

# 机械转镜隔离器

周 烽 陈庆浩 曹渭楼 唐福林 邓锡铭

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

胡 绍 衣

(国嘉光电有限公司, 上海)

## 提 要

本文介绍一种新的, 适用于高功率激光核聚变装置的隔离器。这种高速机械转镜隔离器(通光口径  $\phi 140$  mm, 转速 6000 rpm.) 具有很高的隔离比和很低的插入损耗, 还同时具有空间滤波和隔反向激光的功能。对发展这种隔离器需解决的同步问题, 作了详细的讨论。测得同步精度优于  $0.3 \mu\text{s}$ , 复原精度优于  $1''$ 。对影响精度的因素作了分析。

关键词: 隔离器; 同步。

## 一、引 言

随着激光等离子体研究和激光核聚变实验的发展, 对隔离高功率激光装置的放大自发辐射(ASE)提出了越来越高的要求。本文介绍一种新的, 适用于大通光口径、高功率激光核聚变系统的隔离器。这种高速机械转镜隔离器可以具有很高的隔离比和很低的插入损耗, 其隔离效果不受激光波长和偏振状态的影响, 同时还兼有空间滤波和隔离反向激光的功能。这对消除磁光隔离器中的旋光玻璃对  $B$  积分的贡献, 以及在大功率激光装置小型化方面, 都有发展前途。

## 二、工作 原理

用于打靶的激光主脉冲的脉宽通常为 ns 量级, 而 ASE 与光泵的脉宽同为 ms 量级。机

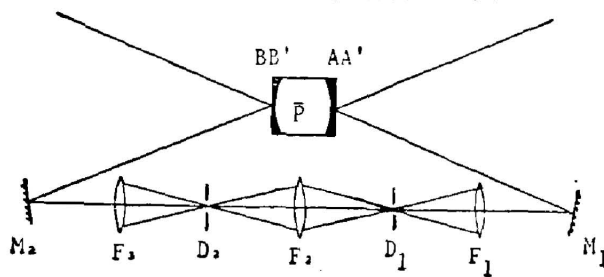


Fig. 1 The optical schematic diagram of mechanical rotating mirror isolator

械转镜隔离器的作用就是在激光主脉冲通过的瞬间接通光路, 而在其它时刻, 阻止 ASE 到达靶球。图 1 是转镜隔离器的光学示意图。来自激光系统的光束经转镜反射面  $A$  反射后, 变成了运动的扫描光束。若转镜的角速度为  $\omega$ , 输入透镜  $F_1$  的焦距为  $f_1$ , 则在  $F_1$  的后焦面上, 光束以  $2\omega f_1$  的速度扫过小孔  $D_1$ 。由于  $f_1$  的放大作用(光

学杠杆原理), 可使光速扫描达很高的速度。控制转镜的空间位置, 使得激光主脉冲恰好通过小孔, 而在其它时刻, 光路被切断。作为大功率激光装置中的一个实用元件, 我们要解决二个关键问题: 激光主脉冲与转镜在时间上的同步, 和经转镜后出射光束空间位置的复原。可以看出, 图 1 所示的光路, 出射光束是复原的, 若转镜绕转轴  $P$  转过一个微小角度  $\Delta\alpha$ , 由透镜  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$  组成的共焦系统仅把输入透镜  $F_1$  处的入射光束的角偏, 传递到输出透镜  $F_3$  处, 即  $F_3$  处的出射光束与  $F_1$  处的入射光束平行; 而固定的平面反射镜  $M_1$ 、 $M_2$ , 可以看成是一组双面镜, 所以经转镜的另一反射面  $B'$  反射后的光线, 刚好与  $\Delta\alpha=0$  时出射光线平行。

为了研究转镜的同步问题, 我们设计并加工了一台通光口径为  $\phi 40\text{mm}$ , 转速为  $6000\text{rpm}$  的转镜, 制作了控制电路, 实现了转镜与预激光 Nd:YAG 调 Q 倍频激光振荡器的联机。

