

文章编号: 0258-7025(2003)11-0985-04

用串接电光偏转器提高时空变换装置 进行激光脉冲整形的能力

曾文章¹, 张生佳², 韦 辉², 马忠林², 许世忠², 刘百玉³, 陈绍和²

¹ 泉州师范学院物理系功能材料研究所, 福建 泉州 362000

(² 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800; ³ 中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西 西安 710068)

摘要 介绍了在时空变换装置中用两个电光偏转器串接和并接的工作原理, 从理论上分析了用其提高激光脉冲整形的能力, 进行了激光脉冲削波实验, 实验结果与理论分析一致。用两个偏转器串接后, 大大提高产生整形激光脉冲的能力。

关键词 光电子学; 电光偏转器; 串接; 并接; 激光脉冲; 整形

中图分类号 TH 744.5 **文献标识码** A

Study of the Ability to Produce Shaping Laser Pulse by Using the Cascade Electro-optic Deflector in the Temporal-spatial Transformation Instrument

ZENG Wen-zhang¹, ZHANG Sheng-jia², WEI Hui²,

MA Zhong-lin², XU Shi-zhong², LIU Bai-yu³, CHEN Shao-he²

¹ Department of Physics, Function Material Institute, Quanzhou Teacher's College, Quanzhou, Fujian 362000, China

² Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China

³ Xi'an Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shaanxi 710068, China

Abstract The working principle of double cascade connected or parallel connected electro-optics deflectors used in the temporal-spatial transformation instrument is introduced and the ability to produce shaping laser pulse of it is theoretically analyzed. The laser pulse shaping experiment with double cascade connected or parallel connected electro-optics deflectors is performed. The result conform to the theoretical analysis which proved that the ability to obtain shaping laser pulse is improved greatly with a double cascade connected electro-optics deflectors.

Key words optoelectronics; electro-optics deflectors; cascade connected; connected in parallel; laser pulse; shaping

1 引 言

由于电光偏转器的独特性能, 它已成为高功率激光脉冲整形系统中的关键器件。比如, 用电光偏转器对激光脉冲进行削波, 既降低了对驱动电脉冲的要求, 提高信噪比, 又能很容易削出脉宽可调的窄激光脉冲^[1]; 利用电光偏转器的偏转特性, 使得不同时刻的激光脉冲通过不同的空间位置, 改变空间位置光通量的透过率, 可以达到激光脉冲整形的目的^[2]。在一般情况下, 时空变换的工作过程是, 用一

个电光偏转器进行时空扫描, 用另一个电光偏转器进行复原, 如图 1 所示。用时空变换装置产生整形光脉冲, 在神光 II 装置中成功地应用, 并取得了很好的实验结果。在激光脉冲削波和整形中已经取得了很好的效果。目前我们用单个电光偏转器进行时空扫描, 用单模光纤复原产生整形光脉冲实验已获得成功^[3], 其光路如图 2 所示。研究表明, 用两个电光偏转器进行串接, 可以进一步提高电光偏转器对激光脉冲的整形能力。本文报道了用两个电光偏转器

收稿日期: 2002-06-28; 收到修改稿日期: 2002-10-23

作者简介: 曾文章(1957—), 男, 福建泉州人, 泉州师范学院物理系副教授, 主要从事 LD 抽运固体激光器及激光脉冲整形的研究。E-mail: zengwenzhang@sohu.com

