

它们通常都小于 1ns; 而扩散分量的弛豫时间则由注入光的透入深度、P 型材料的扩散长度以及它的未耗尽部分的厚度确定, 通常为 10—100ns. 在以上三种雪崩管中, 由于工艺上的不同, P 型材料的非耗尽部分有相当大的差别, 所以造成响应时间彼此有显著不同.

(2) 本实验采用的方法具有测试快速、直观和准确的优点, 而且设备简单. 在我们采用的设备条件下, 响应时间可以测到 1ns. 对放大器的频宽要求约 400MHz, 这在目前的技术条

件下是不难实现的. 如果探测器的灵敏度高, 或激光器功率较大, 则可不使用高频放大器, 此时响应时间可测到脉冲电源电流的上升极限值, 一般小于 1ns.

在本实验进行过程中, 曾得到刘朝中、单永政同志的协助, 在此致以衷心的感谢.

参 考 文 献

- [1] J. R. Biard and W. N. Shaughnessy Jr., *IEEE*, ED-14-5 (1967), 233.
- [2] H. Ruegg, *IEEE*, ED-14-5 (1967), 239.

编 码 板 照 相 干 涉 法

刘立人 殷耀祖 赵丽英 戴云

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

通常光学干涉仪是基于双(多)光束干涉原理, 而全息干涉仪是基于两次曝光的全息图再现时的衍射干涉效应, 都应用了光波干涉原理. 它们的测量是以波长为尺度的, 因此对于强变化位相体本身的位相变化是无能为力的. 本文提出一种不同于位相相干的方法, 即非相干光的编码板照相剪切干涉法. 该法所根据的原理是莫尔效应, 采用两次曝光. 它的突出优点是: (1) 测量精度低于光波干涉法, 而且可随编码板频率不同而改变; (2) 可作非相干光照明; (3) 可以作任何形式的一般性剪切干涉. 同时还能实行分区组合剪切或重迭复合剪切, 因此特别适用于强位相变化透明体. 最后讨论简单的双剪切方法.

一、一般性剪切原理

装置见图 1. 编码板经透镜成像在照相底片上, 小孔用于空间滤波, 增加景深. 采用两次曝光法, 第一次曝光记录编码板, 第二次则放入被测透明物体. 两次曝光所记录的原编码栅和被物体变形的编码栅迭加, 就产生了莫尔条纹,

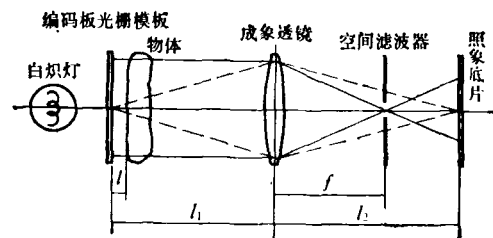


图 1 实验装置

可以证明这是剪切干涉条纹.

首先, 考虑物体对于编码栅的变形问题. 如图 2 所示, 编码板上一点 O 经物体后成像, 如仍折射到编码板的物平面上, 假定其为 O' , 考虑物体等效于一系列变化着角度和取向的小棱镜^[1], 则根据棱镜成像性质, 由物体产生的位移为

$$OO' = \alpha_r(n-1)l, \quad (1)$$

其中 l 为物体离编码板的尺寸, α_r 为局部棱镜的空间楔角, r 为楔角方向矢量. 由于

$$\frac{d\phi}{dr} = \alpha_r(n-1), \quad (2)$$

所以

$$OO' = \left| \frac{d\phi}{dr} \right| l r. \quad (3)$$

此式表明像位移正比于位相变化率。

再假定编码板是由一组等间隔的栅状曲线族构成,间隔为 d , 并且这组曲线必须存在着另一族与其正交的曲线族即剪切方向曲线,前者记作 $u(x, y) = k$, 后者记作 $v(x, y) = j$, 编码图案可简单表示为 $[1 + \cos 2\pi u(x, y)]$. 当 k, j 为整数时达到最大值. 位移 OO' 可构成 u 和 v 所围成的曲线四边形的对角线, 位置变化增量为

$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{\partial \phi}{\partial x} l, \\ \Delta y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} l, \end{aligned} \quad (4)$$

所以变形曲线族成为 $u(x - \Delta x, y - \Delta y)$.

