡英时等; 《激光》, 1980, 7, No. 2, 28.
- [6] 蔡英时等; 《光学学报》, 1984, 4, No. 2, 168.