串接来提高电光偏转器偏转效果的构思和实验,实验结果表明不仅获得了更好的偏转效果,而且大大提高了对激光脉冲的整形能力。

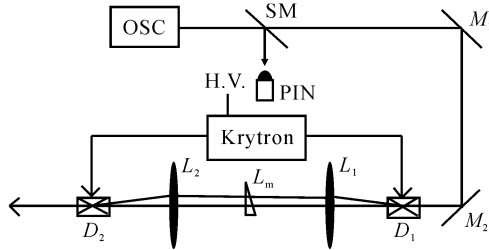


图1 常用时空变换脉冲整形系统的光路示意图

Fig. 1 Experiment setup of conventional temporal-spatial transform method

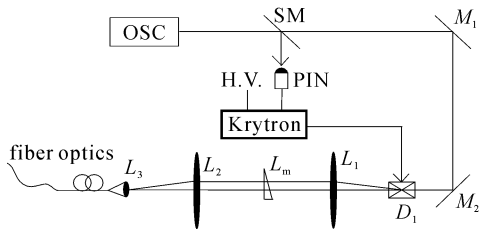


图2 时空变换脉冲整形系统的一种改进方案

Fig. 2 Experiment setup of improved temporal-spatial transform method

2 两个电光偏转器串接和并接原理

两个电光偏转器的串接或并接,从光路上看都是指光束依次通过两个电光偏转器;从电路上看,是两个电光偏转器相应的电极串联或并联连接后,由同步高压电脉冲驱动。两个偏转器的不同连接,对激光脉冲的偏转效果有很大区别。反映偏转器的偏转效果主要是偏转器的偏转角、品质因子、扫描速度等;它们与电光偏转器的结构、分布电容、驱动电脉冲及前沿等因素有关。根据电磁理论和电光偏转器的偏转特性有如下关系^[2]

$$C_d = \frac{I(t)dt}{dV(t)} = I(t) \left/ \frac{dV(t)}{dt} \right. \quad (1)$$

$$\Theta_d = -\frac{1}{2} C_s n_e^3 \gamma_{33} \frac{L}{D^2} V(t) \quad (2)$$

$$N = -\frac{C_s}{4.88} \frac{n_e^3 \gamma_{33}}{\lambda} \frac{L}{D} V(t) \quad (3)$$

$$U = F \frac{d\Theta_d}{dt} = -\frac{1}{2} C_s n_e^3 \gamma_{33} \frac{L}{D^2} F \frac{dV(t)}{dt} \quad (4)$$

式中 $C_d, C_s, \Theta_d, N, L, D, U$ 分别为偏转器的等效分布电容、结构因子、偏转角、品质因子(偏转光斑数)、有效长度、通光孔径、偏转速度; n_e, γ_{33} 分别为晶体 e

光折射率和电光系数; λ 为光波长; $V(t), I(t)$ 分别为在偏转器上所加电压和充电电流。

为了比较两个电光偏转器串接与单个电光偏转器的偏转效果,下面用两个性能相同的电光偏转器,并对所加高压电脉冲的电压进行比较。

2.1 两个电光偏转器串接

两个电光偏转器串接后,偏转器的等效分布电容 C_d 减小一倍,有效长度 L 增加一倍,由(1),(2)式可知,加在偏转器上的电脉冲前沿 dV/dt 增快一倍,偏转角 Θ_d 增加一倍。由(3),(4)式可知,偏转器的偏转光斑数 N 增加了一倍,偏转速度 U 增加了四倍。因此,对激光脉冲的偏转效果增加了四倍,削取最短光脉冲能力增加了四倍,大大提高了激光脉冲的整形能力。

2.2 两个电光偏转器的并接

两个电光偏转器并接后,偏转器的有效长度增加一倍,等效分布电容量增加一倍,由(1),(2)式可知,虽然偏转角 Θ_d 增加一倍,但加在偏转器上的 dV/dt 却减慢一倍。由(3),(4)式可知,偏转器的偏转光斑数 N 虽然增加了一倍,但偏转速度 U 却不变。因此,对激光脉冲的偏转效果有所提高,但不很大,削取最短光脉冲能力没有大的改善,对激光脉冲的整形能力也没有大的改善。

由上述理论分析可知,两个电光偏转器串接后,获得最短脉冲能力比原来提高了四倍,产生整形光脉冲能力大大提高。因此选用两个电光偏转器串接是提高偏转效果和激光脉冲整形能力的有效方法。

3 削波实验的结果及其分析

电光偏转器对激光脉冲削波是利用在同步激光脉冲触发的高压电脉冲驱动下的电光偏转器对通过的激光脉冲偏转,经狭缝削取激光脉冲。用两个电光偏转器削波的实验装置如图3所示,振荡器是LD

