

60毫米孔径磁光隔离器

林礼煌 赵庆春 康玉英

(中国科学院上海光机所)

Magneto-optic isolator with 60 mm aperture

Lin Lihuang Zhao Qinchun Kang Yuying

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

Abstract

The technique of obtaining a 3×10^4 Gauss pulsed magnetic field is described in detail and experimental results of $1.06\mu\text{m}$, 60mm magneto-optic isolators are given. It had been measured that when a multi-layer dielectric film polarizer was used, the extinction ratio of the magneto-optic isolators was larger than 5×10^2 .

一、引言

在建造单束和六束高功率激光系统来进行激光加热等离子体的研究中^[1],我们已为激光系统研制了电光开关和非涅耳菱体隔离器^[2],有效地抑制反向激光。当进一步扩大激光系统的输出孔径并采用片状激光器作为末级放大器时,我们为六束高功率激光装置 LGJ-III 研制了磁光隔离器。本文给出六十毫米净通光孔径的磁光隔离器的设计考虑和测量结果。

利用磁光效应构成的隔离器的基本结构如图1所示。图中磁致旋光玻璃设为正旋体,绕以线圈,线圈通以恒定电流产生稳定磁场。这部分称为旋光器,即为FR。偏振镜P₂的透射轴相对于偏振镜P₁的透射轴顺时针方向成45°角。对于一定波长λ的线偏振光,调节θ=45°。则当光束沿着磁场方向从

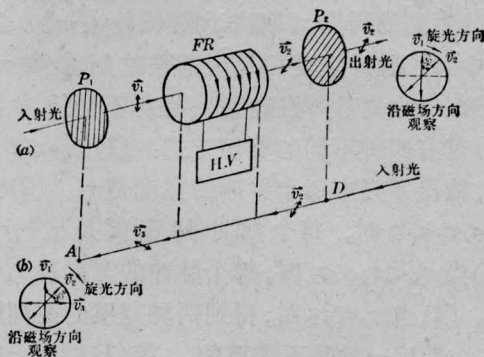


图1 磁光隔离器工作原理图(正旋体)

- (a) 从A向D沿光轴传播的入射光通过隔离器;
(b) 从D向A沿光轴传播的入射光被隔离器阻挡;
FR—旋光器; H. V.—强电流能源; P₁、P₂—偏振镜; v₁、v₂、v₃—偏振光的振动方向

A向D入射于隔离器时,从旋光器FR出射的光其偏振方向v₂同偏振镜P₂的透射轴取向一致,光可以通过P₂向右传播。而对于从D向A入射于隔离器的光(或上述光束被反射后从右向左重新进入隔离器),在通过FR

收稿日期: 1979年4月4日。

后, 偏振方向 v_2 顺时针方向旋转 45° 成为 v_3 。于是 v_3 与 v_1 正交, 偏振镜 P_1 这时对 v_3 起阻塞作用, 不能继续向左传播。这样就构成一个单向隔光器(或单向通光器)。

将这个单向隔光器置于激光系统光路中的适当位置, 便能有效地防止反向激光对系统光学元件的损伤和抑制激光放大器间的光学耦合。

二、隔光器各部分组件的选择和测量

1. 强脉冲磁场的建立和测量

要在费尔德常数 (V) 值不太高的相当短的磁光玻璃(约为几厘米长)中实现偏振面旋转 45° , B 的值必须高达数万高斯量级。持续时间长的强磁场一般较难获得。不过, 实际上用作激光系统隔光器的磁场作用期间只需毫秒量级(这个期间与氙灯作光抽运时间相近), 从而可以采用脉冲式磁场来简化设计。隔光器对磁场的要求, 一是要求在磁光玻璃所处的空间区域内, 磁场的强度沿径向是均匀的, 二是要求在氙灯对激光棒作光抽运的期间内, 磁场强度应该是恒定的。

磁场的空间均匀性是由设计合适长度的螺线管来实现的。考虑到 60 毫米的通光孔径已经确定, 因而相应地使螺线管的长度按 180 毫米绕制。如图 2 所示, 用 $\phi 2.44$ 毫米的漆包线在外径为 80 毫米的线圈筒上紧密

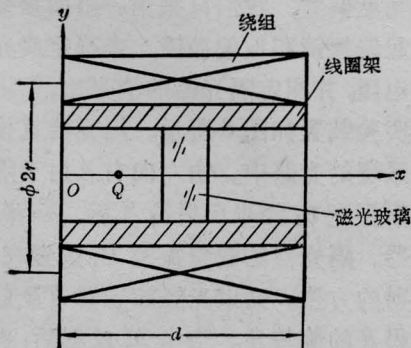


图2 法拉第旋光器结构示意图

绕制三层共 219 匝。

利用 CT5 型直流高斯计来直接测量在绕组通以稳恒电流时, 空心线圈内部的磁场分布情况。CT5 型直流高斯计是利用霍尔效应原理制成的, 测量精度为 $\pm 5\%$ 。图 3 示出磁场强度均匀性的一组曲线, 图 3(a) 中画斜线部分表示在螺线管中心区沿轴向 $\frac{d}{2} \pm 25$ 毫米区域内的磁场分布情况。

