

玻璃的不均匀性

罗伯特与拉根伯克^[1]介绍一种测定和评价大圆盘玻璃均匀性的方法。一个推广改进的方法大大地减少了必须的检验时间。

采用图 1 所示的准直器检验装置。这个测试设备是由一个抛物面镜、垂直方向折叠的平面镜，一个自准用平面镜、一台泰曼-格林干涉仪，和一个输出功率为 3 毫瓦的激光器组成。被测试的光学零件装在一个隔离环境影响的管子里，激光干涉仪位于管子结构外。光线通过干涉仪在该干涉仪的物镜前面聚焦，以便与抛物面镜的焦点一致。自准平面镜被安置在结构的末端并且光束返回来又经过干涉仪，在那里出现干涉。照相机用来记录干涉图。把两面磨光的玻璃毛坯安置在平面镜附近；它在结构中的位置要求不严格。

在参考文献中为测定不均匀性所采用的程序包含四个不同的步骤：(1) 毛坯前表面波前误差的测定，(2) 毛坯后表面的测定，(3) 透过毛坯的波前测定，(4) 测试系统波前的自身校准。

这种方法要求毛坯的两个表面镀膜。当测试一面之后，必须使毛坯离开测试系统并且重新定位后测试第二个表面。毛坯再离开夹具结构，剥去镀膜层，以便可以进行透射测试。用这种方法可以消除准直仪波前中的未知的离焦成分。这里如果在测试进行期间内干涉仪或准直仪的焦点变化，便是一种原因。

已建议一种改变的测试程序，这将大大地减少必须的测试时间，其次改进测试的精度。两个表面的面形质量的测定是用一种不要求毛坯两面镀膜的测试来代替。

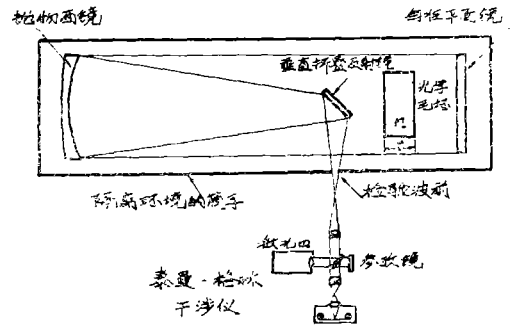
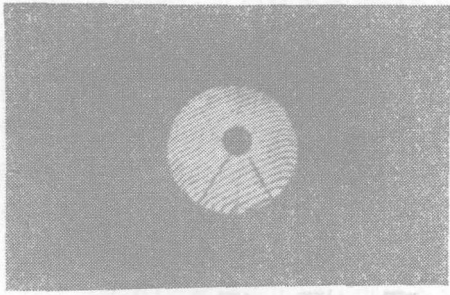


图 1 均匀性测试结构

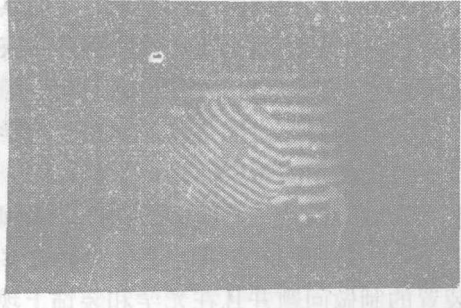
为了作到这点，干涉仪中的参考镜和自准反射镜面被补偿。正要检验的玻璃毛坯现在相当于一种干涉仪，这种干涉仪由前表面反射出来的光线和由后表面反射出来的光线产生干涉，形成斐索条纹。斐索条纹将给出前面与后面测定的同样结果，但是不需要作毛坯的处理或镀膜。还必须进行校准和透射的检验。若检测时发生任何变化在测试之前和之后可对测试结构给予校准。整个检验进行不到一小时。在测试装置中反射出来的杂波在斐索干涉图上是很微小的。必须指出，为了得到斐索条纹玻璃毛坯必须磨成光楔。在我们的工作中我们采用足够产生 20—40 条干涉条纹的光楔。为了保证这种非均匀性测定的好结果，抛物面镜和平面镜的图形或表面必须作成尽可能最高的质量。

在这里应该指出两个附加项目。因为毛坯不镀膜，每个表面大约只有 4% 反射率。激光干涉仪应有足够照明，以便记录具有这种低表面反射率的干涉图。利用这个斐索条纹时任何曲率或表面的不平度不记录在这个斐索干涉图上。

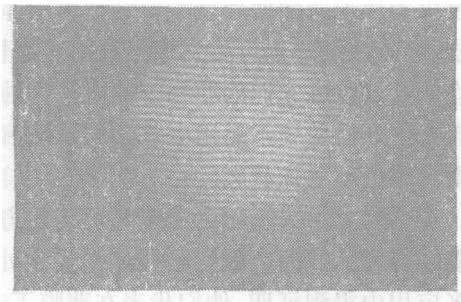
图 2 示出一个玻璃毛坯的干涉图。



(a) 斐索干涉图



(b) 在背景中带有校准条纹的透射条纹



(c) 校准条纹

图2 玻璃毛坯的干涉图

图2(a)表示一种斐索干涉图。斐索条纹产生的光程差(OPD)可以写成

$$OPD_1 = 2nt \quad (1)$$

图2(b)示出同样玻璃毛坯的透射条纹。这个透射条纹的OPD可写成

$$OPD_2 = 2[(n-1)t + Z] \quad (2)$$

其中Z是测试系统的总光程长度。图2(c)示出校正条纹。这个校正条纹的OPD写成

$$OPD_3 = 2Z \quad (3)$$

从透射条纹减去校正条纹得出

$$OPD_2 - OPD_3 = 2(n-1)t \quad (4)$$

圆盘的折射率可以写成 $n = \bar{n} + \delta_n$, 其中 \bar{n} 是毛坯的平均折射率, 而 δ_n 为毛坯的非均匀性。用类似方式把毛坯的厚度写成 $t = t_0 + \delta_t$, 其中 t_0 为毛坯的平均厚度而 δ_t 为在任何点厚度的变化。一般优质圆盘的 δ_n 为 10^{-6} 而 δ_t 为 10^{-4} 。把上面两种假设代入方程式(1)和(4)并简化得出

$$\begin{aligned} OPD' &= (OPD_1/2) \\ &= \bar{n}\delta t + \delta_n t_0. \end{aligned} \quad (5)$$

而

$$\begin{aligned} OPD'_2 &= [(OPD_2 - OPD_3)/2] \\ &= (\bar{n} - 1)\delta_t + \delta_n t_0. \end{aligned} \quad (6)$$

其中 $\bar{n}t_0$ 为常数(光楔), 它被平面波干涉仪会聚出来。

方程式(5)和(6)每个包含两个未知数(δ_n 和 δ_t), 并且可以同时解得出

$$\delta_n = \frac{-(\bar{n}-1)OPD'_1 + \bar{n}OPD'_2}{t_0} \quad (7)$$

而

$$\delta_t = OPD'_2 - OPD'_1 \quad (8)$$

考虑到所包含的测试误差大小和在分析时采用近似的程度, 这种测试方法应当能测出 1×10^{-6} 折射率变化。

译自 "Appl. Opt.", Vol. 14, No. 8, p. 1976.

1975. (琦玮译 韩昌元校)