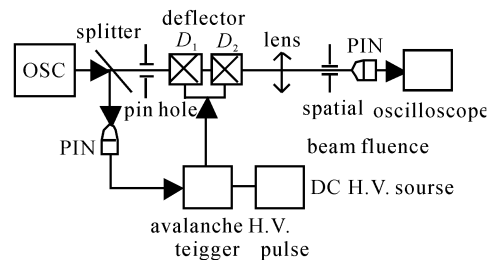


图3 两个电光偏转器削波实验示意图

Fig. 3 Schematic diagram of wave shaping experiment with double electro-optic deflectors

抽运 Nd:YLF 主动调 Q 单纵模激光器, 输出波长 $1.053 \mu\text{m}$, 脉宽几十纳秒, 波形如图 4 所示。电光偏转器 D_1, D_2 都是用通光孔径 4 mm, 有效长度 30 mm, 偏转能力为 $1.07 \times 10^{-6} \text{ rad/V}$, 反应灵敏、响应快速的 LiNbO_3 晶体做成的。我们分别用单个偏转器、两个偏转器串接及两个并联进行实验, 实验时用激光脉冲同步触发 MOS 管高压电脉冲发生器产

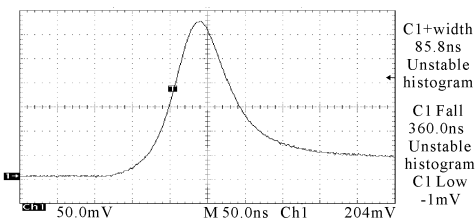


图 4 振荡器输出的激光脉冲波形
Fig. 4 Laser pulse from oscillator

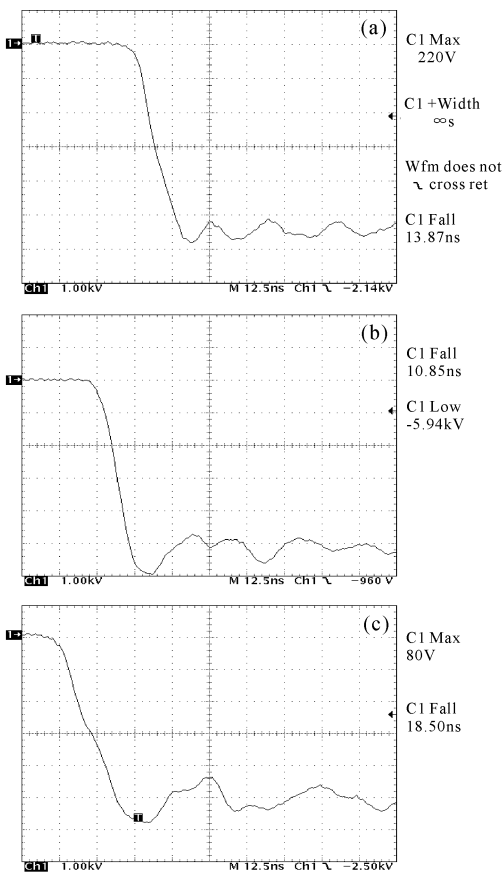


图 5 (a) 单个电光偏转器的电压波形; (b) 两电光偏转器串联的电压波形; (c) 两个电光偏转器并联电压波形
Fig. 5 (a) Voltage wave produced by single electro-optic deflector; (b) Voltage wave produced by double cascade connected electro-optic deflectors; (c) Voltage wave produced by double parallel connected electro-optic deflectors

