

使用贴置板时毛坯光学玻璃均匀性的全息干涉测量

周 焜 陈祯培

(四川大学)

陈远康

(四川省计量测试研究所)

朱慧敏 李 莉

(208厂)

提要: 讨论了使用贴置板对毛坯光学玻璃均匀性进行全息干涉测量时对贴置板和匹配折射液的要求和对贴置板材料的选择。

Holographic interferometer of homogeneity of optical glass blank by means of SGCP

Zhou Kun, Chen Zhenpei

(Sichuan University, Chengdu)

Chen Yuankang

(Metrology and Measurement Institute of Sichuan, Chengdu)

Zhu Huimin, Li Li

(No. 208 Factory)

Abstract: This paper describes the requirements for standard glass contact plank (SGCP) matched index liquid and the selection of SGCP glass material in precise measurement of glass blank homogeneity by means of holographic interferometry with SGCP.

一、引言

用全息干涉法检测光学透明材料折射率均匀性,自1976年以来已有许多文章作了详细讨论^[1~3]。若待测玻璃已被抛光,则可直接进行检测。若为玻璃毛坯,则有两种方法可供选择,一种方法是将被测毛坯玻璃完全浸

没于与其折射率相同的折射液槽中,进行全息二次曝光^[4,5]。两次曝光是同一折射液槽,故该干涉条纹直接反应了毛坯玻璃的折射率均匀性。该方法的特殊要求及折射液挥发出来的有害气体,使工厂推广应用受到限制。

另一方法是在毛坯玻璃两表面加贴置玻璃,其间填充以折射液(折射液量很少),使两

收稿日期:1986年5月13日。

贴置板及毛坯玻璃构成透明的整体,这正是工厂中用鉴别率板法或星点法检测玻璃光学均匀性的常规技术,也可用于全息干涉测量法。用全息检测法时,对贴置板和折射液有相应的要求,而这一要求又容易被忽视。这就是本文所要分析的问题。

二、贴置板的正确使用

如图1所示,设待测玻璃、贴置板、折射液的折射率和厚度分别为 $n_1, n_2, n_3; h_1, h_2, h_3$ (两块贴置板的折射率设为 n_2 ,厚度值 $h_2 = \frac{h_2}{2} + \frac{h_2}{2}$,两面折射液亦如此)。此时待测玻璃的透射光和反射光的干涉方程为:

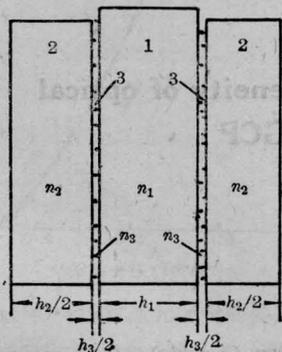


图 1

1-待测玻璃; 2-贴置板; 3-折射液

$$(n_1 - 1)h_1 + (n_2 - 1)h_2 + (n_3 - 1)h_3 = \frac{M_t}{2} \lambda \quad (1)$$

$$n_1 h_1 + n_2 h_2 + n_3 h_3 = \frac{M_r}{2} \lambda \quad (2)$$

(2)式未考虑半波损失。求微分后得:

$$\begin{aligned} \Delta n_1 h_1 + \Delta n_2 h_2 + \Delta n_3 h_3 + (n_1 - 1) \Delta h_1 \\ + (n_2 - 1) \Delta h_2 + (n_3 - 1) \Delta h_3 \\ = \frac{M_t}{2} \lambda \stackrel{\text{令}}{=} \frac{m_t}{2} \lambda \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta n_1 h_1 + \Delta n_2 h_2 + \Delta n_3 h_3 + n_1 \Delta h_1 \\ + n_2 \Delta h_2 + n_3 \Delta h_3 \\ = \frac{M_r}{2} \lambda \stackrel{\text{令}}{=} \frac{m_r}{2} \lambda \end{aligned} \quad (4)$$

(4) - (3) 得:

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 = \frac{\lambda}{2} (m_r - m_t) \quad (5)$$

设:

$$n_2 - n_1 = n' \quad n_3 - n_1 = n'' \quad (6)$$

n', n'' 分别表示贴置板和待测玻璃、折射液和待测玻璃折射率之差,亦可称它们为折射率匹配精度。由(6)式知 $n_2 = n_1 + n', n_3 = n_1 + n''$,并将(5)式一并代入(3)式,经简单运算即得:

$$\begin{aligned} \Delta n_1 = \frac{\lambda}{2h_1} [n_1 m_t - (n_1 - 1) m_r] \\ - \frac{\Delta n_2 h_2 + \Delta n_3 h_3 + n' \Delta h_2 + n'' \Delta h_3 \dots}{h_1} \end{aligned} \quad (7)$$

所以,根据干涉图确定 m_r, m_t 和根据待测玻璃的 n_1, h_1 来计算待测玻璃的均匀性 Δn_1 时,必须加上式(7)右边的修正项。然而修正项中分子的值是未知的,故应要求修正项趋于零,或者要求下列不等式成立:

$$\Delta n_2 h_2 + \Delta n_3 h_3 + n' \Delta h_2 + n'' \Delta h_3 \ll \Delta n_1 h_1 \dots \quad (8)$$

实际上不等式左端是矢量相加,即可能相加亦可能相减,故应要求每一单项均应远小于 $\Delta n_1 h_1$,即:

$$\Delta n_2 h_2 \ll \Delta n_1 h_1 \quad (9)$$

$$\Delta n_3 h_3 \ll \Delta n_1 h_1 \quad (10)$$

$$n' \Delta h_2 \ll \Delta n_1 h_1 \quad (11)$$

$$n'' \Delta h_3 \ll \Delta n_1 h_1 \quad (12)$$

才能从干涉图中正确地计算出 Δn_1 。

式(12)对折射液匹配精度 n'' 提出要求。折射液本身存在厚度差 Δh_3 ,但 Δh_3 毕竟十分小,是波长量级。若设 $h_1 = 60 \text{ mm}$, $\Delta h_3 = 50\lambda$,要求测量 $\Delta n_1 = 1 \times 10^{-6}$,则 $n'' \ll \frac{60 \times 10^{-6}}{50 \times 6 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^{-3}$ 。一般折射液匹配到 $n'' < 10^{-3} \sim 10^{-4}$ 是没有问题的,故当折射液匹配精度达到 $n'' \approx 10^{-3} - 10^{-4}$ 时,则对玻璃均匀性测量不会带来影响。

式(9)对贴置板的均匀性 Δn_2 提出要求。

当贴置板厚度 h_2 与待测玻璃厚度相近时, 则要求 $\Delta n_2 \ll \Delta n_1$, 若 $\Delta n_1 = 1 \times 10^{-6}$, 则至少 $\Delta n_2 \approx (3 \sim 5) \times 10^{-7}$, 故玻璃材料均匀性必须相当良好, 才可能用来磨制成贴置板。

但(9)式也告诉我们, 当用常规厚度的贴置板, 检测厚度很大的玻璃时, 则可大大降低对贴置板玻璃均匀性的要求。

式(11)对贴置板折射率值 n_2 (或匹配精度 $n' = n_2 - n_1$) 和厚度差 Δh_2 的关系提出要求。当 $n' = n_2 - n_1 = 0$, 即贴置板玻璃和待测玻璃是同一牌号时, 理论上对贴置板厚度均匀性 Δh_2 无任何限制。同理, 当 $\Delta h_2 = 0$ 时, 对贴置板玻璃材料无特殊要求, 即可用一对 $\Delta h_2 = 0$ 的贴置板检测不同牌号的玻璃。实际上 Δh_2 不可能为 0, 当 $\Delta h_2 \neq 0$ 时, 例如设 $\Delta h_2 = 10\lambda$ (若贴置板直径为 100 mm, 相当于 12" 的楔形), 仍设 $h_1 = 60$ mm, 需检测 $\Delta n_1 = 1 \times 10^{-6}$, 则 $n' \ll \frac{\Delta n_1 \cdot h_1}{\Delta h_2} = \frac{10^{-6} \times 60}{10 \times 6 \times 10^{-4}} = 0.01$ 。这一容许的贴置板和待测玻璃的折射率差, 实际上接近于同一牌号玻璃。显然当 Δh_2 再稍大, 则容许的 n' 将更小。故不能用某种材料的贴置板去检测不同牌号的玻璃。