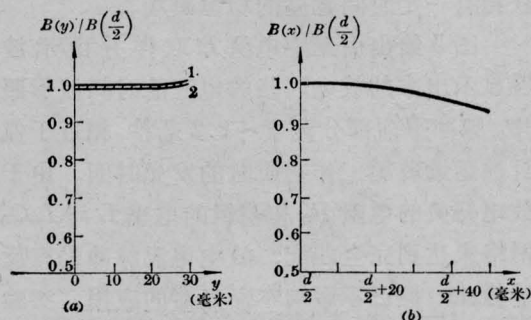


图3 螺线管内磁场的分布情况(输入电流 ~ 0.5 安培)

(a) 在图 2 所示的 $x = \frac{d}{2}$ 的截面内的径向分布

① 和在 $x = \frac{d}{2} + 25$ 毫米的截面内的径向分布 ②

(b) 在图 2 所示的沿 x 方向的轴向分布

磁场的时间均匀性是由设计脉冲放电线路来实现的。如图 1 所示的螺线管, 沿着管的纵轴上任一点 Q 的磁场强度近似为^[4]

$$B(x) = \frac{\mu_0 N i}{2d} \left\{ \frac{d-x}{[r^2 + (d-x)^2]^{1/2}} + \frac{x}{(r^2 + x^2)^{1/2}} \right\} \quad (2)$$

在 $x = \frac{d}{2}$ 处, $B(x)$ 有最大值为:

$$B\left(\frac{d}{2}\right) = \frac{\mu_0 N i}{(4r^2 + d^2)^{1/2}} \quad (3)$$

式中, μ_0 为真空中的磁导率, N 为绕组总匝数, i 为流经绕组的电流强度, d 为绕组总长度, r 为绕组的有效半径。

为了获得有确定持续时间的稳恒电流脉冲, 我们采用如图 4 所示的仿真线作储能器。利用一个高功率快速电开关例如氙灯或放电火花隙, 将储能器的电能通过旋光器绕组作

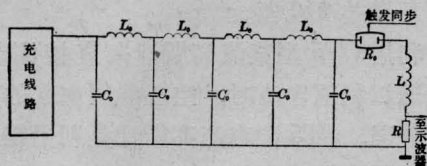


图4 磁光隔光器绕组的放电回路

$C_0=420$ 微法; $L_0=290$ 微亨; $L \approx 1.672$ 毫亨(旋光器绕组); R_0 —放电开关(用氙灯时, ~ 0.5 欧姆);
 R —无感电阻(1.144×10^{-4} 欧姆)

瞬时放电。选用合适的 L_0C_0 网络节数就可获得有一定时间宽度的稳恒磁场。

图5给出由无感电阻 R 取样并由示波器显示出来的放电回路的电流的时间波形照片。脉冲平顶部分宽度 ~ 1.2 毫秒, 相于于氙灯抽运钕玻璃工作物质时的发光时间。由于放电开关的电阻 R_0 和绕组的电感 L 与 L_0C_0 网络未达到完全匹配, 放电电流脉冲仍有反冲脉冲, 但已不影响本隔光器的应用。实验测得, 用氙灯作放电开关时, 最大电流强度小于用放电火花隙作开关的情况, 两者比值约为 $i_{\text{氙灯}}/i_{\text{火花隙}}=1/1.5$ 。

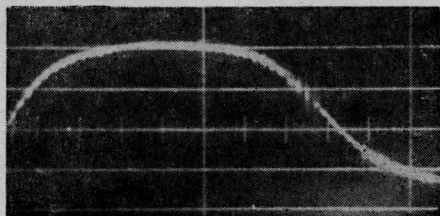


图5 放电电流示波图。时标(两点间隔): 100 微秒

2. 磁光玻璃和偏振镜

磁光玻璃的一般选择原则是: 光吸收低(对 1.06 微米工作波长而言), 光学均匀性好, 残余双折射低, 光损伤阈值高。尤其是应用在高功率激光系统中, 为了避免强光束分裂产生自聚焦破坏, 希望选用非线性折射率系数 n_2 低、费尔德常数 V 高的材料, 即 V/n_2 之值要大。这样, 在同样的磁场强度下便可缩短磁光玻璃的长度而达到较好的效果。

几种磁光玻璃的性能参数如表1所示。其中磷酸盐基质含铈的CG玻璃, 实验上测得比常用的ZFG、ZFG7玻璃具有较高的 V/n_2

表1 几种玻璃的费尔德常数和
非线性折射率系数 n_2

玻璃型号	费尔德常数(分/奥·厘米)		$n_2(\text{esu}) \times 10^{14}$
	$V_{6328 \text{ 埃}}$	$V_{1.06 \mu}$	
国 CG	-0.126	-0.031	22
ZF6	0.047	0.017	75
产 ZF7	0.061	0.025	90