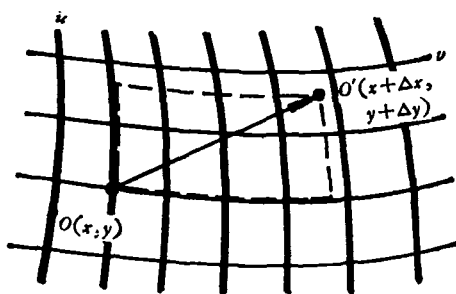


图2 编码栅原理

这里进一步分析两次曝光所产生的莫尔剪切条纹. 第一次曝光为

$$I_1 = 1 + \cos [2\pi u(x, y)], \quad (5)$$

加入物体后的第二次曝光则为

$$I_2 = 1 + \cos [2\pi u(x - \Delta x, y - \Delta y)]. \quad (6)$$

两次曝光过程为线性叠加,

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 = 2 \left\{ 1 + \cos 2\pi \right. \\ &\cdot \left[\frac{u(x, y) + u(x - \Delta x, y - \Delta y)}{2} \right] \\ &\cdot \left. \cos 2\pi \left[\frac{u(x, y) - u(x - \Delta x, y - \Delta y)}{2} \right] \right\}, \end{aligned} \quad (7)$$

式中第一项表示和频,第二项表示差频,通过人眼观察的低通滤波过程,忽略高频,则产生的差频莫尔条纹为

$$\begin{aligned} I &= 2 \{ 1 + |\cos \pi [u(x, y) \\ &\quad - u(x - \Delta x, y - \Delta y)]| \} \\ &\approx 2 \{ 1 + a \cos 2\pi [u(x, y) \\ &\quad - u(x - \Delta x, y - \Delta y)] \}, \end{aligned}$$

其中 a 为傅里叶分布的基波常数.

用台劳公式的一级近似,可得

$$I = 2 \left[1 + a \cos 2\pi \left(\frac{\partial u}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial u}{\partial y} \Delta y \right) \right]. \quad (8)$$

由梯度公式

$$\begin{aligned} &\frac{\partial u}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial u}{\partial y} \Delta y \\ &= l \left| \frac{d\phi}{dr} \right| \left(\frac{\partial u}{\partial x} \cos \alpha + \frac{\partial u}{\partial y} \sin \alpha \right) \\ &= l \left| \frac{d\phi}{dr} \right| \text{grad } u \cdot r, \end{aligned}$$

代入(8)式,可得

$$I = 2 \left[1 + a \cos 2\pi l \left| \frac{d\phi}{dr} \right| f_d \cdot r \right], \quad (9)$$

其中 $\text{grad } u(x, y) = f_d$ 的方向就是正交的 $v(x, y)$ 曲线族. $f_d = \frac{1}{d}$ 为编码栅之空间频率.

由(9)式可见,物体位相变化率沿 v 方向的投影,事实上就是沿 v 方向上的剪切干涉,对整个面而言就是沿 v 族曲线方向的一般性剪切干涉. 这种干涉已不是光波之间的位相干涉,而仅仅是编码栅之间的强度迭加.

上述分析还表明, l 控制剪切量,测量精度与 f_d 有关. 因此精度可随编码板频率变化.

二、编码板设计

为形成一定形式的剪切,编码栅和剪切方向之间必须构成一组正交曲线族. 由复变函数论知道,这组正交曲线族就是共轭调和函数.