### 三、实验装置

实验装置如图 2 所示。激光脉冲由预激光 Nd:YAG 调 Q 倍频激光振荡器产生。图 3 是实现预激光典型的氩灯放电电流波形。采用预激光调 Q, 是由于调 Q 脉冲的形成相当于一个放大过程, 十分稳定<sup>[1]</sup>。激光输出波形见图 4。为了便于光路调整和观察, 用 KDP 晶体对  $1.06\mu\text{m}$  的激光进行倍频, 得到了  $0.53\mu\text{m}$  的输出。

转镜部分的结构见图 5。转镜由一台转速为  $6000\text{rpm}$  的直流稳速电机驱动, 电机的转速由锁相电路锁定。

控制电路部分是使机械转镜与激光主脉冲同步, 实现光机电按预定方式协调动作的关键。其工作次序是: 入射到转镜反射面上, 波长为  $6328\text{\AA}$  的连续 He-Ne 激光, 扫描光敏面面积各为  $1\text{mm}\times 1\text{mm}$  的二只硅光电二极管。来自第一只硅光电二极管, 经运算放大器放

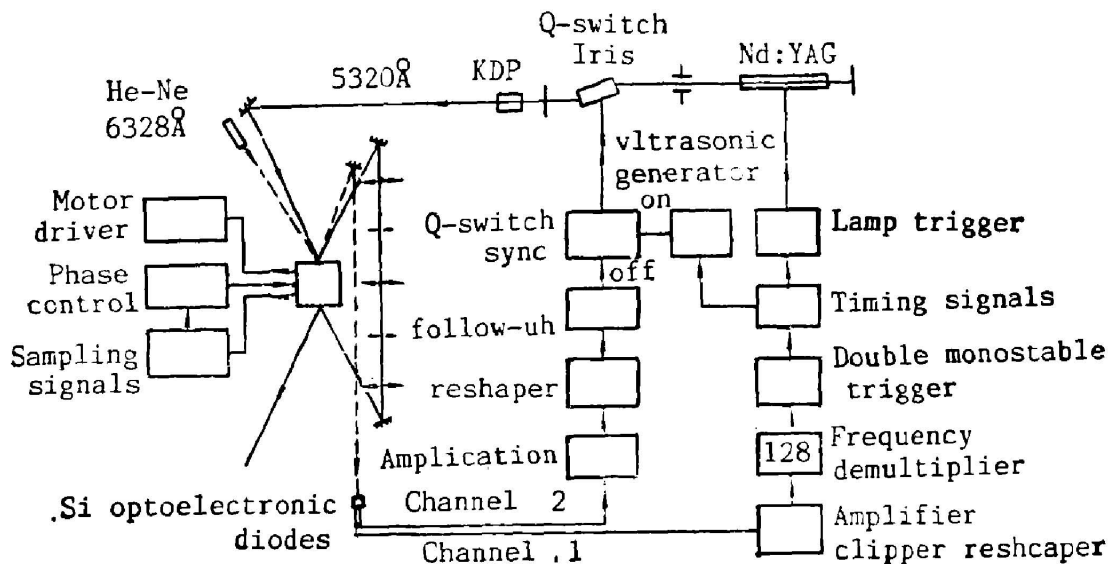


Fig. 2 Experimental arrangement

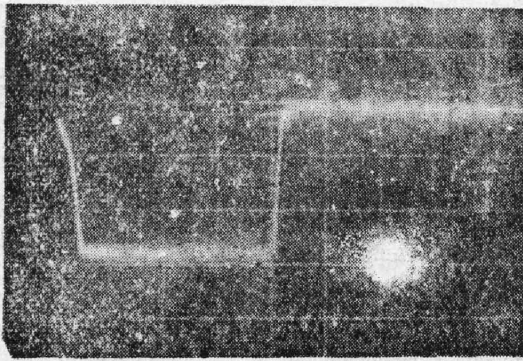


Fig. 3 Typical lamp current waveform (1 ms/div; 10 A/div)

