

4.2 激光效率

测量激光效率储能电容用 $200\ \mu\text{F}$, 电感为 $30\ \mu\text{H}$ 。 N_{2135} 磷玻璃棒在不同光泵输入能量时的激光输出能量如图 4 所示。斜率效率为 3.2% , 在光泵输入能量为 $100\ \text{J}$ 时的激光效率为 2.6% 。改进后的激光器效率提高了将近 50% 。

4.3 增益

测增益用的光泵能量密度为 $57\ \text{J}/\text{cm}^2$ 。 N_{2135} 磷玻璃棒测得的增益曲线如图 5 所示, 小信号输入 ($18\ \text{mJ}/\text{cm}^2$) 时, 增益为 45 , 小信号增益系数为 $0.253\ \text{cm}^{-1}$ 。饱和输入能量 ($1.5/\text{cm}^2$) 时, 饱和增益为 7 , 增益系数为 $0.128\ \text{cm}^{-1}$ 。

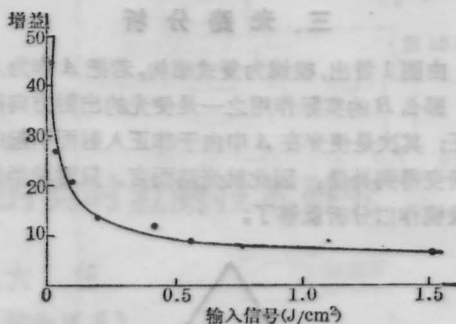


图 5 N_{2135} 磷玻璃棒的增益曲线

(收稿日期: 1987 年 11 月 13 日)

超高透激光偏光镜的研制

李国华 吴福全

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜)

Study and manufacture of superhigh transmittance laser polarizers

Li Guohua, Wu Fuquan

(Laser Institute, Qufu Normal University, Qufu)

提要: 研制了一种具有高透射比和高抗光损伤能力的新型偏光器件。

关键词: 偏光镜, 冰洲石

一、引言

众多的激光偏光棱镜各具特点, 分别被各种不同的需要所选用。如格兰-泰勒棱镜, 其抗光损伤能力(对于脉冲激光)高达 $500\ \text{MW}/\text{cm}^2$, 自然透射比为 85% ; 而格兰-汤普森棱镜的相应值分别为 $30\ \text{MW}/\text{cm}^2$ 和 90% 。对于某些特殊的应用, 不但要求偏光棱镜具有高的抗光损伤能力, 而且要有尽可能高的透射比。虽可用镀膜方法来提高透射比, 但有一定限度, 而且还导致抗光损伤能力的下降。我们设计制作的超高透激光偏光镜不但具有格兰-泰勒棱镜的抗光损伤能力, 而且有比任何偏光棱镜高得多的透射比。

二、设计思想与棱镜结构

我们的设计思想是将布儒斯特定律用于双折射

冰洲石晶体, 让 e 光 (P 振动) 在各通光面均以布氏角通过, 而尽可能减少光能损失, 从而获得 e 光的最大透射比; 由双折射分出的 o 光 (S 振动), 在通光面又能满足全反射条件, 从而使 e 、 o 光完全分开, 而获得纯净的偏振光。

棱镜结构如图 1 所示, 它是由 A 、 B 两块冰洲石制做的完全对称的棱镜组成, 两棱镜间保持一定的空气隙膜层 C 。

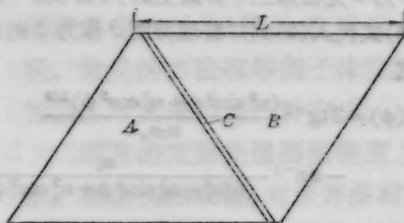


图 1 棱镜结构

三、光路分析

由图1看出,棱镜为复式结构,若把A作为入射端,那么B的实际作用之一是使光的出射方向得以校正;其次是使光在A中由于非正入射而引起的波形畸变得得到补偿。因此就光路而言,只对前半部分的棱镜作以分析就够了。