设函数 u 和 v 分别满足拉普拉斯方程,

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0,$$

同时相互间又满足达朗贝尔-欧拉条件

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}, \quad (10)$$

那么

$$\begin{aligned} u(x, y) &= k, \\ v(x, y) &= j, \end{aligned}$$

这就是一对正交曲线族。因此实际问题就是通过复变函数论方法由所需的剪切图形求出相应的编码栅图形。例如平行栅可构成横向剪切,这与文献[2]中的情形相近,同心圆环栅可产生径向剪切,辐射线栅可产生周向剪切(图3)。因为剪切形式可以任意设计,所以称为一般性剪切干涉法。同时这种方法具有更大的灵活性,即编码栅可分区做成不同形式的编码栅,即得到分区组合剪切;或两组编码栅重叠得到复合剪切。物体剪切干涉的产生除了可在第二次曝光时加入物体外,也可以在两次曝光间纵向移动物体产生。

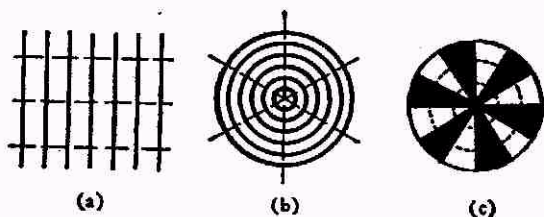


图3 编码板及其剪切形式示例

实线表示编码栅,虚线表示剪切方向

(a) 为横向剪切; (b) 为径向剪切; (c) 为周向剪切

下面给出一组实验例证。一个凸透镜的几种剪切干涉图表示在图4中,成像透镜 $f=200$,放大率约为1,照片中细条纹是编码栅,粗条纹就是莫尔剪切条纹。图4(a)是用周期为1mm的平行光栅得到的分区横向剪切干涉图。图4(b)是用同心圆编码栅得到的径向剪切干涉图。图4(c)是用椭圆编码栅得到的双曲线方向的剪切干涉图。

三、信息的非冗余取出—— 合成剪切干涉图

实际上,透明物体所产生的位移 OO' 的大小和方向不随编码的形式而改变,而只是以一物理

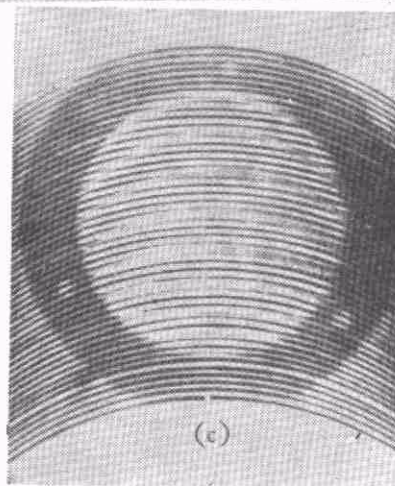
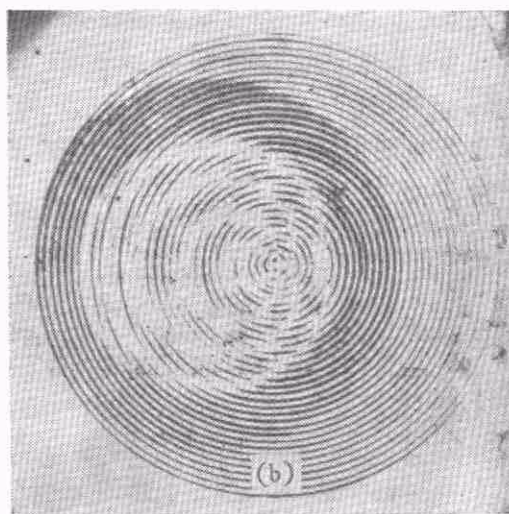
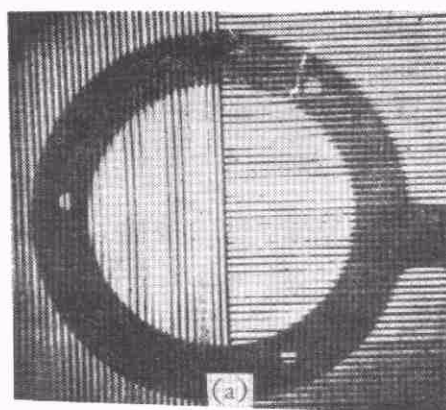


图4 凸透镜的几种剪切干涉图

(a) 分区横向剪切; (b) 径向剪切; (c) 双曲剪切
(编码栅为同心椭圆)

