

两片式法布里-珀罗透镜

陈海清

本文介绍了法布里-珀罗透镜结构型式,分析了两片式的结构特点,提供了四组两片式法布里-珀罗透镜的结构参数和象差数据,具有实用和参考价值。

一、引言

在激光记录光学系统中,扫描方式分为两种:物镜后扫描和物镜前扫描,如图1和图2所示。显然,扫描方式决定于聚焦透镜与扫描器(偏转器)的位置关系。由象差理论不难知道,物镜后扫描仅要求校正轴上点象差,这类镜头的设计相对简单;物镜前扫描的聚焦透镜,要在较大的视场内清晰成象,必须要很好地校正轴外象差,设计要困难些。这后一种聚焦透镜就是法布里-珀罗透镜,或称为F-θ透镜。倘若物镜前扫描的聚焦透镜为一般照相物镜,其扫描光点的移动量 $y = f \cdot \tan \theta$ 。偏转器的转角与记录介质面上的扫描光点移动量不成比例,即偏转器以恒定角速度旋转时,光点的移动却是非匀速的。为获得光点的匀速扫描,聚焦物镜必须采用F-θ透镜,以实现 $y = f \cdot \theta$ 的线性扫描。



图1 物镜后扫描

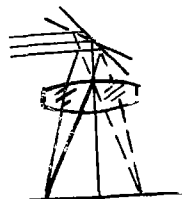


图2 物镜前扫描

二、F-θ透镜结构型式

F-θ透镜的工作条件: 1.单色光; 2.孔径光栏在外部; 3.象高 $y = f \cdot \theta$; 4.光孔照明随偏转器旋转变迹。因此, F-θ透镜的设计与普通的照相物镜有所不同。首先,单一波长的透镜避免了所必须的色差校正,大大简化设计,透镜的型式和玻璃的种类就可根据最佳的单色象差校正来选择,可使透镜的设计更紧凑,其次,孔径光栏在外部,其与第一片透镜的距离直接与偏转器直径相关。如果此距离可以缩短,则可减小透镜最大直径,而且还可以使透镜的制造简化。在偏转器以恒定角速度旋转时,聚焦物镜要获得光点的匀速扫描,该透镜必须要产生随θ变化有规律性的负畸变,扫描象高 $y = f \cdot \theta$ 。在设计F-θ透镜时,主要应考虑以下参量:

收稿日期: 1985年10月31日。

1.扫描线性象高；2.透镜的FNO (D/f')；3.扫描视场角；4.光谱波长；5.扫描线性失真度；6.光点尺寸（包括主要象差）；7.加工成本。

要使偏转器的工作周期变为最大，实际上是尽可能地扩大透镜的视场角。对给定FNO的系统，必须使焦距变为最小，使透镜孔径和偏振器扫描面减小。显然，焦距减小的结果，将减小偏振器扫描面不均匀及轴承不稳定的影响。

F-θ透镜类型是多种多样的，图3所示为常用的二、三、四、五片型式。

随着片数增加，透镜性能必然会优良，但加工成本随之增加。片数的合理选择，应依据透镜FNO、扫描视场角、扫描线性失真度及光点尺寸。

两片式型式简单，是满足中等技术要求和精度的一种实惠可行结构，加工成本低廉。其形状可分为“凸凸”、“凸凹”、“凹凸”三种。由这三种透镜型式来说，前后两部分均为正光焦度，因此它的匹兹万和数很大，并且球面的畸变和象散不易校正；在“凸凹”型式中，