值。本实验中仍使用 50 毫米长的 ZFG6 玻璃作旋光物质。

用于隔光器的偏振镜既要求能抵抗强激光的损伤, 又必须有高的消光性能。为此, 我们选用多层介质薄膜偏振板, 每片的消光比接近 10^2 , 实验中使用两片组合成一个偏振镜。

三、隔光器最佳工作点的选择和消光比的测定

隔光器的重要质量指标之一是消光比, 它被定义为在相同的入射光强度 I_0 (瓦/厘米²) 时, 隔光器处于最大透光状态所透过的光强度 I_{max} 与隔光器处于最佳隔光状态所漏过的光强度 I_{min} 之比值, 即

$$\eta = \left(\frac{I_{\text{max}}}{I_0} \right) / \left(\frac{I_{\text{min}}}{I_0} \right) = I_{\text{max}} / I_{\text{min}}$$

实际上, 这就是如图1所示当 $VBl=45^\circ$ 时 (l 为旋光玻璃长度) 的隔光器在不同透光方向透过光强之比。因此, $\theta=45^\circ$ 的工作状态也就是隔光器的最佳工作状态。

实验上为了减小起偏振镜与检偏振镜之间的角度偏差, 我们只采用一组偏振镜同时作为起偏振镜和检偏振镜, 来确定旋光器的工作电压, 并测定隔光器的消光比。

实验装置如图6所示。隔光器直接置于激光系统的光路中。由左向右入射于隔光器的线偏振光 v_1 经半反射镜 S 后, 一半进入隔光器。隔光器的起偏振镜 P_1 放置在 v_1 最大透射的方位。这束光经旋光器 FR 后偏振面获得 θ 的旋转角。当由 M 反射后, 再一次旋转 θ 角。到达 P_1 时, v_3 的偏振方向相对

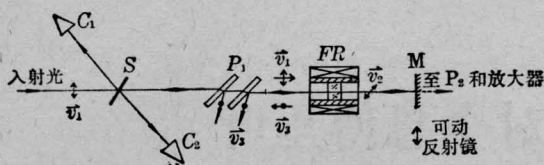


图6 在光路中直接测量隔离器消光比的布置图

C_1 、 C_2 —卡计； FR —旋光器； M —可动全反射镜； P —多层介质薄膜偏振镜(P_2 与 P_1 成 45° 方位，图中未画出)； S —半反射镜； v_1 、 v_2 、 v_3 —偏振光振动方向

于 v_1 有 2θ 的旋转角。若流经 FR 绕组的电流强度 i 使得 $\theta=45^\circ$ ，则 v_3 相对于 v_1 成 90° ，从而偏振镜 P_1 成了 v_3 的阻塞器。此时在卡计 C_2 上所测得的读数应为最小。据此可以求出最佳工作点。

为方便起见，实际上用仿真线储能线路的工作电压来标度隔离器消光比的变化，图7给出一条测量曲线。

由图7的曲线得出在最佳工作电压 U_{45° (约为3900伏)时的消光比 $\eta > 5 \times 10^2$ 。

此时对应的电流强度(由示波器测得)为
 $i \approx 2272 \pm 100$ (安)

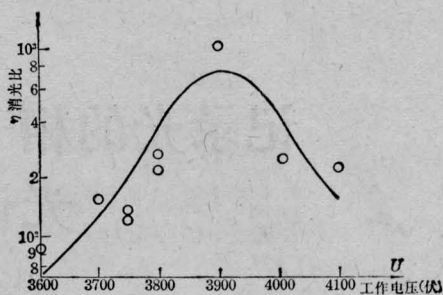


图7 消光比作为工作电压的函数(对应图6的测量方法, ZF_0 长50毫米)

代入(3)式,得

$$B\left(\frac{d}{2}\right) \approx 3.121 \text{ (韦伯/米}^2\text{)} \\ = 3.121 \times 10^4 \text{ (高斯).}$$

参 考 文 献

- [1] 徐至展等;《激光》, 1979, 6, No. 5, 12~16.
- [2] 林礼煌等;《激光》, 1978, 5, No. 5~6, 10.
- [3] 兰斯别尔格著,《光学》, 高等教育出版社, 1965年第二版, 中译本221页.
- [4] P. K. Fong; *Rev. Sci. Instr.*, 1970, 41, No. 10, 1434.

简 讯

封离式室温 CO 激光器电极的温度效应

封离式室温 CO 选支激光器电极的温度对室温 CO 激光器输出功率及运转寿命有很大的影响。国外为了延长室温 CO 激光器寿命, 采用附加钡管的办法, 运转时将钡管加热并同时抽气, 使放电区中有害气体氢通过加热的钡管不断被抽掉。我们采用了另外一项技术措施, 也能达到同样的效果, 而且结构

更为紧凑, 适合于研制小型 CO 分子激光器。当采用了这一新技术措施后, 激光器运转时间(点燃时间)已超过 550 小时, 功率无任何下降的趋势。关于这一技术措施的工作机理还在深入研究中。

(中国科学院上海光机所 102 组)