定的编码形式给出一定的剪切干涉而已,因此某种编码照片中都已包含了物体变化的全部

物理

信息。由此可见，上述的一种编码栅产生一种剪切，对于信息量而言是冗余的。为此这里提出用一张通用的参考栅板照相合成出各种剪切的方法，以充分利用或非冗余取出信息。这张通用参考栅不是用于直接产生莫尔剪切，而只是为了得到物体的变形信息，作为所需编码栅的基准。目前先考虑采用正方格形的格栅作通用参考栅。

这时需要照两张照片，第一张是参考格栅的像，第二张是放入物体后的形变参考格栅像。然后根据由某种剪切而定的编码栅形状，在第一张参考格栅像照片上画上这种编码栅的图样，它相当于上节中的第一次曝光所记录的无物体时的编码像，再求出它在格栅像上的分布

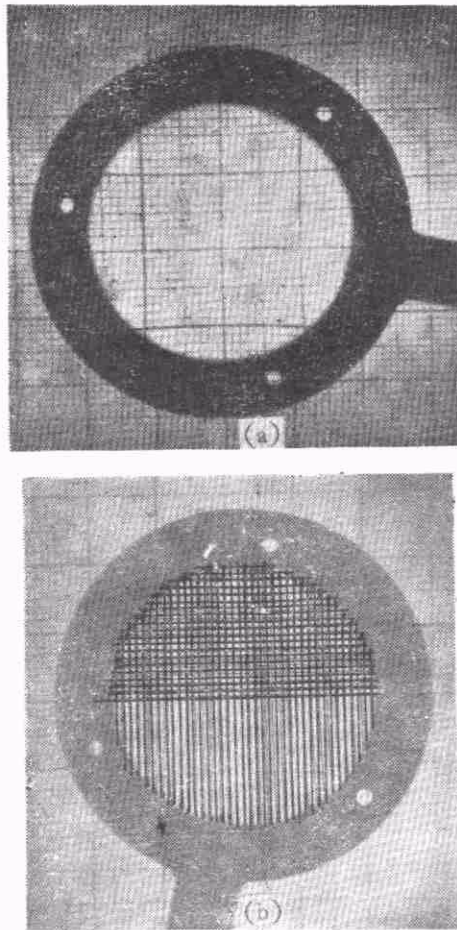


图 5

- (a) 通过被测透镜后的变形参考格栅；
(b) 以平行编码栅分区和复合横向剪切图

坐标和位置，然后根据上述坐标，在第二张变形参考格栅照片中寻出相应的坐标位置，顺次连接这些点就得到被物体变形了的编码栅，它相当于直接用编码栅经物体照相所得到的变形结果。把这两张照片叠加在一起（或把这两张编码栅图画在一起），就产生了由这种编码栅而定的莫尔剪切条纹。同样，也能用这种方法从这张形变参考格栅像上逐一取出物体的其它各种剪切干涉信息。显然这种方法也能进行分区的复合剪切，更可以用假彩色作图以提高条纹清晰度。应当指出，这种方法的显著优点是有可能用电子计算机进行实时处理，而得到动态的各种剪切干涉图。

在我们进行的一些实验中，仍用凸透镜作被测物体。图 5(a) 是加了透镜后的参考格栅像。整个口径中采用垂直的平行栅合成横向剪切，上半口径中又以水平的平行栅作横的合成剪切，则得到了图 5(b)。显然其中一半是两个方向的横向剪切重迭复合在一起的合成图。

四、双剪切干涉

在成像透镜前加上一个可旋转的双孔光阑，可以产生实时观察的双剪切干涉条纹。双孔间隔为 D ，方向为 d 。

通过一个孔产生的变形光栅分别为

$$I_2 = 1 + \cos [2\pi u(x - \Delta x_2, y - \Delta y_2)],$$

因此莫尔条纹为

$$I = 2(1 + a \cos 2\pi [u(x - \Delta x_1, y - \Delta y_1) - u(x - \Delta x_2, y - \Delta y_2)]).$$

根据 (8) 和 (9) 式，

$$I = 2 \left\{ 1 + a \cos 2\pi l \left[(f_d \cdot r_1) \left| \frac{d\phi_1}{dr} \right| - (f_d \cdot r_2) \left| \frac{d\phi_2}{dr} \right| \right] \right\}.$$