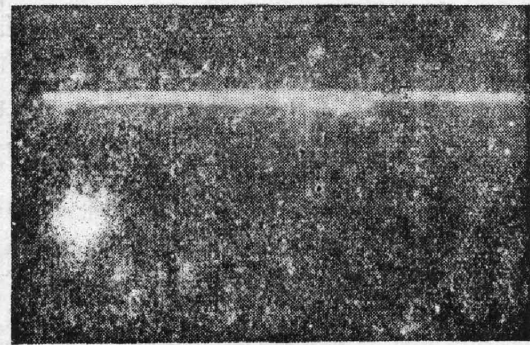


Fig. 4 The waveform of output laser (0.5 ms/div)

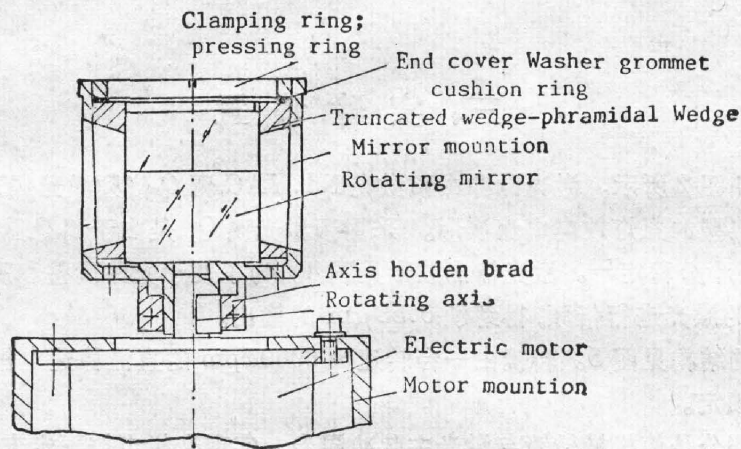


Fig. 5 Structure of rotating mirror

大、斯密特电路整形,和分频器分频后产生的参考信号,再经双单稳谐振荡器,得到了周期为 0.64sec,幅度约 10V,脉宽在 3~6ms 内可调的矩形时统脉冲,这路信号同时触发氩弧灯放

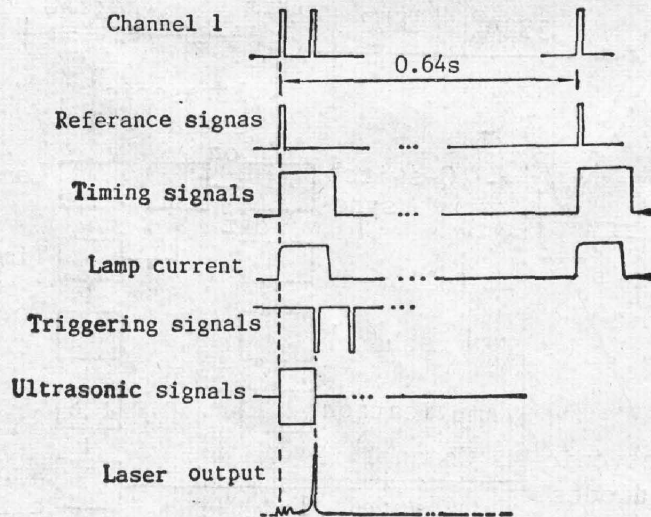


Fig. 6 Synchronization among controlling signals

电和  $Q$  开关上加超声信号; 来自第二只硅光电二极管, 经放大, 整形, 倒相后产生的触发信号, 其前沿触发超声信号关掉, 这是由于腔内损耗急剧下降, 激光器输出一个调  $Q$  脉冲。各控制信号之间的时间同步关系见图 6。在设计电路时, 缩短触发脉冲的延时, 可以减少由电机转速不稳定引起的同步误差。