三、贴置板材料的选择

采用下述方法则可适当降低对贴置板材料均匀性的要求。先用星点法或其他方法选择均匀性较好的一块厚的光学玻璃毛坯, 然后将其切割为等厚的两块。由于这两块玻璃板是由同一块将其厚度等分所得, 故它们的均匀性应有相近的数量和相似的变化趋势。此时若将其中一块相对于另一块旋转 180° , 中间填充以折射液使其形成一整块, 再测其整块的均匀性, 将有可能比单块的均匀性好得多, 甚至可达到优于 1×10^{-6} 。因为此时两块的均匀性发生相互部分补偿之故。于是记住这一确定方向, 在此方向, 这一对玻璃板能够满足贴置板的要求。

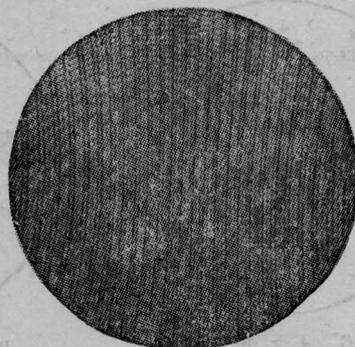


图 2

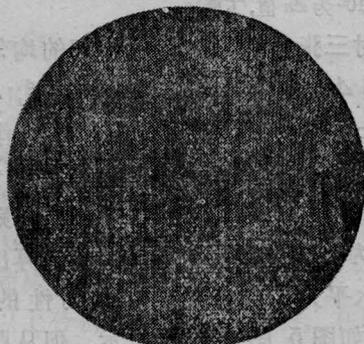


图 3

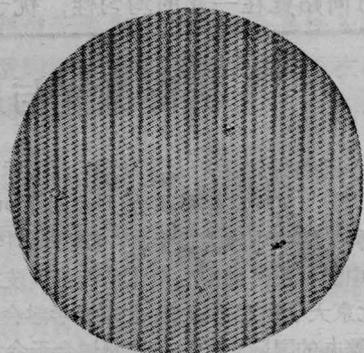


图 4

为考查上述分析是否合乎实际, 我们按上述要求加工好一对玻璃块 A、B。其厚度 $h = 40$ mm, $\phi = 160$ mm, $n = 1.51509$ 。用全息法检测其均匀性, 其合干涉纹图分别为图 2、图 3 所示。然后, 如上所述将玻璃块 B 相对于玻璃块 A 旋转 180° , 中间填充以折射液, 使其形成一透明整体, 再拍摄全息图, 其合干涉纹图如图 4 所示。此时楔形产生了一定抵消, 故干涉条纹数目较图 2、图 3 少。我

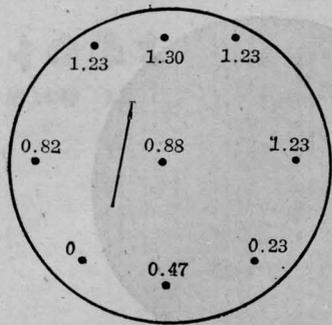


图6 A之 Δn 分布

(箭头表示 Δn 增大方向,图中数值 $\times 10^6$ 为 Δn 值,下同)