当 r_1 与 r_2 相似， ϕ 连续变化时有

$$I = 2 \left\{ 1 + a \cos \left[2\pi l (f_d \cdot r) \left| \frac{d \left(\frac{d\phi}{dr} \right)}{dd} \cdot \Delta d \right| \right] \right\}, \quad (11)$$

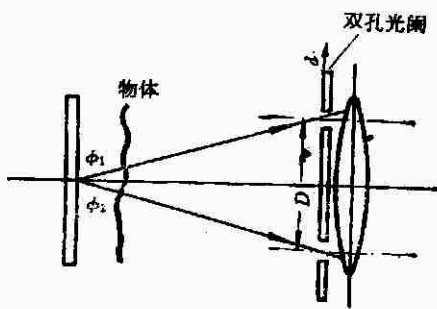


图6 双剪切示意

其中 $\Delta d = D \frac{l}{l_1}$ 。上式表明，除了位相沿 v 方向的一次微分外，还产生沿 d 方向另一次微分，这就是沿编码板 v 方向和 d 方向上的两次剪切。变化双孔方向，可以连续改变第二次剪切的方向，控制 Δd 则控制了这次剪切量。图7示出用平行光栅得到的被测透镜同一横向方向上的双剪切干涉图。

剪切干涉广泛应用于光学元件检验和气体或液体的流动和扩散的研究等方面。因此本文的剪切方法也适用于这些工作。例如图4(a)

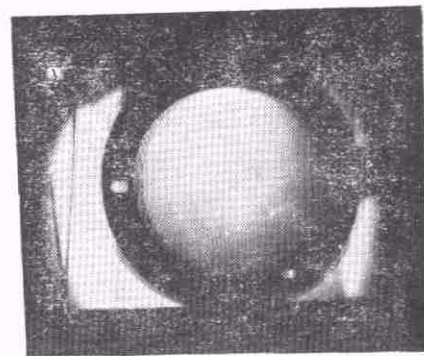


图7 透镜的横向双剪切干涉图

所示的透镜横向剪切干涉就反映出它的初级象差，由于对某一特定的光学测试仍需推导一些辅助公式作定量分析，或积累一些实验数据并参照其它的已知数据作定性分析，所以本文不再讨论进一步的应用。

本工作是在王之江同志指导下进行的。

参 考 文 献

- [1] S. G. Lipson & H. Lipson, *Optical Physics*, Cambridge University Press, London, (1969), 178.
- [2] C. P. Grover, *Opt. Comm.*, 3 (1971), 181.



液晶物理参数测量方法和液晶显示 器件物理参数测量标准化讨论会简讯

中国物理学会液晶分科学会于1981年7月6日至9日在杭州召开了“液晶物理参数测量方法和液晶显示器件物理参数测量标准化讨论会”。参加会议的有中国科学院、高等学校和工厂等单位的代表50余人，大会收到报告26篇。

我国研究液晶已有十年的历史，各单位均积累了不少关于液晶物理参数测量方法和经验。这次会议对这些经验进行了交流和讨论。其主要内容包括相变温度及热焓的测量、利用锥板旋转测量向列相液晶粘度、利用斩波器测量液晶的双折射、利用波谱法测量胆甾相液晶螺距、利用机械波测量液晶挠电系数、向列相液晶层厚以及介电各向异性的测量等。此外，会上还介

绍了几种液晶显示器件电光参数测试系统，对近晶相的性质和应用及重入现象等亦作了介绍。

近几年来，我国一些研究单位和工厂相继对其研制的液晶显示器件进行了鉴定。由于器件参数测量方法没有统一规定，实际上不利于相互交流，不利于提高器件质量，也不利于成果管理。会议建议有关领导部门早日制定适合我国情况的液晶显示器件参数测量标准，并在有条件的单位建立液晶物理参数测量中心。会议决定成立一个“标准化”小组，在1982年提出“标准化”的初步意见，提供下次会议讨论。

(赵静安)