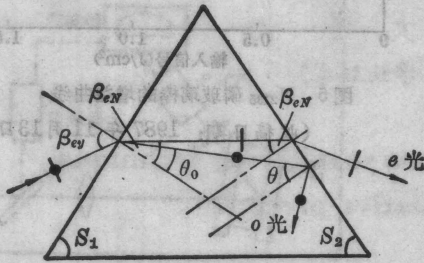


图 2

图2中e光的内(光由棱镜到空气)、外(光由空气到棱镜)布儒斯特角分别是:

$$\beta_{eN} = \text{tg}^{-1} \frac{1}{n_0} \quad (1)$$

$$\beta_{ey} = \text{tg}^{-1} n'_e \quad (2)$$

n'_e 为冰洲石中e光的折射率。由于取e光的主平面与晶体的主截面重合,由折射率椭球导出的 n'_e 的表达式为:^[1]

$$n'_e = \frac{n_0 n_e}{(n_0^2 \sin^2 \phi + n_e^2 \cos^2 \phi)^{1/2}} \quad (3)$$

式中 ϕ 是e光波法线方向与晶体光轴的夹角($\phi \leq 90^\circ$); n_0, n_e 为晶体的主折射率;且 $n_0 > n_e$ 。

光以 β_{ey} 入射时o光在第一个界面上的折射角:

$$\theta_0 = \sin^{-1} \frac{\sin \beta_{ey}}{n_0} = \sin^{-1} \frac{n'_e}{n_0 (n_0^2 + 1)^{1/2}} \quad (4)$$

o光全反射的临界角:

$$\theta_{oc} = \sin^{-1} \frac{1}{n_0} \quad (5)$$

由图2得到

$$\theta = 2\beta_{eN} - \theta_0 \quad (6)$$

式中 θ 为o光在第二个界面上的入射角。将(1)、(3)、(4)式代入(6)式并整理得到 θ 作为 ϕ 的函数的表达式:

$$\theta(\phi) = 2 \text{tg}^{-1} \frac{(n_0^2 \sin^2 \phi + n_e^2 \cos^2 \phi)^{1/2}}{n_0 n_e} - \sin^{-1} \frac{n_e}{(n_0^2 n_e^2 + n_0^2 \sin^2 \phi + n_e^2 \cos^2 \phi)^{1/2}} \quad (6')$$

o光在第二个界面上全反射的必要条件是其入

射角大于临界角,即 $\theta - \theta_{oc} > 0$ 。为此对(6')式求导数,以求得o光在第二个界面上的最大入射角 θ_{max} 。

$$\theta'(\phi) = \frac{n_e (n_0^2 - n_e^2) \sin \phi \cos \phi}{n_0^2 n_e^2 + n_0^2 \sin^2 \phi + n_e^2 \cos^2 \phi} \times \left[\frac{2n_0}{(n_0^2 \sin^2 \phi + n_e^2 \cos^2 \phi)^{1/2}} + \frac{1}{(n_0^2 n_e^2 - n_e^2 + n_0^2 \sin^2 \phi + n_e^2 \cos^2 \phi)^{1/2}} \right] \quad (7)$$

求解得到

$$\begin{cases} \sin \phi = 0 & \phi = 0^\circ \\ \cos \phi = 0 & \phi = 90^\circ \\ \sin \phi = \pm n_e \left[\frac{1 - 4n_0^4}{(4n_0^2 - 1)(n_0^2 - n_e^2)} \right]^{1/2} \end{cases}$$

由于 $n_0 > n_e > 1$,第三解无意义。可见 $\theta(\phi)$ 只有在 $\phi = 0^\circ$ 和 $\phi = 90^\circ$ 时可能有极大值。对(6')式求二阶导数,并将 $\phi = 0^\circ$ 和 $\phi = 90^\circ$ 分别代入得到:

$$\theta''(\phi = 0^\circ) = \frac{(n_0^2 - n_e^2)(2n_0^2 + 1)}{n_0^2 n_e^2 (n_0^2 + 1)} \quad (8a)$$

$$\theta''(\phi = 90^\circ) = -\frac{n_e (n_0^2 - n_e^2)}{n_0^2 (n_0^2 + 1)} \times \left[2 + \frac{1}{(n_0^2 + n_0^2 n_e^2 - n_e^2)^{1/2}} \right] \quad (8b)$$

根据 $n_0 > n_e > 1$,可见(8a)式大于零,(8b)式小于零。由(8b)有

$$n'_e = n_e$$

$$\theta_{max} = 2 \text{tg}^{-1} \frac{1}{n_0} - \sin^{-1} \left[\frac{n_e}{n_0} (1 + n_e^2)^{-1/2} \right] \quad (9)$$