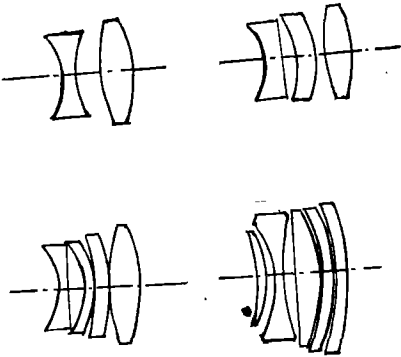


图3

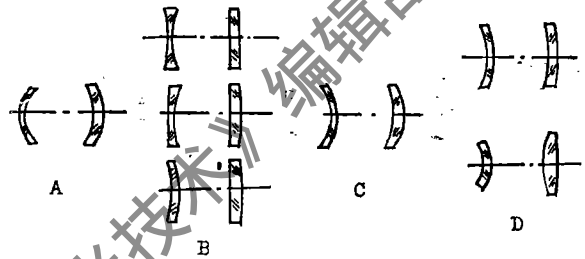


图4

因为求出的初级畸变系数为 $\Sigma S_6 = f' \cdot FNO \cdot \theta^3/3$ ，被修正的畸变是一个负值，这样就需要正透镜在一个主光线位置较高的位置上，从而得负的畸变；基于上述分析，“凹凸”型式乃是最好的光学排列。下面所提供的四组，其中三组为“凹凸”型式，仅一组为“凸凸”型式，而且对材料要求苛刻，成本较高。

光学排列为“凹凸”型式，并且每一部分是一个薄透镜，首先光焦度和折射率的分配应满足关系式：

$$\Sigma S_4 = \varphi_1 \cdot /N_1 + \varphi_2/N_2 \approx 0$$

根据F-θ透镜的象差特点，解其联立方程，可得其外形：

$$\Sigma S_3 = h^2 h_z^2 \varphi^3 \bar{P} + 2J \Sigma h h_z \varphi^2 \bar{W} + J^2 \Sigma \varphi = 0$$

$$\Sigma S_5 = \Sigma h h_z^3 \varphi^3 \bar{P} + 3J \Sigma h_z^2 \varphi^2 \bar{W} + J^2 \Sigma \varphi (3 + \mu) h_z/h = f' \cdot FNO \cdot \theta^3/3$$

综合其“凹凸”的典型结构，可如图4所示。

三、实 例

技术指标： $f' = 250\text{mm}$ ， $\theta = 21^\circ$ ， $2\gamma^1 = 184$ ， $\lambda = 8000\text{\AA}$ ， $de = 0.02$ ， $FNO = 1:60$ 。

(一) K_9-ZF_6

R	D	$n_{8000\text{\AA}}$	
-81.022	33	1.51026	K_9
148.464	7.3		
316.786	8.36	1.76334	ZF_c
-80.316	15.12		

初级象差系数

$$\Sigma S_1 = 2.9864E - 0.5, \Sigma S_2 = 2.5826E - 0.5, \Sigma S_3 = -5.444E - 0.4, \Sigma S_4 = 2.1999E - 0.4, \Sigma S_5 = 0.07426065.$$

象差曲线 (图 5)

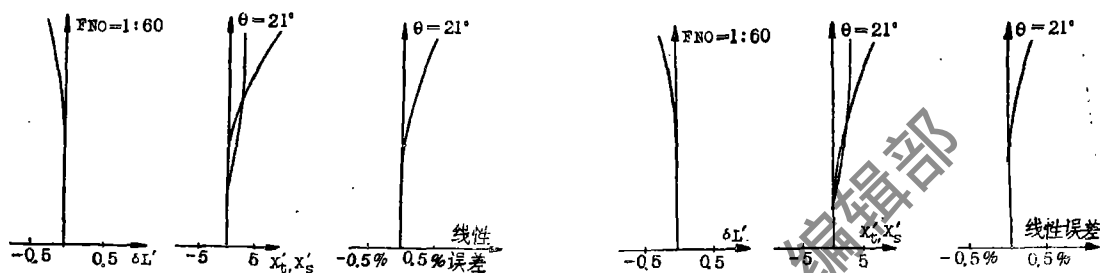


图 5

图 6

(二) K_4-ZF_7

R	D	$n_{8000\text{\AA}}$	
-84.356	31.37	1.50169	K_4
155.886	6.9		
332.887	8.1	1.78273	ZF_7
-85.134	15.32		