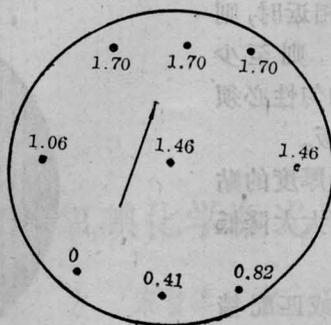


图7 B之 Δn 分布

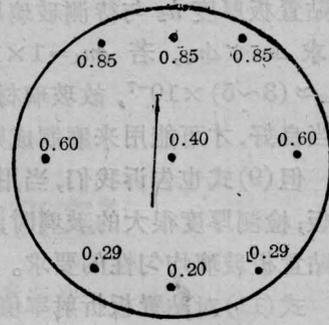


图8 A+B之 Δn 分布

们分别对三张全息图进行了详细的均匀性计算。得到 $\Delta n_{A\max} = (1.3 \pm 0.4) \times 10^{-6}$, $\Delta n_{B\max} = (1.7 \pm 0.4) \times 10^{-6}$, 显然它们不宜作为贴置板使用。而按图4计算得到的均匀性是: $\Delta n_{\max} = (0.6 \pm 0.2) \times 10^{-6}$, 则可作为贴置板使用。为较简单说明问题,我们仅算出三张全息图水平方向和垂直方向均匀性的几个值,对应如图5、图6、图7所示。但从图中的确看出,由于均匀性的部分补偿,两块玻璃块按要求方向贴置在一起的均匀性,优于单块

的均匀性。因此可以选择均匀性稍低的玻璃板作为贴置板材料,但该贴置板必须在某一确定的方向工作。

参 考 文 献

- [1] 四川大学物理系光学教研室, 208厂理化室;《激光》,1976, 3, No6, 18~24。
- [2] 李锡善等;《激光》,1979, 6, No. 6, 38。
- [3] 于美文;“光学全息及信息处理”,国防工业出版社,1984年,p. 188~191;沈阳仪器仪表研究所编译小组译文集;“全息照相在精密测量中的应用”,机械工业出版社,1974年,p. 51~60。
- [4] 李锡善等;《中国激光》,1984, 11, No2, 100~104,

国际激光与应用研讨会在北京举行

由联合国教科文组织(UNESCO)、(国际理论物理中心(ICTP)、英国文化委员会(British Council)、联合国教科文组织中国委员会、中国自然科学基金委员会、中国科技咨询中心和北京市科学技术协会赞助,由北京大学物理系组织、北京光学学会和电子学会协助筹办的国际激光与应用研讨会于今年四月八日至十八日在北京举行,参加会议的有来自七个国家的122位科学工作者,其中外国专家16人,他们多半来自东南亚各国。会议共收到论文81篇,其中特邀报告39篇,这些报告共分成10个专题进行大会宣讲,它们是:激光物理、激光等离子体相互作用、超短光脉冲、金属蒸气中的激光作用与非线性光学现象、激光器件、激光光谱与散射、激光应用系统、激光医学应用、激光加工、测试与材料等。应邀来华讲学的外国学者分别在大会上就以下几个专题的全貌和发展作了介绍,英国P. G. H. Sanders教授(University of Oxford)的报告题目是:“宇称不守恒研究”与“高分辨激光光谱”;英国C. G.

Morgan教授(University College of Swansea)的题目是:“激光等离子体的产生机理及其工程应用”;美国A. Dienes教授(University of California)的题目是:“染料激光”与“超短光脉冲的产生”;英国T. A. King教授(Manchester University)的题目是:“金属蒸气激光与非体性光学现象”,“位相共轭及其应用”以及“激光医学应用”;美国S. L. Chin教授(Laval University)的题目是:“原子在极强激光作用下的多光子电离”。中外学者在报告会上的学术交流以及在会下的互访和座谈活动,都大大增进了各国学者之间的相互了解和友谊,这十分有利于推动这些国家激光技术的发展与应用开发。特别是来自东南亚各国的激光科学工作者,由于他们是第一次参加在我国举行的激光学术会议,这给会议带来了新的气氛。会议期间,中国物理学界的老前辈、92岁高龄的人大常务委员会副委员长严济慈教授到会祝贺并且讲了话。

(黄永楫)