取 $n'_e = n_e$,令e光在各界面均以布氏角通过,计算出各种波长的 $\theta - \theta_{oc}$ 值列于表1。

表 1

波长 (μm)	$\theta - \theta_{oc}$	波长 (μm)	$\theta - \theta_{oc}$	波长 (μm)	$\theta - \theta_{oc}$
0.200	6°44'	0.6328	41'	1.369	6'
0.242	3°50'	0.6943	36'	1.497	1.5'
0.303	2°19'	0.801	29'	1.749	-5'
0.410	1°19'	0.906	24'	2.100	-23'
0.508	56'	1.06	18'	2.5	-31'

根据计算,即是在 $\theta - \theta_{oc} < 0$ 的波长范围,只要适当选取切角 S_1 和 S_2 ,可首先满足o光在第二个界面上全反射,此时e光的入射角虽稍许偏离布氏角,但对其棱镜透射比的影响将很小,这正是我们的实际设计。

另外,选取切角时还必须考虑棱镜的视场角。

四、测试结果

1. 透射比

采用常规的测试方法测量偏振棱镜的透射比, 结果列于表2。

表 2

样品	棱镜质量	透射比(%)	消光比	视场角
1	好	99.2	$<10^{-5}$	$4^{\circ}10'$
2	有节瘤	99.2	$<10^{-5}$	4°
3	好	99.2	$<15^{-5}$	$5^{\circ}14'$
4	好	98.7	$<10^{-5}$	$3^{\circ}31'$
5	有节瘤	99.2	$<10^{-5}$	$4^{\circ}40'$
6	有节瘤	98.8	$<10^{-5}$	3°

2. 抗光损伤能力

用 Datechroom-5000 YAG/ 染料激光器、Scientech-362 型功率能量计、测长仪和高倍显微镜测量出偏振棱镜的抗光损伤阈值功率为 900 MW/cm^2 。

另外, 这种棱镜由于光的非正入射, 引起出射光束相对于入射光束有一个横向平移, 其平移量为:

$$\Delta h = L \sin(\beta_{ey} - \beta_{ex}) \quad (10)$$

L 的取值见图 1。

山东大学光学系刘恩泉老师为棱镜做了抗光损伤能力实验, 特致谢意。

参 考 文 献

- 1 小川智哉著, 崔承甲译, 应用晶体物理学(科学出版社, 1985), p.70

(收稿日期: 1987年9月7日)

线聚焦激光辐照靶时的离子发射特性

张燕珍 徐至展 何兴法 孙 岚

(中国科学院上海光机所)

Ion emission characteristics in a line-focused laser produced plasma

Zhang Yanzheng, Xu Zhishan, He Xingfa, Sun Lan

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

提要: 本文研究线状聚焦激光打靶时的离子发射特性。与点状聚焦时相比, 线聚焦情况下离子发射的各向异性更为突出。当入射角 $\alpha=22^{\circ}$ 时, 离子信号明显比 $\alpha=45^{\circ}$ 时所发射的信号大。这主要是共振吸收的结果。

关键词: 线聚焦, 离子, Al 膜

近几年来, 由于以线状激光等离子体为 X 射线激光增益介质的方案愈来愈引起注意, 人们开始对线聚焦情况下出现的各种现象发生兴趣^[1]。本文主要是报道在线聚焦激光辐照金属膜靶时观察到的离子发射特性的新结果。

我们用的器件是高功率激光实验室 6 路激光中的一路^[2]。激光脉宽 $\sim 300 \text{ ps}$; 能量 $2\sim 6 \text{ J}$ 。打靶透镜系统由一柱面发散透镜加上一非球面会聚透镜构成。调换不同曲率半径的发散透镜可不连续地改变焦距长度 f 。实验中焦距长度沿 z 轴方向变化(见图 1)。靶是涂在玻璃板上的金属膜, 厚度 $\sim 10 \text{ nm}\sim 1 \mu\text{m}$, 固定在有多个自由度的靶架上, 靶的法线在 xy 平面内可任意旋转以改变激光的入射角。一只法拉

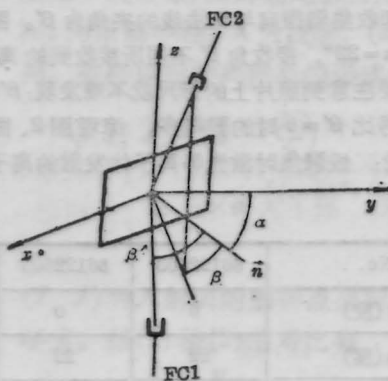


图 1 接收器排布图