初级象差系数

$$\Sigma S_1 = 2.5688E - 0.5, \Sigma S_2 = -2.859E - 0.6, \Sigma S_3 = -4.660E - 0.4, \Sigma S_4 = 2.6390E - 0.4, \Sigma S_5 = 0.0748747.$$

象差曲线 (图 6)

(三) K_5-ZF_7

R	D	$n_{8000\text{\AA}}$	
-186.439	24.858	1.50356	K_5
248.585	10.41		
497.17	13.67	1.78273	ZF_7
-124.29	21.54		

初级象差系数

$$\Sigma S_1 = -1.5469E - 0.5, \Sigma S_2 = -4.99E - 0.5, \Sigma S_3 = -1.924E - 0.4, \Sigma S_4 = 9.0063E - 0.4, \Sigma S_5 = 0.0851598.$$

象差曲线 (图 7)

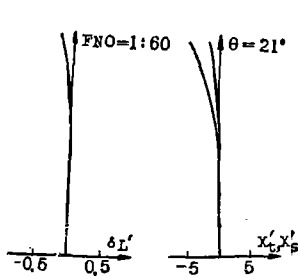


图 7

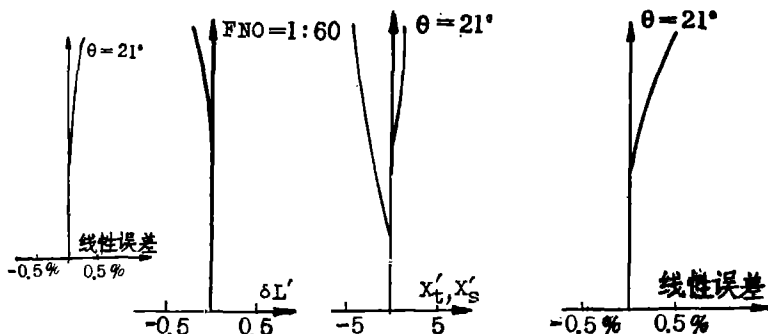


图 8

(四) LaK₁-LaK₁

R	D	$n_{s000} \cdot \ddot{A}$
-147.646	37.97	
-101.243	33.75	1.46913 LaK ₁
-379.662	42.18	
-134.991	21.1	1.46913 LaK ₁

初级象差系数

$\Sigma S_1 = 1.7247E - 0.5$, $\Sigma S_2 = -4.514E - 0.5$, $\Sigma S_3 = -6.680E - 0.4$, $\Sigma S_4 = 1.7812E - 0.3$, $\Sigma S_5 = 0.072242635$.

象差曲线 (图 8)

由上述四组 F- θ 透镜的初级象差系数 ΣS_5 分别为 0.07426065、0.0748747、0.0851598、0.072242635, 显然与 $\Sigma S_5 = f' \cdot FNO \cdot \theta^3/3 = 0.0785572$ 是非常接近的。

参 考 文 献

- [1] 陈海清, 《激光杂志》, 1984年, 第4期, 第217~222页。
- [2] 陈海清, 《兵器激光》, 1984年, 第5期, 第33~36页。
- [3] U.S.P., 4,253,735。

(上接第44页)

5. 棒的直径越大效率越高。

漫反射腔还有一个突出的优点是制作简单, 成本低廉, 对腔壁的要求不高, 对灯和棒的位置不敏感, 通水后实际工作状态的输出相对较高。用玻璃管套作衬里的漫反射腔还有不易受污染的优点。

北京工业学院激光教研室主任魏光辉、基础光学教研室主任赵达尊审阅了本文, 在此一并致敬。

参 考 文 献

- [1] Robert T. Pitlak, A Program for Laser Pumping Cavities, ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS DESIGN, June, 1982, P.45~48.
- [2] 王少川, 《兵工学报》, 1983年, 第4期, 第9~20页。