#### 四、实验结果

在小孔  $D_1$  处直接放置底片, 对激光脉冲进行单次或多次曝光。图 7 是在底片乳胶特性曲线线性范围内拍摄的, 光斑透过率的描述曲线。测得角偏的最大值  $\Delta\alpha_{\max} < 78''$ , 相应的同步精度为  $0.3\mu\text{s}$ 。用精度达  $1''$  的 JO 型自准直测微平行光管测得经转镜双面复原后的光束, 角偏小于  $1''$ 。

影响同步精度的因素有: 电机转速的不稳定, He-Ne 光输出功率起伏, 电路中各元件参数的随机起伏和激光调  $Q$  过程的抖动。在实验中我们发现 He-Ne 光的输出有严重的调制现象, 电机的转速也有一定的不稳定性, 这二个因素是同步误差的主要来源。图 8 是硅光电二极管产生的光电信号在整形前的波形, 最大值之间相差 20% 左右。从而上升到斯密特电路触发电平所经历的时间不再相同。

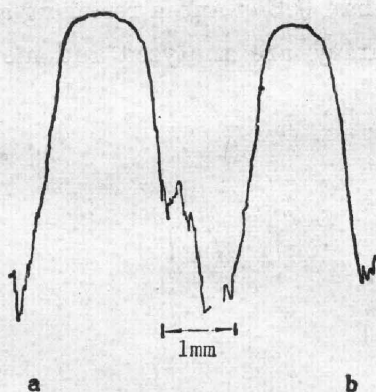


Fig. 7 Synchronous error (a) exposure to laser pulse, 50 times; (b) 1 time only

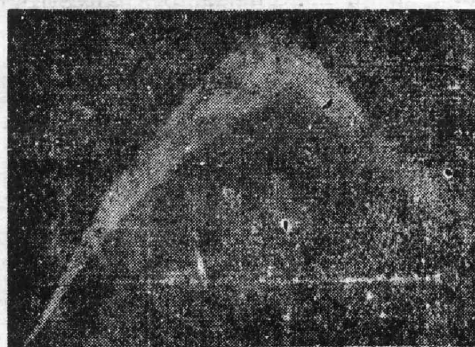


Fig. 8 The waveform of signal from Si optoelectronic diode

影响复原精度的因素主要是由转镜振动所引起的非沿  $P$  轴的附加的微量转动, 这是不能复原的。提高转镜的动平衡精度和电机的运动精度, 可以提高复原精度。

我们打算采用 He-Ne 功率稳定装置, 更高转速的电机和更大通光口径的转镜进行下一步的实验。

在实验中, 得到了王树森、朱智敏、陈绍和以及徐仁芳等同志的帮助, 在此表示衷心的感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] D. J. Kuizenga; *Optics Commun.*, 1977, 22, No. 2 (Aug), 156~160.

## Mechanical rotating mirror isolator

ZHOU FENG, CHEN QINHAO, CAO WEILOU, TANG FULIN AND DENG XIMING

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

HU SHAOYI

(*CITIC-Jiading Opto-Electronic Co. Ltd., Shanghai*)

(Received 17 April 1987; revised 23 July 1987)

### Abstract

A new isolator—high-speed mechanical rotating mirror isolator for high power laserfusion systems, is described in this paper. The isolator has a high isolating ratio and a low insert loss, and it can also acts as spatial filter and backward laser beam isolator. The problem of synchnization is investigated in detail. Our experiment shows that an isolator with a beam aperture of 40mm, and a rotative velocity of 6000rpm can achieve a timing accuracy of better than  $0.3\mu\text{s}$ , and a restoring accuracy of better than  $1''$ . The factors affecting the accuracy are analyzed and methods of improvment are given

**Key words:** isolator; synchronization.