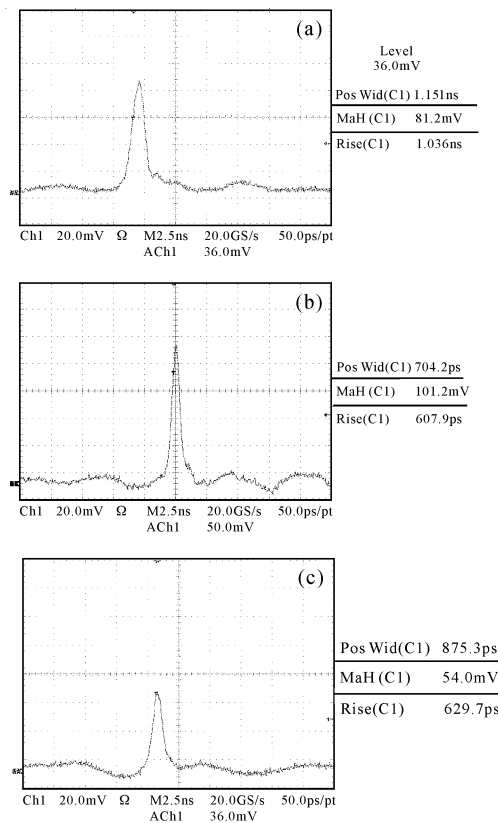


图 6 (a) 单个偏转器的削波波形; (b) 两个偏转器串接的削波波形; (c) 两个偏转器并联的削波波形
Fig. 6 (a) Shaped optic wave with single deflector; (b) Shaped optic wave with double cascade connected deflectors; (c) Shaped optic wave with double parallel connected deflectors

生 5 kV 电脉冲驱动电光偏转器, 对通过偏转器的激光脉冲进行偏转。图 5(a)~(c) 分别是单个偏转器及两个偏转器的串联和并联的驱动电压脉冲波形, 前沿分别是 $\sim 13.8 \text{ ns}$, $\sim 10.5 \text{ ns}$ 和 $\sim 18.5 \text{ ns}$ 。置于透镜前焦面的偏转器对通过的激光脉冲偏转后在透镜后焦面的可调狭缝平面上形成扫描光斑, 扫描光线长度分别为 $\sim 9 \text{ mm}$, $\sim 18 \text{ mm}$ 和 $\sim 17 \text{ mm}$, 经过缝宽 $\sim 1 \text{ mm}$ 的狭缝削出的激光脉冲波形分别如图 6(a)~(c) 所示, 脉宽分别为 $\sim 1.15 \text{ ns}$, $\sim 704 \text{ ps}$ 和 $\sim 875 \text{ ps}$ 。通过调整狭缝的形状和宽度可以削出不同脉宽和形状的整形激光脉冲。对高压电脉冲发生器除了采用 MOS 管外, 如果采用雪崩管、冷阴极管等产生前沿更快的电脉冲驱动电光偏转器还可以削取更短的激光脉冲, 进一步提高整形能力。

实验结果与理论分析基本一致, 即两个偏转器串接不仅电脉冲前沿快、扫描光线长(提高 2 倍), 因此在同样的狭缝宽度下削出激光脉冲更窄。但实验

的结果是,光脉冲宽度只缩短 1.64 倍,没有实现 4 倍的效果。主要原因是:1) 在串接时加在偏转器上的场强降低了 2 倍。2) 两个偏转器的参数没有很完全一致。3) 两个偏转器连接时还没有考虑阻抗匹配。这些还可以再进一步改进。必须指出,由于实验条件的限制,没有特意加工两个参数一致、阻抗匹配的偏转器。用这种方法产生脉宽很窄的短脉冲,主要是以此达到研究提高用时空变换产生对光脉冲的整形能力。

4 结 论

对用两个电光偏转器的串接和并接与单个电光偏转器对激光脉冲偏转效果进行比较,实验与理论分析结果一致。用两个偏转器串接的时空变换装置

对激光脉冲削波,不仅能获得更短的激光脉冲,而且大大提高了产生整形脉冲的能力。用这种方法产生整形光脉冲是一种很有实用价值的方法。

参 考 文 献

- 1 Xu Faming, Chen Shaohe, Chen Lanrong *et al.*. Pulse chopping by fast-response electro-optic deflectors [J]. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1996, **A23**(9):811~814 (in Chinese)
- 2 Xu Faming, Chen Shaohe, Chen Lanrong *et al.*. Shaping of laser complex shape pulses [J]. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1996, **16**(7):943~947 (in Chinese)
- 3 Wei Hui, Xu Shizhong, Zhang Shengjia *et al.*. A novel method for compensating deflection in temporal-spatial transform pulse shaping system [J]. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 2004, **31** (to be published) (in Chinese)